ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ДЕСЯТЫЙ

КАТАТЕРМОМЕТР—КОПАЛЫ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»
МОСКВА ◇ 1930

Издание осуществляется Акционерным Обществом «Советская Энциклопедия» при Коммунистической Академии ЦИК СССР, пайщиками которого состоят: Государственное Издательство РСФСР, Государственное Медицинское Издательство РСФСР, Издательство Коммунистической Академии, ВЦСПС, Издательство «Вопросы Труда», Издательство «Работник Просвещения», Издательство Н. К. Рабоче-Крестьянской Инспекции СССР, Издательство «Известия ЦИК СССР», Издательство «Правда», Акционерное Общество «Международная Книга», Государственный Банк СССР, Банк Долгосрочного Кредитования Промышленности и Электрохозяйства СССР, Внешторгбанк СССР, Мосполиграф, Госстрах СССР, Центробумтрест, Центросоюз, Госпромцветмет, Всесоюзный Текстильный Синдикат, Анилтрест, Азнефть, Резинотрест, Сахаротрест, Орудийно-Арсенальный Трест. Председатель Правления Н. Н. Накоряков. Члены: О. Ю. Шмидт, И. Е. Гершензон, А. П. Спунде, П. Г. Саратовцев, Л. И. Стронгин, Э. Ф. Розенталь.

Редакционная работа по X тому ТЭ закончена 15 марта 1930 года.

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

16-я типография «Мосполиграф», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Главлит А 52 150. Тираж 21 000 экз.

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

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

РЕДАКТОРЫ ОТДЕЛОВ

Авиация, воздухоплавание.
Юрьев Б. Н., проф.
Автомобильное дело, авиац. и автомобильные двигатели, двигатели внутрен. сгорания.
Брилинг Н. Р., проф.
Гиттис В. Ю., проф.
Мартенс Л. К., проф.
Архитектура, строительное дело, городское благоустройство, коммунальное хоз-во.
Долгов А. Н., проф.
Щусев А. В., акад. архит.
Запорожец И. К., архит.
Красин Г. Б., инж.
Белоусов В. Я.
Астрономия.
Михайлов А. А., проф.
Бумажное производство.
Жеребов Л. П., проф.
Военная и морская техника, судостроение.
Власьев Н. И.
Струнников В. Т., проф.
Фишман Я. М.
Геодезия (высшая и низшая).
Бонч-Бруевич М. Д.
Орлов П. М., проф.
Гидротехника, гидравлика.
Эссен А. М., инж.
Детали машин и подъемные механизмы.
Холмогоров И. М., проф.
Сидоров А. И., проф.
Добыв. промышл., горное дело.
Губкин И. М., акад.
а) Геология и минералогия.
Федоровский Н. М., проф.
б) Драгоценные камни.
Ферсман А. Е., акад.
в) Каменный уголь.
Терпигорев А. М., проф.
г) Нефть.
Губкин И. М., акад.
д) Руда металлическая.
Таубе Е. А., проф.
е) Силикатн. промышленность.
Швецов Б. С., проф.
Юрганов В. В., проф.
ж) Торф.
Радченко И. И.
Дороги и дор. строительство.
Крынин Д. П., проф.
Железнодорожное дело.
Сыромятников С. И., проф.
Оппенгейм К. А., проф.
Кожевенное дело.
Поварнин Г. Г., проф.
Красящие вещества, крашение и ситцепечатание.
Порай-Кошиц А. Е., проф.
Лесоводство.
Кобранов Н. П., проф.
Математика.
Каган В. Ф., проф.
Материаловедение.
Флоренский П. А., проф.
Металлургия черных и цветных металлов.
Павлов М. А., проф.
Евангулов М. Г., проф.
Механика прикладная и теория механизмов.
Малышев А. П., проф.
Радциг А. А., проф.
Механика строительная и графостатика.
Прокофьев И. П., проф.
Механика теоретическая.
Некрасов А. И., проф.
Мосты.
Передерий Г. П., проф.
Стрелецкий Н. С., проф.
Мукомольное дело, мельницы и элеваторы.
Пакуто М. М., проф.
Козьмин П. А., проф.
Организация производства, стандартизация.
Керженцев П. М.
Шпильрейн И. Н., проф.
Бурдянский И. М., инж.
Ноа Ф. Г., инж.
Паровые котлы и машины.
Кирпичев М. В., проф.
Соловьев П. М., проф.
Полиграфическая промышленность.
Вольфсон М. Б., проф.
Михайлов С. М.
Промышленная гигиена и техника безопасности.
Каплун С. И., проф.
Хлопин Г. В., проф.
Радиотехника.
Баженов В. И., проф.
Резиновое производство.
Лурье М. А., инж.
Сельское хозяйство, с.-х. машины и орудия.
Вильямс В. Р., проф.
Сопротивление материалов.
Худяков П. К., проф.
Текстильное дело и технология волокнистых веществ.
Линде В. В., проф.
Теплотехника, термодинамика, энергетика.
Кирпичев М. В., проф.
Рамзин Л. К., проф.
Соловьев П. М., проф.
Техника освещения.
Лапиров-Скобло М. Я., проф.
Технология и производство взрывчатых веществ.
Ипатьев В. Н., акад.
Технология дерева.
Дешевой М. А., проф.
Квятковский М. Ф., проф.
Технология и обработка металлов.
Грачев К. Ф., проф.
Чарновский Н. Ф., проф.
Технология строительных материалов.
Эвальд В. В., проф.
Лахтин Н. К., проф.
Технология углеводов, винокурение, пивоварение.
Церевитинов Ф. В., проф.
Физика.
Иоффе А. Ф., акад.
Лебединский В. К., проф.
Химич. промышленность.
Шеин С. Д., инж.
Химия (орган., неорган., физ. химия и хим. технология).
Бах А. Н., акад.
Холодильное дело.
Рязанцев А. В., проф.
Экономика.
Вольфсон М. Б., проф.
Гинзбург А. М.
Электротехника.
Осадчий П. С., проф.
Юрьев М. Ю., проф.
Шпильрейн Я. Н., проф.
Кулебакин В. С., проф.

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

Научные сотрудники: канд. хим. **Ельцина Н. М.;** инж. **Знаменский А. А.; Мельников И. Н.;** инж. **Мушенко И. Н.;** инж. **Павлушков Л. С.; Ракицкий П. П.;** инж. **Шпринк Б. Э.;** инж. **Эрвальд К. А.;** Зав. библиогр.: инж. **Таубман С. И.**

Пом. Зав. Изд. Частью: **Маркус В. А.;** Зав. Иллюстр. Отд.: **Тавастшерна В. Я.;** Зав. Худ.-Технич. Отд.: **Варшавский Л. Р.;** Тех. Ред.: **Волкенский С. Н., Гришинский А. С., Никаноров В. М., Сакмаров Н. Г.;** Пом. Тех. Ред.: **Лоховиц А. Б.;** Технич. Редакция при типогр.: **Малкин А. Д., Ошер А. Н., Ротштейн Н. А.;** Зав. Корректс.: **Чернов Е. А.**

СПИСОК АВТОРОВ-СОТРУДНИКОВ ТЭ

АБОЗИН В. Г. (крашение).
АГАФОНОВ С. С., инж. (морское дело).
АКИМОВ Г. В., инж. (металлургия цветных металлов).
АКУЛОВ К. А., *проф.* (гидротехника).
АКУЛОВ Н. С. (физика).
АКУЛЬШИН П. К., инж. (эл.-техника).
АЛЕКСАНДРОВ В. Л., инж. (авиация).
АЛЕКСАНДРОВ Н. К., инж. (эл.-техника).
АЛЕКСЕЕВ Я. И. (военная геодезия).
АЛЕКСЕЕНКО-СЕРБИН Т. М., инж. (техника освещения).
АНДРЕЕВ-НАТУС В. А. (альбум. пр-во).
АНДРЕЕВ Н. Н., проф. (физика).
АНИСИМОВ Н. И., инж. (гидротехника).
АНТИПИН П. Ф., инж. (металлургия).
АНТОШИН А. П., инж. (ж.-д. дело).
АРКАДЬЕВ В. К., проф. (физика).
АРНШТЕЙН Г. Э., инж. (лесосплав).
АФАНАСЬЕВ Ю. В., инж. (морское дело).

БАБИЧКОВ А. М., инж. (ж.-д. дело).
БАБОШИН А. Л., проф. (металловедение).
БАЕВ Н. А., инж. (эл.-техника).
БАЖЕНОВ В. И., проф. (радиотехника).
БАЙЕР Г. (карандашное пр-во).
БАЙКОВ А. А., проф. (металлургия, цемент).
БАЙМАКОВ Ю. В., инж. (металлургия).
БАЛАНДИН А. А. (химия).
БАРАНОВ В. И. (физика).
БАРАЦ Ю. О. (физика).
БАСКАКОВ Д. И., инж. (текст. дело).
БАСТАМОВ С. Л., проф. (метеорология).
БАУЛИН К. П., инж. (авиация).
БАХ А. Н., акад. (химия).
БАХ-НИКОЛАЕВА Н. А. (неорг. химия).
БАХМЕТЬЕВ Е. Ф., инж. (алюм. и дуралюм. сплавы).
БАЦИНИН Г. Н., инж. (эл.-техника).
БЕБЯКОВ К. В., инж. (эл.-техника).
БЕЗУХОВ Н. И., инж. (строит. механика).
БЕЛИКОВ П. Н., проф. (физика).
БЕЛИЦ-ГЕЙМАН П. С., инж. (стандарты).
БЕЛОВИЦКИЙ В. А., инж. (химия).
БЕЛОУСОВ В. Я. (строит. дело).
БЕЛЬКИНД Л. Д., инж. (техника освещения).
БЕРКЕНГЕЙМ А. М., проф. (орган. химия и технол. фармац. препаратов).
БЕРКЕНГЕЙМ Б. М., проф. (неорганич. и физ. химия).
БЕРНАЦКИЙ Л. Н., проф. (транспорт).
БЕРНШТЕЙН-КОГАН С. В., проф. (ж.-д. дело).
БЛИЗНЯК Е. В., проф. (гидротехника).
БЛОХ М. А., проф. (общая химия).
БОБКОВ П. К. (химия углеводов, крахмально-паточное пр-во).
БОГДАНОВ Н. И., инж. (игольное пр-во).
БОГОЯВЛЕНСКИЙ Е. Н., инж. (химия).
БОЛДЫРЕВ В. Ф., проф. (горное дело).
БОНЧ-БРУЕВИЧ М. А., проф. (радиотехника).
БОНЧ-БРУЕВИЧ М. Д. (геодезия).
БОРИСЕВИЧ В. К., инж. (горное дело).
БОССЭ Г. Г., инж. (резинов. пр-во).
БОЧАРОВ М. М. (маслобойное пр-во).
БОЯРКИН А. Н. (текст. дело).
БРАТМАН М. Л. (маргарин. пр-во).
БРИЛИНГ Н. Р., проф. (авиацион. двигатели и автомоб. дело).
БРИЛИНГ С. Р., проф. (строит. дело и гидротехника).
БРУК И. С., инж. (эл.-техника).
БРУНС Б. П. (неорганич. химия).
БРУСЯНЦЕВ Н. В., инж. (автомоб. дело).
БУДАКОВ Г. С., инж. (гранильное дело).
БУДНИКОВ П. П., проф. (силикатная пром-сть).
БУЛГАКОВ Н. В. (меховое пр-во).
БУРДАКОВ А. А., проф. (технологии углеводов).
БУРДИН И. А., инж. (лаки и олифы).
БУРДЯНСКИЙ И. М., инж. (организация пр-ва).
БУРЧЕ Ф. Я., инж. (городск. благоустройство).
БЫЗОВ Б. В., проф. (резин. пр-во).

ВАВИЛОВ С. И., проф. (физика).
ВАНЮКОВ В. А., проф. (цветные металлы).
ВАХРАМЕЕВ К. С. (полигр. пром-сть).
ВВЕДЕНСКИЙ Б. А., проф. (радиотехника).
ВЕДРОВ В. С., инж. (авиация).
ВЕЙС А. Л., инж. (точная механика).
ВЕКШИНСКИЙ С. А., инж. (радиотехника).
ВЕЛИКОВСКИЙ А. С., инж. (текстильное дело).
ВИККЕР Д. А., инж. (эл.- и радиотехника).
ВИЛЕНКИН Б. В., д-р (кухня-фабрика).
ВИЛЬЯМС В. Р., проф. (почвоведение).
ВИНТЕР А. В., инж. (гидротехника).
ВИТОРСКИЙ В. К., инж. (радиотехника).
ВИХАНСКИЙ В. П., инж. (химия красящих веществ).
ВЛАДОС М. Х., инж. (эл.-техника).
ВОЛКОВ В. С., инж. (эл.-техника).
ВОЛОГДИН В. П., проф. (радиотехника).
ВОЛЬФКОВИЧ С. И., инж. (хим. пром-сть).
ВОЛЬФСОН М. Б., проф. (экономика).
ВОРОНОВ Б. А., инж. (эл.-техника).
ВОРОНЦОВ А. В., инж. (ж.-д. дело).
ВОРОНЦОВ И. Ф., инж. (технология дерева).
ВОСКРЕСЕНСКИЙ И. Н., проф. (военная техника).
ВОСКРЕСЕНСКИЙ Л. Н., проф. (минерал. краски).

ГАЕВСКИЙ Л. Э., инж. (резин. пром-сть).
ГАН В. Ю., проф. (сельскохозяйственные машины).
ГАПЕЕВ А. А., инж. (кам. уголь).
ГАРМАШ А. И., инж. (горное дело).
ГВОЗДЕВ А. А., инж. (строит. механика).
ГЕНДЛЕР Е. С., инж. (горное дело).
ГЕНИН Г. С., инж. (отдел рационал.).
ГЕРЛИВАНОВ Н. А., инж. (строит. дело).
ГЕРМАНОВИЧ И. В., инж. (трамвай, путевое строение).
ГИБШМАН Е. Е., инж. (строит. механика).
ГИВАРТОВСКИЙ Р. В. (технология углеводов).
ГИНЗБУРГ А. М., проф. (экономика).
ГИТТИС В. Ю., проф. (двигатели внутр. сгорания).
ГЛАГОЛЕВА-АРКАДЬЕВА А. А. (физика).
ГЛАЗУНОВ А. А., инж. (эл.-техника).
ГОРБУНОВ Л. М., инж. (резиновая пром-сть).
ГОРБУНОВ М. М., инж. (эл.-техника).
ГОРШЕШНИКОВ В. С. (органич. химия).
ГОРШКОВ П. М., проф. (геодезия).
ГОТМАН Е. И. (полиграфич. пром-сть).
ГРАЙНЕРТ К. А., архит. (строит. дело).
ГРАЧЕВ К. Ф., проф. (обработка металлов).
ГРИБОЕДОВ Д. Н., проф. (крашение и ситцепечатание).
ГРИГОРОВИЧ К. П., проф. (металлургия).
ГУБКИН И. М., акад. (горное дело).
ГУРИН Г. И., проф. (ветеринария).
ГУРОВ В. А., инж. (радиотехника).

ДАВИДЕНКОВ Н. Н., проф. (сопротивление материалов).
ДАНИЛЕВСКИЙ А. И. (физика).
ДАШКЕВИЧ Г. В., инж. (электротехника).
ДЕБУ К. И., проф. (с.-х. машины).
ДЕРЕВЕНКО Н. Н. проф. (экономика).
ДЕРЕВЯГИН А. А., инж. (переработка дерева).
ДЕРЕЧЕЙ Е. Г., проф. (металлургия цветных металлов).
ДЕШЕВОЙ М. А., проф. (технол. дерева).
ДИННИК А., акад. (теоретич. механика, сопротивл. материалов).
ДИТЦ О. Г., проф. (геодезия).
ДЛУГАЧ Л. С., инж. (металлургия).
ДМОХОВСКИЙ В. К., проф. (бетон и железобетон).
ДОБРОХОТОВ А. Н., проф. (меры и весы).
ДОБРЫНИН А. А., инж. (авиац. двигатели).
ДОБРЯНСКИЙ А. Ф., проф. (нефть).
ДОЛГОВ А. Н., проф. (строит. дело).
ДРОЗДОВ В. А., проф. (санитария и гигиена).
ДРОЗДОВ Ф. В., инж. (точная механика).
ДУБОВИК В. А., инж. (электротехника).
ДУЧИНСКИЙ Б. Н., инж. (строит. дело).
ДЮМУЛЕН И. И., проф. (строит. дело).

ЕВАНГУЛОВ М. Г., проф. (металлургия цветных металлов).
ЕВГРАФОВ Г. К., инж. (мосты).
ЕГОРЧЕНКО В. Ф., инж. (ж.-д. дело).
ЕЛЬЦИНА Н. М. (химия).

ЖЕРЕБОВ Л. П., проф. (бумажное пр-во).
ЖИРМУНСКИЙ С. С., инж. (искусственный шелк).

ЗАБОРОВСКИЙ А. И. (физика).
ЗАВАЛИШИН Д. А., инж. (эл.-техника).
ЗАВАЦКИЙ С. В., (водолазн. дело).
ЗАЛУЦКИЙ Л. В., проф. (обработка металлов).
ЗАПОРОЖЕЦ И. К., арх. (строит. дело).

ЗВЯГИНСКИЙ Я. Я., инж. (городское благоустройство).
ЗДАНОВСКИЙ И. А., проф. (метеорология и сельск. хозяйство).
ЗЕЙТЛЕНОК Г. А., инж. (эл.-техника).
ЗЕЛИНСКИЙ Н. Д., проф. (химия).
ЗЕМБЛИНОВ С. В., проф. (ж.-д. дело).
ЗНАМЕНСКИЙ А. А., инж. (авиация).

ИВАНОВ А. П., проф. (техника освещения).
ИВАНОВ С. Л., проф. (жиры и масла).
ИЛЬИНСКИЙ М. А., проф. (химия).
ИОФФЕ А. Ф., акад. (физика).
ИОФФЕ И. С., инж. (химия крашения).
ИОФФЕ Я. С., инж. (химия крашения).
ИПАТЬЕВ В. Н., акад. (химия взрывчатых веществ).
ИРИСОВ А. С. (физика).

КАГАН В. Ф., проф. (математика).
КАЗАКОВ С. А., проф. (астрономия).
КАЗАРНОВСКИЙ И. А. (неорганич. химия).
КАКУРИН С. Н., инж. (радиотехника).
КАЛАБУГИН А. Я., инж. (гидротехника).
КАЛАНТАР А. А., проф. (маслоделие).
КАНАРСКИЙ Н. Я., проф. (текст. дело).
КАПИТОНОВ Н. П. (экономика).
КАПЛУН С. И., проф. (гигиена труда).
КАРАВАЕВ Н. М., инж. (коксобенз. пр-во).
КАРАСЕВ В. С., инж. (химия взрывч. веществ).
КАРГИН Д. И., инж. (ж.-д. дело).
КАРЛСЕН Г. Г., инж. (строит. дело).
КАСИМОВ М. М., инж. (эл.-техника).
КАЦЕПОВ Д. Н., инж. (обраб. металлов).
КАЦНЕЛЬСОН М. М., проф. (биологич. химия).
КАШКИН К. П., проф. (ж.-д. дело).
КВЯТКОВСКИЙ М. Ф., проф. (технология дерева).
КЕЛДЫШ В. М., проф. (железобетон).
КЕРЖЕНЦЕВ П. М. (организация пр-ва).
КЕРИГ Г. М., инж. (морское дело).
КЕТОВ Х. Ф., проф. (детали машин).
КИРПИЧЕВ М. В., проф. (теплотехника).
КИТАЙГОРОДСКИЙ И. И., проф. (силик. пр-во).
КЛИМОВ В. Я., инж. (авиац. двиг.).
КЛЯЦКИН И. Г., инж. (радиотехника).
КНОПФ В. М., инж. (ж.-д. дело).
КОБРАНОВ Н. П., проф. (лесоводство).
КОГАН И. М. (химия углеводов).
КОЗЬМИН П. А., проф. (мукомольн. дело).
КОЛОСОВ К. А. (фотография).
КОМАРНИЦКИЙ Н. А. (химия углеводов).
КОМАРОВ Н. С., инж. (холодильное дело).
КОНАШИНСКИЙ Д. А., инж. (радиотехника).
КОНДРАТЬЕВ В. Н., проф. (физика).
КОНОВАЛОВА В. К. (математика).
КОПЕЛЯНСКИЙ Г. Д., инж. (строит. дело).
КОРНЕЕВ П. И., инж. (эл.-техника).
КОСТЕНКО М. П., доцент (электротехника).
КОСТЯКОВ А. Н., проф. (гидротехника).
КОСЫГИН А. И., инж. (геология нефти).
КОЧЕРГИН С. Г., проф. (детали машин).
КРАВКОВ С. В. (физика).
КРАСОВСКИЙ Н. В., инж. (ветряные двигатели).
КРАШЕНИННИКОВ Ф. Е., инж. (текст. дело).
КРИЛЬ В. А., проф. (сел.-хоз. машины).
КРИСТСОН Р. Я., инж. (резин. пр-во).
КРЫНИН Д. П., проф. (дорожное дело).
КУЗМАК Е. М., инж. (обработка металлов).
КУЛЕБАКИН В. С., проф. (эл.-техника).
КУКСЕНКО П. Н. (радиотехника).
КУРБАТОВ А. И., инж. (эл.-техника).
КУРБАТОВ В. Я., проф. (неорганич. химия).
КУРБАТОВ С. И., проф. (эл.-техника).
КУТЫРИН Д. В., инж. (металлургия).

ЛАЗАРЕВ П. П., акад. (физика).
ЛАПИРОВ-СКОБЛО М. Я., проф. (техника освещения).
ЛАХТИН Н. К., проф. (технология строит. материалов).
ЛЕБЕДЕВ В. Д., инж. (эл.-техника).
ЛЕБЕДЕВ Н. В., инж. (воздухоплавание).
ЛЕБЕДЕВ С. Ф., проф. (сопротивл. материалов).
ЛЕБЕДИНСКИЙ В. К., проф. (радиотехника).
ЛЕВИНСОН Я. Б., д-р (дезинфекц. аппараты).
ЛЕСКОВЕЦ В. Л., инж. (ж.-д. дело).
ЛИВЕРОВСКИЙ А. В., проф. (ж.-д. дело).
ЛИНДЕ В. В., проф. (текстильное дело).
ЛИНДЕ Л. К., проф. (лесоводство).
ЛИПИН В. Н., проф. (металлургия).
ЛИТВИН Л. С., инж. (обработка металлов).
ЛИТКЕНС Е. А. (крахм.-паточное пр-во).
ЛОКШИН А. Я., проф. (организация пр-ва).
ЛОСЕВ О. (радиотехника).
ЛОХАНСКИЙ И. И., инж. (коксобензольное пр-во).
ЛУРЬЕ Г. В., инж. (технология металлов).
ЛУРЬЕ М. А., инж. (резиновое пр-во).
ЛЫЗЛОВ В. С., инж. (эл.-техника).
ЛЮБИМОВ А. Л., инж. (горная пром-сть).
ЛЯЛИН Л. М., проф. (жиры и масла).
ЛЯЩЕНКО В. Д., инж. (крашение).
ЛЯЩЕНКО П. В., инж. (горное дело).

МАЙЗЕЛЬ С. О., проф. (техника освещения).
МАКСИМЕНКО М. С., проф. (минералогия и геология).
МАКСИМОВ Н. М., инж. (текст. дело).
МАКСОРОВ Б. В., инж. (материаловедение).
МАЛОВ Н. Н., инж. (радиотехника).
МАЛЫНИЧ В. И., инж. (авиация).
МАЛЫШЕВ А. П., проф. (прикл. механика).
МАРКМАН А. Л., инж. (жиры и масла).
МАРКОВ Д. С., архит. (строит. дело).
МАРКУЗЕ М. М. (косметическая химия).
МАРТЕНС Л. К., проф. (двигатели внутр. сгорания).
МАРТЫНОВ П. И. (техника освещения).
МАРЦЕЛЛИ М. И., проф. (гидротехника).
МАСЛЕННИКОВ Н. П., инж. (химич. аппаратура).
МАШКИЛЛЕЙСОН Л. Е., инж. (эл.-техника).
МЕДВЕДЕВ С. С. (орган. химия).
МЕЛИКОВ К. В., проф. (математика).
МЕЛЬНИКОВ И. И. (радиотехника).
МЕОС А. И., инж. (крашение).
МИНКЕВИЧ Н. А., проф. (металлургия).
МИНЦ А. Л. (радиотехника).
МИРЕНСКИЙ Б. И., инж. (текст. дело).
МИРЛАС Л. И. (крашение).
МИТКЕВИЧ В. Ф., акад. (электротехника).
МИХАЙЛОВ А. А., проф. (астрономия).
МИХАЙЛОВ С. М. (полиграфич. дело).
МИХАЙЛОВ С. Н., инж. (минеральные краски).
МИШУКОВ А. Я., инж. (эл.-техника).
МЛОДЗЕЕВСКИЙ А. Б., проф. (физика).
МОЛЧАНОВ С. Б., проф. (текст. дело).
МОНОСЗОН А. М. (неорганич. химия).
МОСТОВИЧ В. Я., проф. (цветные металлы).
МУНТЯН В. М., инж. (виноделие, химия углеводов).
МУШЕНКО И. Н., инж. (горное дело).

НАЗАРОВ В. И. (коллоидная химия).
НАМЕТКИН С. С., проф. (нефть).
НАРБЕКОВ Н. В., инж. (жиры и масла).
НАУМОВ В. А., инж. (эл.-техника).
НЕКРАСОВ Н. С., инж. (авиация).
НИКИТИН Н. А. (радиотехника).
НИКИФОРОВ В. М. (геодезия).
НИТУСОВ Е. В., доцент (эл.-техника).
НОВИКОВ Н. Г., проф. (текст. дело).
НОВОСПАССКИЙ А. Ф., инж. (металлургия).
НОЗДРОВСКИЙ С. А., инж. (авиация).
НОЛЛЕ Я. Х., инж. (фармац. химия).

ОКНОВ М. Г., проф. (металлургия).
ОПАРИН А. И., проф. (химия углеводов).
ОППЕНГЕЙМ К. А., проф. (ж.-д. дело).
ОППОКОВ Е., проф. (гидротехника).
ОРЛОВ П. М., проф. (геодезия).
ОРМОНТ Б. Ф. (неорганич. химия).
ОСАДЧИЙ П. С., проф. (эл.-техника).

ПАВЛИНОВ П. Я., проф. (материаловедение).
ПАВЛОВ М. А., проф. (металлургия).
ПАВЛОВИЧ П. И., инж. (кожев. пр-во).
ПАВЛУШКОВ Л. С., инж. (обработка металлов).
ПАКУТО М. М., проф. (мукомол. дело).
ПАМФИЛОВ А. В., инж. (неорганич. химия).
ПАНКИН А. В., проф. (обработка металлов).
ПАПЕРНОВ З. А. (организация производства).

ПАПКОВИЧ Б. Ф., проф. (морское дело).
ПЕРЕДЕРИЙ Г. П., проф. (мосты).
ПЕРКИН Д. Е. (металлургия).
ПЕСКОВ Н. П., проф. (коллоидная химия).
ПЕТРОВ Г. Н., инж. (эл.-техника).
ПЕТРОВ Г. С. (жиры и масла).
ПЕТРОВСКИЙ В. А., проф. (технология дерева).
ПИГУЛЕВСКИЙ Г. В. (химия).
ПИЛЬНИК М. Е., инж. (металлургия).
ПЛАКСИН И. Н., инж. (металлургия).
ПОВАРНИН Г. Г., проф. (кожев. пр-во).
ПОГОДИН С. А., инж. (металлургия).
ПОЗДЮНИН В. Л., проф. (судостроит. дело).
ПОПОВ А. С., проф. (горное дело).
ПОРАЙ-КОШИЦ А. Е., проф. (крашение).
ПОЯРКОВ М. Ф., инж. (эл.-техника).
ПРЕДВОДИТЕЛЕВ А. С. (физика).
ПРИБЫЛЬСКАЯ Е. И. (ковровое пр-во).
ПРОКОПЬЕВ Е. П., инж. (горное дело).
ПРОКОФЬЕВ И. П., проф. (строит. механика).
ПРОЦИКОВ Л. А., инж. (нефть).

РАБИНОВИЧ А. И., инж. (строит. механика).
РАБИНОВИЧ А. И. (фотография).
РАДЦИГ А. А., проф. (теплотехника).
РАКИЦКИЙ Н. П. (сельское хозяйство).
РАКОВСКИЙ А. В., проф. (общая химия).
РАКОВСКИЙ Е. В., проф. (химия).
РЕБИНДЕР П. А., проф. (физика).
РЕРБЕРГ Ф. И. (краски для живописи).
РЕРИХ К. Э., проф. (прикл. механика).
РЖЕВКИН С. Н. (физика).
РИД Э. Г., инж. (текст. дело).
РИДЕЛЬ Ю. О., инж. (эл.-техника).
РОЖАНСКАЯ Ю. А. (математика).
РОЗАНОВ С. Н., инж. (метрополитен).
РУБЦОВ Н. Н., проф. (литейное дело).
РЫБАРЖ А. А., инж. (металлургия).
РЫБКИН Ф. Ф., инж. (коксобенз. пр-во).
РУТОВСКИЙ Б. Н. (химия душистых веществ).
РЯБОВ И. И., инж. (текстильное дело).
РЯЗАНЦЕВ А. В., проф. (холодильное дело).

САВКОВ Е. И., инж. (авиация).
САХАРОВ П. В., проф. (геология).
СЕГАЛЬ А. И., проф. (горная экономика).
СЕЛИВЕРСТОВ А. Н., проф. (вентиляция).
СЕЛЯКОВ Н. Я., инж. (физика).
СЕМЕНОВ Н. Н., инж. (физика).
СЕМЕНЧЕНКО В. К. (химия общая).
СЕРГЕЕВ П. Г. (химия).
СЕРЕБРЕННИКОВ М. Г., инж. (механика теоретич.).
СЕРК Л. А., проф. (заводское строительство).
СИДОРИН И. И., проф. (легкие сплавы).
СИДОРОВ Н. Н., инж. (эл.-техника).
СИНЕВ П. И., инж. (техника безопасности).
СИНИЦЫН С. А., инж. (техника освещения).
СИПЯГИН А. С., проф. (химия углеводов).
СИРОТИНСКИЙ Л. И., проф. (эл.-техника).
СКОРНЯКОВ Е. Е., проф. (гидротехника).
СМАРАГДОВ Д. Г., инж. (гидротехника).
СМИРНОВ В. С. (технология углеводов).
СМИРНОВ Н. Н., проф. (нефть).
СМУРОВ А. А., проф. (эл.-техника).
СОКОЛОВ Н. В., инж. (металлургия).
СОКОЛОВ Н. С. (сельское хозяйство).
СОЛОВЬЕВ П. М., проф. (теплотехника).
СРЕТЕНСКИЙ Л. Н. (математика).
СТАВРОВСКИЙ А. И., проф. (котлостроение).
СТЕПАНОВ В. В., проф. (математика).
СТЕПАНОВ Н. Н. (геодезия).
СТЕЧКИН Б. С., проф. (авиац. двигатели).
СТРЕЛЕЦКИЙ Н. С., проф. (мосты).
СТРОГАНОВ С. Н., инж. (горное дело).
СТРУННИКОВ В. Т., проф. (морское дело).
СТУДЕНЕЦКИЙ В. А. (технология углеводов).
СУББОТИН И. И., инж. (обработка металлов).
СУШИНИН А. Ф., инж. (морское дело).
СЫРКИН Я. К. (химия).
СЫРОМЯТНИКОВ С. П., проф. (паровозы).

ТАТАРЧЕНКО Д. М., проф. (теплотехника).
ТАТАРЧУК В. М., инж. (теплотехника).
ТАУБЕ Е. А., проф. (металлургия).
ТЕОДОРЧИК К. Ф. (физика).
ТЕРПИГОРЕВ А. М., проф. (горное дело).
ТЕСНЕР А. А., инж. (бумажное пр-во).
ТИТОВ И. А. (сельское хозяйство).
ТИШБЕЙН Р. Р., инж. (морское дело).
ТИЩЕНКО И. А., проф. (технология углеводов, химич. аппаратура).
ТОПОЛЬНИЦКИЙ П. К. (геология, минералогия).
ТОЛСТОПЯТОВ В. М., проф. (ж.-д. дело).
ТРАПЕЗНИКОВ А. К. (физика).
ТРАХТЕНБЕРГ Г. Г., инж. (гильзовое пр-во).
ТРОИЦКИЙ А. Д. (полиграфич. пром-сть).
ТРОЯНСКИЙ П. П. (экономика).
ТРУБИН К. Г., инж. (металлургия, технология металлов).
ТРЯПКИН А. И., инж. (текст. дело).
ТУМАНОВ Н. Г., инж. (строит. дело).
ТУРЛЫГИН С. Я., инж. (радиотехника).
ТУЛУПИН Н. В., агр. (холодильное дело).
ТУЛУПОВ Н. М., инж. (авиация).

УЛИЦКИЙ Я. С. (экономика).
УРАЗОВ Г. Г., проф. (металлургия).
УСПЕНСКИЙ Н. Н. (экономика торфяного дела).
УШАКОВ К. А., инж. (авиация).

ФАЙНГЛУЗ П. П., проф. (организация пр-ва).
ФЕДОРОВ В. Г., инж. (военная техника).
ФЕДОРОВ В. С., инж. (текст. дело).
ФЕДОРОВ Н. С., инж. (текстильное дело).
ФЕДОРОВСКИЙ Н. М., проф. (геология, минералогия).
ФЕДОТОВ А. А., проф. (текст. дело).
ФЕДОТЬЕВ П. П., проф. (электрохимия).
ФЕРСМАН А. Е., акад. (драгоценные камни).
ФИЛИППОВ А. В., проф. (силикатная пром-сть).
ФИЛОСОФОВ П. С., проф. (силикатная пром-сть).
ФИШМАН Я. М. (военная химия).
ФЛЕРОВ В. К., проф. (обувное дело).
ФЛОРЕНСКИЙ П. А., проф. (электротехника, материаловедение).
ФОКИН Л. Ф., проф. (газовое пр-во).
ФРЕДЕРИКС В. К., проф. (физика).
ФРЕНКЕЛЬ Я. И., проф. (физика).
ФРУМКИН А. Н. (физическая химия).
ФРЯЗИНОВСКИЙ И. А., инж. (автомоб. дело).

ХЕЙФЕЦ И. Я., проф. (патентное право).
ХИНЧИН Я. Г., проф. (бумажное пр-во).
ХЛОПИН Г. В., проф. (промышленная гигиена).
ХОЛМОГОРОВ И. М., проф. (детали машин, подъемные механизмы).
ХОМУТИННИКОВ Н. Н., инж. (мосты).
ХРИСТОДУЛО Д. А., инж. (холодильное дело).

ЦЕРЕВИТИНОВ Н. А., инж. (материаловедение).
ЦЕРЕВИТИНОВ Ф. В., проф. (технология углеводов).
ЦЕХАНОВИЧ В. В., инж. (морское дело).
ЦИНЗЕРЛИНГ Е. В. (драгоценные камни).

ЧАПЛЫГИН С. А., проф. (авиация, гидродинамика, механика).
ЧАРНОВСКИЙ Н. Ф., проф. (обработка металлов).
ЧЕРКАССКИЙ А. М. (полиграфич. пром-сть).
ЧЕРНЫШЕВ П. М., проф. (архитектура, живопись).
ЧЕСАЛОВ А. В., инж. (авиация).
ЧЕХОВИЧ З. Н. (агрономич. химия).
ЧИБУНОВСКИЙ Н. Г., инж. (силикатная пром-сть).
ЧИЛИКИН Н. М., проф. (текстильное дело).
ЧИЧИБАБИН А. Е., проф. (органич. химия).
ЧУДАКОВ Е. А., проф. (автомоб. двигатели).

ШАЛЬНИКОВ И. А. (физика).
ШАПОШНИКОВ В. Г., проф. (текстильное дело).
ШАПОШНИКОВ В. Н., проф. (технич. микробиология).
ШАПОШНИКОВ Н. Н., проф. (экономика).
ШАРАШКИН К. И., проф. (силикатная пром-сть).
ШАТУНОВСКИЙ Я. М., проф. (ж.-д. дело).
ШАХНО А. П., проф. (каменный уголь).
ШАФРАНОВА А. С. (техника безопасности).
ШВАРЦМАН С. М., инж. (паровые котлы).
ШВЕЦОВ Б. С., проф. (силикатная пром-сть).
ШЕЛЕСТ А. Н., проф. (тепловозы).
ШЕЛКОВ В. И., инж. (военная техника).
ШИБАРОВСКИЙ А. Е., инж. (паровые котлы и машины).
ШИПЕРОВИЧ В. Л., инж. (горное дело).

ШИТТ П. Г., проф. (садоводство).
ШЛЕГЕЛЬ Б. Х., проф. (гидротехника).
ШЛОСБЕРГ А. М., инж. (текст. дело).
ШОРИН А. Ф., инж. (звуковое кино).
ШОРЫГИН П. П., проф. (технология углеводов).
ШПИЛЬРЕЙН И. Н., проф. (организация производства).
ШПИЛЬРЕЙН Я. Н., проф. (электротехника, математика).
ШПРИНК Б. Э., инж. (двигатели внутр. сгорания).
ШУКАЛОВ С. П., инж. (военная техника).
ШУЛЕЙКИН В. В., проф. (физика).
ШУР А. К., инж. (технология углеводов).
ШУСТОВ А. Н., проф. (технология углеводов).
ШУХГАЛЬТЕР Л. Я., инж. (рационализация и организация пр-ва).

ЩАПОВ Н. М., проф. (гидравлич. двигатели).
ЩАПОВ Н. П., инж. (строит. механика).
ЩЕЛКУНОВ М. И. (полиграфич. пром-сть).
ЩУСЕВ А. В., акад. (архитектура).

ЭВАЛЬД В. В., проф. (технология строит. материалов).
ЭДЕЛЬШТЕЙН В. И., проф. (огородничество).
ЭЛЬЦИН И. А. (физика).
ЭЛЬЯШБЕРГ П. Е., проф. (бумажное пр-во).
ЭНГЕЛЬГАРДТ Ю. В., проф. (ж.-д. дело).
ЭПШТЕЙН Г. М. (техн. углеводов).
ЭРВАЛЬД К. А., инж. (механика, теория механизмов).
ЭССЕН А. И. (горное дело).
ЭССЕН А. М., инж. (физика, гидротехника, гидравлика).
ЭСТРИН С. Г., инж. (холодильное дело).

ЮДИНСОН П. И., инж. (огнеупорные материалы).
ЮНГ В. Н., инж. (силикатная пром-сть).
ЮРГАНОВ В. В., проф. (силикатная пром-сть).
ЮРКОВ П. К., инж. (кожевенное дело).
ЮРОВСКАЯ М. А., д-р (организация пр-ва).
ЮРЬЕВ Б. Н., проф. (авиация).
ЮРЬЕВ М. Ю., проф. (эл.-техника слабых токов).

ЯКИМЧИК В. В., инж. (организация пр-ва).
ЯКОВЛЕВ А. Ф. (военная техника).
ЯНКОВСКИЙ В. М. (военно-химич. дело).

ARCO G., D-r, Berlin (радиотехника).
BORCHARDT Ph., Dipl.-Ing., Solm bei München (химическая технология).
CRANE H., New York (двигатели внутр. сгорания).
FORTIER Samuel, New York (ирригация).
GAILLARD J., New York (стандартизация).
GOLDMARK H., New York (гидротехника).
KOBBERT, Dipl.-Ing., Königsberg (газовое производство).
MIES van der ROHE, Prof., Berlin (строительная техника).
PROCKAT, Dipl.-Ing., Berlin (химич. технология).
SCHMITTENHENNER, Prof., Stuttgart (строит. техника).
SCHAPOVALOFF M., Riverside, California (фитопатология).
SCHWARZ T. (морское дело).
ZON R., St. Paul, Minn. (технология дерева).

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*).
μμ микромикрон (0,000001 *μ*).
км² квадратные километры.
га гектары (квадратные гектометры).
а ары (квадр. декаметры).
м² квадратные метры.
м³ кубические метры.
дм³ » дециметры.
см³ » сантиметры.
мм³ » 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 микрограммы (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/м² тонны на кв. метр.
кг/см² килограммы на кв. сантиметр.
м/сек метры в секунду.
п. м погонные метры.
рег. т регистровые тонны.

II. Математич. обозначения.

° градус.
′ минута, фут.
″ секунда, дюйм.
‴ терция, линия.
$>$ больше ($<$ меньше).
$\not>$ не больше ($\not<$ не меньше).
$\cong$ приблизительно равно.
$\geqslant$ больше или равно.
$\leqslant$ меньше или равно.
$\gg$ значительно больше.
$\ll$ значительно меньше.
$\measuredangle$ угол, измеряемый дугой.
$\parallel$ параллельно.
$\perp$ перпендикулярно.
$\div$ от—до.
sin синус.
tg тангенс.
sc секанс.
cos косинус.
ctg котангенс.
csc косеканс.
arc sin арксинус.
arc tg арктангенс.
sh гиперболический синус.
ch гиперболическ. косинус.
th » тангенс.
$\varnothing$ диаметр.
e основание натуральных логарифмов.
lg логарифм десятичный.
ln » натуральный.
lim предел.
Const постоянная величина.
$\sum$ сумма.
$\int$ интеграл.
$\sim$ приблизительно.
∞ бесконечность.
d полный диференциал.
∂ 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.
kVA киловольт-ампер.
mA миллиампер.
Ω ом.
MΩ мегом.
μΩ микроом.
C кулон.
VC вольт-кулон.
H генри.
J джоуль.
F фарада.
μF микрофарада.
Å ангстрем.
D дина.
Cal калория большая.
cal » малая.
HP лошадиная сила.
lm люмен.
lx люкс.
m мюрг.

б) Величины.

$t°$ температура обыкновен.
$T°$ » абсолютная.
$t°_{кип.}$ температура кипения.
$t°_{пл.}$ » плавления.
$t°_{заст.}$ » застывания.
$t°_{отв.}$ » отвердевания.
$t°_{крит.}$ » критическая.
atm атмосфера техническая.
Atm » барометрич.
I сила тока.
Q электрич. заряд, количество электричества.
E электродвижущая сила.
V, U напряжение, потенциал.
A работа.
W энергия.
N мощность.
T период колебания.
f, ν частота.
ω угловая скорость, угловая частота.
Ω боковая частота.
λ длина волны.
φ сдвиг фазы.
L самоиндукция.
C емкость.
R сопротивление активное (ваттное).
ε диэлектрич. постоянная.
μ магнитн. проницаемость.
ϱ удельное сопротивление.
σ удельная проводимость.
δ декремент затухания.
Φ магнитный поток.
H_{Br} твердость по Бринелю.
A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3} / A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3} критич. точки железн. сплавов.
g ускорение силы тяжести.
l длина.
m масса.
$D^{t_1}_{t_2}$ уд. вес при $t_1°$ по отношению к воде при $t_2°$.
[α]; $[\alpha]_D$ угол вращения плоскости поляризации.
$C_н$; [H⁺] концентрация водородных ионов.
pH; $P_н$ водородн. показатель.

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/ск.—футы в секунду.
чв-д.—человекодни.
чв-ч.—человекочасы.
долл., $—доллары.
мар.—марки.
фн. ст., £—фунты стерлингов.
фр.—франки.
шилл.—шиллинги.
млн.—миллионы.
млрд.—миллиарды.
ч.—часы.
м., мин.—минуты.
ск.—секунды.
°Bé—градусы Боме.
°Э.—градусы Энглера.
Градусы температ. шкал:
°К—Кельвина,
°С, °Ц.—Цельсия (100°-й),
°Р.—Реомюра,
°Ф.—Фаренгейта.
$t°$—температура по 100°-ной шкале (С).
$t°$ Р.—температура по Реомюру.
$t°$ Ф.—температура по Фаренгейту.
абс.ед.—абсолютная единица.
ат. в.—атомный вес.
Aufl.—Auflage.

В.—Band, Bände.
v.—volume, volumes.
вкл.—включительно.
выс.—высота.
гг.—годы, города.
д.—деревня, долгота.
д. б.—должно быть.
ж. д.—железная дорога.
з.-европ. — западноевропейский.
з-д—завод.
изд.—издание.
ин-т—институт.
Jg.—Jahrgang.
кпд—коэфициент полезного действия.
к-рый—который.
к-та—кислота.
Lfg.—Lieferung, Lieferungen.
м—мета (хим.).
м. б.—может быть.
м. г.—минувшего года.
меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.
мн-к—многоугольник.
мол. в.—молекулярный вес.
нек-рый—некоторый.
о—орто (хим.).
об-во—общество.
о-в—остров.
п—пара (хим.).
р.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
промышл.—промышленность.
проф.—профессор.
SK—зегеровские конуса.
С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.
стр.—страницы.
т.—том, томы.
t.—tome, tomes.
T.—Teil, Teile.
тв.—твердость.
т-во—товарищество.
темп-ра—температура.
т. н.—так называемый.
тр-к—треугольник.
уд.—удельный.
уд. в.—удельный вес.
ур-ие—уравнение.
У. П.—Урочное положение.
u. ff.—und folgende.
ф-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.
эдс—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.
Л.—Ленинград.
М.—Москва.
П.—Петроград.
СПБ—Петербург.

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

«АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
БМЭ—Большая медицинская энциклопедия, Москва.
БСЭ—Большая советская энциклопедия, Москва.
«ВВ»—Военный вестник, Москва.
«ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
«ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
«ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
«ВТ»—Вопросы труда, Москва.
«ГЖ»—Горный журнал, Москва.
«ГТ»—Гигиена труда, Москва.
«Ж»—Журнал Русского физико-химического об-ва, Ленинград.
«ЖРМО»—Журнал Русского металлургического об-ва, Ленинград.
«ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.
«ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. проф. В. И. Гриневецкого и К. В. Кирша, Москва.
«ИТПТ»—Известия текстильной промышленности и торговли, Москва.
«МС»—Минеральное сырье и его переработка, Москва.
«МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.
«НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.
«НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.
ОСТ—Общесоюзные стандарты, Москва.
«ПТ»—Промышленность и техника, СПБ.
«ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.
«СГ»—Социальная гигиена, Москва.
«СП»—Строительная промышленность, Москва.
Спр. ТЭ—Справочник физических, химических и технологических величин, Москва.
«СТ»—Санитарная техника, Москва.
«СХ» — Социалистическое хозяйство, Москва.
«ТД»—Торфяное дело, Москва.
«ТиТбП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.
«Труды ГЭЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнич. ин-та, Москва.
«Труды НАМИ»—Труды Научного автомоторного института, Москва.
«Труды НИУ»—Труды Научного института по удобрениям, Москва.
«Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамического ин-та, Москва.
ТЭ—Техническая энциклопедия, Москва.
«УФН»—Успехи физических наук, Москва.
«ХД»—Хлопковое дело, Москва.
«AAZ» — Allgemeine Automobil - Zeitung, Wien.
«A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.
AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
AGFA—Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.
«Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.
«Ann. d. Phys.» — Annalen der Physik, Leipzig.
«Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.

«B»—Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
BAMAG—Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, Dessau.
BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
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. Ind.»—Chemische Industrie, Berlin.
«Ch.-Ztg»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
«Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
«CR»—Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Paris.
DIN—Deutsche Industrie-Normen.
«Dingl.»—Dinglers polytechnisches Journal, Berlin.
«EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
«EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
«EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
«ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
«GC»—Génie Civil, Paris.
Handb. Ing.—Handbuch der Ingenieurwissenschaften, herausgegeben von L. Willmann, Th. Landsberg, E. Sonne, in 5 Teilen, 1910—25, Leipzig.
«I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
I. G. 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.
«Lieb. Ann.»—Liebigs Annalen der Chemie, Berlin.
«Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
«MuM»—Wochenschrift für die gesamte Müllerei und Mühlenbau-Industrie, München.
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 Motorluftschiffahrt, München.

В десятом томе ТЭ помещены 752 иллюстрации в тексте и четыре вкладки к статьям: «Кино звуковое»—1, «Книгохранилище»—1, «Ковально-осадочные работы»—1, «Кокономотание»—1.

К

КАТАТЕРМОМЕТР, спиртовой термометр (фиг.), применяющийся в санитарной практике, с цилиндрическим резервуаром длиной 4 *см*, с полушаровым дном диаметром 1,6 *см* и с поверхностью 22,6 *см*². Капиллярная трубка длиной около 20 *см* снабжена шкалой, разделенной на градусы С, от 35° до 38°. Верхний конец капиллярной трубки имеет овальнсе вздутие (необходимое в виду того, что прибор нагревается до наполнения этого вздутия спиртом до $^1/_3$—$^1/_2$ его объема).



По мысли проф. Л. Хилла, сконструировавшего К., он должен служить прибором, который, являясь как бы аналогом человеческ. тела, дает возможность судить о суммарном гигиенич. влиянии метеорологич. условий ($t°$, влажности и движения воздуха) на теплопотерю и тепловой баланс человека. К. применяют сухим и мокрым; в последнем случае на резервуар надевают колпачок из бумажной ткани. Для практической работы с К. несбходимо предварительно знать величину его ф а к т о р а. Фактор F показывает, сколько милликалорий тепла теряется с 1 *см*² поверхности резервуара при его охлаждении от 38 до 35°. Фактор определяется по формуле $F = 0{,}27\,\theta \cdot T$, где θ—разница $t°$ человеч. тела (36,5°) и окружающего воздуха, T—число секунд, в течение которых происходит охлаждение от 38 до 35°. Определение катафактора производят в неподвижном воздухе (в термостате или калориметре), где определяют T и затем вычисляют F, значение к-рого наносится на стержень К. Зная F, можно уже вести работу с К. Исследователь должен только определить время T, в течение к-рого происходит указанное выше охлаждение К. от 38 до 35°, затем вычислить величину охлаждения $H = F : T$. Последняя выражает потерю резервуаром К. тепла в милликалориях с 1 *см*² поверхности в 1 ск. При этом сухой К. показывает потерю тепла путем излучения и теплопроводности, а мокрый—путем излучения, теплопроводности и испарения. Разница $E = H_1 - H$ между показаниями мокрого и сухого К. показывает потерю тепла одним испарением.

На основании многочисленных опытов найдено, что сухой К. в спокойном воздухе при 18° теряет с 1 *см*² своей поверхности около 5 милликалорий, т. е. раза в четыре больше того, что теряет человек в сидячем положении в обыкновенной одежде. Показание $H = 6 \div 7$ соответствует хорошему самочувствию людей, ведущих легкую работу в сидячем положении.

Сухой К. можно применять также для определения скоростей движения воздуха, притом самых незначительных, до десятых и сотых долей метра в секунду. Это обстоятельство делает К. особо ценным прибором для исследования метеорологич. условий в рабочих помещениях, где скорости движения воздуха обычно настолько незначительны (2—8 *м/мин.*), что анемометром они не улавливаются.

По эмпирич. ф-ле Вейсса, скорость движения воздуха v в *м/сек* выражается через H и θ следующим образом:

$$v = \left(\frac{\frac{H}{\theta} - 0{,}14}{0{,}49} \right)^2 .$$

В практике работы санитарной и технич. инспекции труда К. завоевал себе прочное положение в СССР и находит теперь широкое применение при санитарно-гигиенич. обследованиях промышленных предприятий. Для исследования больших скоростей движения воздуха—в частности в вентиляционных каналах—К. менее пригоден, чем другие приборы (анемометр, микроманометр, трубка Пито и др.): он реагирует весьма чувствительно на всякого рода завихрения воздуха и токи в различных направлениях и потому определяет скорее степень подвижности воздуха, чем скорость движения его в определенном направлении.

Лит.: Х л о п и н О. О., Кататермометр проф. Хилла, «ГТ», 1924, *7—8;* Я к о в е н к о М. В., Кататермометр проф. Хилла и учение об эффективной темп-ре, «ГТ» 1925, *1;* М а р ш а к Б. Я., Кататермометрия и эффективная темп-ра, «ГТ», 1927, т. 1; В и г д о р ч и к, С т р о г а н о в, Т е т е р е в н и к о в, К вопросу об определении скорости движения воздуха по кататермометру, «Труды научно-исследоват. секции охраны труда Ленингр. ГОТ», Л., 1927, т. 1; Кататермометр Хилла, описание и способ употребления, изд. Гл. палаты мер и весов, Л., 1927; The Science of Ventillation and Open Air Treatment, «Med. Res. Council, Spec. Rep.», series 32, London, 1919, 52, 1920; H i l l a. oths, The Katatermometer in Studies of Body Heat a. Efficiency, ibid., series 73, L., 1923; V e r n o n a. oths, Methods of Investigating Ventila-

tion and its Effects, ibidem, series 100, London, 1926; Weiss, Die hygienischen Grundlagen der Lüftungstechnik mit spezieller Berücksichtigung d. Katathermometrie, «Archiv für Hygiene», München, 1925, B. 96, H. 1. **Н. Розенбаум.**

КАТАФОРЕЗ, движение коллоидных (дисперсных) частиц в поле электрического тока, направленное, в зависимости от знака их заряда, к аноду или к катоду. Явление К. было наблюдено впервые Рейсом в 1809 г. на суспензиях глины; Квинке и ряд других исследователей наблюдали подобные же явления для самых разнообразных веществ, суспендированных в различных дисперсионных средах. Эти исследования показали, что направление движения частиц при К. зависит не только от природы вещества, составляющего эти частицы, но также и от природы дисперсионной среды. В 1892 г. Пиктоном и Линдером было показано, что движение частиц золей (см. *Коллоиды*) в электрич. поле подчиняется тем же законам, что и движение частиц суспензий, и вполне ему аналогично. Для наблюдения явления К. обычно применяют **U**-образную трубку ок. 20 *см* высотой и 2—3 *см* в диаметре, наполненную изучаемым коллоидным раствором и снабженную электродами (серебряные или платиновые проволочки, согнутые в виде спиралей); ток употребляется постоянный, напряжением 60—120 V. Явление К. наиболее заметно при работе с окрашен. коллоидными растворами; в этом случае уже через 15—20 м. наблюдается ослабление окраски у одного электрода и усиление ее у другого.

Первое удовлетворительное объяснение К. было предложено Квинке и теоретически обосновано Гельмгольцем. Оно заключалось в допущении, что при соприкосновении двух фаз (дисперсионной среды и дисперсированной фазы) происходит электризация с образованием двойного электрическ. слоя, чем и обусловливается перенос частиц под влиянием тока. В настоящее время самое понятие двойного электрич. слоя сильно модифицировано; коллоидные же частицы рассматриваются как системы, вполне аналогичные настоящим *ионам* (см.), только громадных, по сравнению с последними, размеров, и самое явление К. уподобляется процессу обычного электролиза. Однако из аналогии явлений электролиза и К. нельзя делать вывода о полной тождественности между ионами истинных растворов и коллоидными частицами: в ряде случаев вся разница между ними заключается в размерах, в большинстве же дело обстоит гораздо сложнее. О применениях К. в технике см. *Электрофорез*.

Лит.: Песков Н. П., Физико-химич. основы коллоид. науки. Коллоиды, 1925; Наумов В. А., Химия коллоидов, Л., 1926. **В. Назаров.**

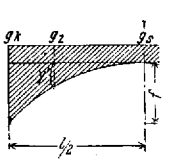
КАТЕНОИД. В математике К. вращения называется поверхность вращения цепной линии. В строительной механике катеноидом (la caténoïde) называется кривая, которую принимает ось свода при ее совпадении с кривой давления от общей нагрузки в том случае, когда общую нагрузку можно рассматривать как состоящую из двух частей: 1) постоянной нагрузки свода на единицу длины пролета, 2) переменной, изменяющейся в зависимости от ординаты свода y', отсчитываемой от проведенной через центр замка горизонтали.

Закон изменения общей нагрузки от замка к пяте свода в этом случае (фиг. 1) выражается ур-ием:

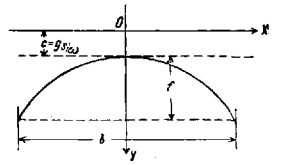
$$g_z = g_s\left[1 + \frac{y'}{f}(m-1)\right], \qquad (1)$$

где g_s—постоянная на единицу длины пролета нагрузка свода в замке, g_k—постоянная нагрузка у пяты, g_z—переменная нагрузка на расстоянии z от замка, f—стрела свода, $m = \frac{g_k}{g_s}$.

Если катеноид отнести к осям: OY—ось симметрии свода—и OX, лежащей выше



Фиг. 1.



Фиг. 2.

центра замка на величину c, равную высоте приведенной нагрузки свода в замке (фиг.2), то его ур-ие выразится в виде:

$$y = c \cdot \operatorname{ch}\frac{x}{q}; \qquad (2)$$

здесь

$$c = \frac{g_s}{\omega} = \frac{f}{m-1}$$

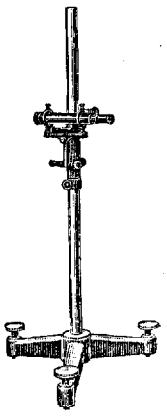
и

$$q = \frac{l}{2\operatorname{Arch} m} = \frac{l}{2\ln(m + \sqrt{m^2-1})},$$

где ω—вес единицы объема материала свода, к к-рому приведены все остальные нагрузки, и l—пролет свода. При равенстве параметров ($c=q$) ур-ие (2) обращается в ур-ие цепной линии, при $c=\infty$ оно обращается в ур-ие параболы. Аналитич. выражение К. впервые дал Легей (Legay).

Лит.: Каменцев П. Я. и Дучинский Б. Н., Бесшарнирные арочные мосты, Москва, 1928; Дучинский Б. Н., Основания рационального построения коробовых кривых в применении к мостовым сводам, «Труды Моск. ин-та инж. трансп.», М., 1929, вып. 10, стр. 201—230; Legay, Mémoire sur le tracé et le calcul des voûtes en maçonnerie, «Annales des Ponts et Chaussées», Paris, 1900, t. 4.

КАТЕТОМЕТР, прибор для измерения вертикального расстояния между двумя точками, к-рые могут и не лежать на одной вертикали. К. состоит из вертикальной штанги (фиг.), укрепленной на массивной треноге и вращающейся вокруг вертикальной оси, и зрительной трубы (с увеличением 10—20), перемещающейся вдоль по штанге. Штанга, обычно длиной 1 *м* и более, бывает призматической или цилиндрической и снабжается вертикальной же миллиметровой шкалой (в 1 *м*). Труба снабжена уровнем, а основание К.—тремя уравнительными винтами. Поворачивая трубу на 90° вокруг вертикальной оси штанги, добиваются во всех четырех положениях горизонтальн. показания уровня; этим проверяется вертикальное положение штанги. В трубе натянут крест нитей, к-рый и служит для отсчета, причем точ-

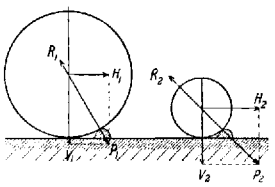


ка, расстояние до которой измеряется, должна лежать по возможности на оптической оси трубы. Труба перемещается по шкале не только от руки, но и микрометрич. винтом; отсчеты по шкале производятся при помощи нониуса, до 0,02—0,1 *мм*. Иногда в трубе имеется окуляр-микрометр, еще более повышающий точность отсчетов, в особенности при измерении малых расстояний. В специальных К. иногда труба устраивается перемещающейся без отсчета по всей длине шкалы, отсчет же производится от любого начального положения трубы при микрометрич. перемещении ее на малые расстояния (напр. 25—30 *мм*) с точностью до 0,01—0,005 *мм*. Для измерения малых расстояний употребляются также измерительные или отсчетные микроскопы. Иногда универсальные К. устраиваются т. о., что они могут служить и *компараторами* (см.), т. е. приборами для измерения горизонтальных расстояний; для этого штанга К. располагается горизонтально. **П. Ребиндер.**

КАТЕХУ, растительный твердый дубильный экстракт. Различают два сорта К.—бурый и желтый. Бурый К. получается из сердцевины дерева Acacia Catechu, произрастающего в Индии и на о. Цейлоне. Сгущенный экстракт разливается на листья, соединенные в виде больших чаш, и поэтому застывает в виде глыб с отпечатками листьев. Цвет—темный, черно-бурый, излом—крупнораковистый. Под микроскопом строение аморфное. Вкус вяжущий и сладкий. Катеху растворяется в 2 частях кипящей воды. При охлаждении раствор мутнеет, при сильном разбавлении водой дает большой осадок. Хлорное железо дает с раствором К. зеленый или черно-зеленый осадок. К. содержит при 12—20% влаги около 35—45% дубящих веществ, главная составная часть к-рых—кристаллич. катехин. Применяется гл. обр. для печатания и крашения тканей, редко—для дубления кож. Желтый К., гамбир-катеху, или, короче, гамбир—см. *Красящие вещества* естественные. Оба сорта К. дают при сухой перегонке пирокатехин, при сплавлении с едким кали—флороглюцин и протокатеховую к-ту. Сосновая палочка, смоченная раствором К. и высушенная при соприкосновении с парами HCl, окрашивается в темнокрасный цвет (флороглюциновая реакция).

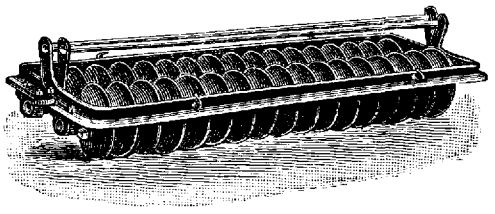
КАТКИ, с.-х. орудия, применяемые для: 1) уничтожения глыб на пашне и выравнивания поверхности пашни; 2) создания плотного слоя, способствующего капиллярному поднятию влаги из нижних слоев почвы, с целью обеспечения посевов влагой; 3) прикатывания всходов, выжатых из земли вследствие повторного замерзания и оттаивания почвы, люпина и других растений, запахиваемых на зеленое *удобрение* (см.), навоза и т. д. Размельчение сухих глыб производится путем предварительного вдавливания их К. в почву, где глыбы пропитываются влагой и могут быть измельчены легкой бороной.

Характер работы К. зависит от его веса и от его диаметра. Чем тяжелее К., тем более значительное уплотнение почвы он производит; при одинаковом весе и различных диаметрах К. с бо́льшим диаметром более сильно и глубоко уплотняет почву, тогда как К. с малым диаметром уплотняет только поверхностный слой почвы. Это видно из следующих рассуждений: если два К. большого и малого диаметров (фиг. 1) встречают одинаковое препятствие в виде глыбы почвы, то, обозначив силы, действующие на К., через равные величины R_1 и R_2, видим, что сила R_1, а следовательно и сила P_1, будет итти в каток большего диаметра под более острым углом к вертикальному диаметру, чем сила R_2 или равная ей сила P_2 для К. малого диаметра. Если разложить силы P_1 и P_2 на горизонтальные H_1 и H_2 и вертикальные V_1 и V_2, то убедимся, что $V_1 > V_2$ и $H_2 > H_1$. Следовательно катки большего диаметра действуют на почву своим весом, а катки меньшего диаметра—силой тяги; т. к. на первый К. в меньшей степени влияют толчки лошади, то и ход его более плавный, чем ход второго, к-рый во время работы часто подпрыгивает, распыляя почву.



Фиг. 1.

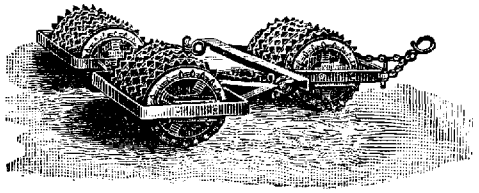
В зависимости от задач обработки делают К. различного веса, размеров и формы; так, существуют К. гладкие, рубчатые, кольчатые, звездчатые и т. д.; бывают также К. сплошные и пустотелые для заполнения водой или песком с целью увеличения их веса. К. делают из дерева, камня, железа и чугуна. Наиболее распространены гладкие, б. ч. деревянные К.; такие К. вследствие своей легкости, работают неудовлетворительно,

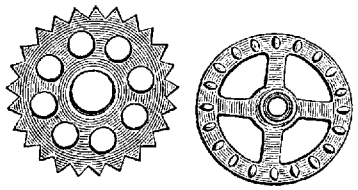

Фиг. 2.

так как сильно распыляют почву. Если К. нужен для создания плотного капиллярного слоя, поднимающего влагу из нижележащих слоев почвы, то из гладких К. лучше всего применять наливной каток большого диаметра. Уплотнение почвы при катковании вызывает потерю влаги вследствие поверхностного испарения. В засушливых районах с этим приходится особенно считаться, поэтому там после работы К. следует проборонова́ть поле для разрыхления поверхностного слоя. Для облегчения поверхностного разрыхления почвы применяются кольчатые К. (фиг. 2), состоящие из чугунных колец, насаженных на ось таким обр., что каждое кольцо может вращаться независимо от другого и несколько перемещаться вверх и вниз. После прохода этим К. поверхность почвы делается рубчатой, что позволяет легко разрыхлить образовавшиеся гребни при помощи бороны, пущенной поперек их.

Кольчатые К. делаются одно- или двурядные—первые для конной, а вторые для тракторной тяги.

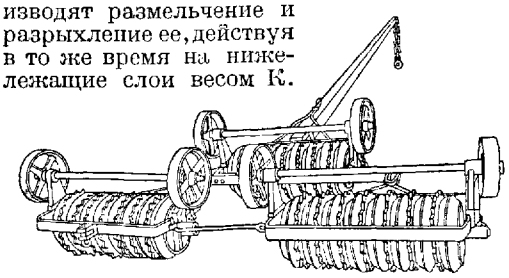
Для одновременного уплотнения и разрыхления поверхностного слоя почвы суще-





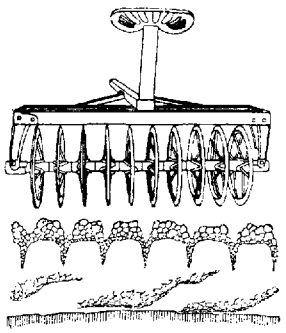
Фиг. 3.

ствуют К. разных систем, состоящие из колец, снабженных кулачками или зубообразными выступами. Как кулачки, так и зубцы захватывают частицы с поверхности и производят размельчение и разрыхление ее, действуя в то же время на нижележащие слои весом К.

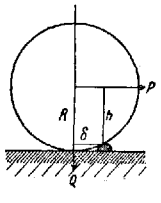


Фиг. 4.

К. из колец, снабженных кулачками, называют катками Кросскиля (фиг. 3), а К., состоящие из зубчатых колец,—кембриджскими. Есть каток смешанной конструкции, имеющий кольца с кулачками, чередующиеся с зубчатыми кольцами, и носящий название кросскиль - кембриджского (фиг. 4). В



Фиг. 5.



Фиг. 6.

засушливых районах Америки применяется особый кольчатый К., или паковщик Кембелля (фиг. 5), состоящий из ряда колес, имеющих обод с острым ребром треугольного сечения; колеса эти насажены на ось на расстоянии 15 *см* друг от друга. При работе колеса врезаются в землю и производят уплотнение нижних слоев, в то время как обод и спицы при вращении колеса разрыхляют верхний слой.

Соотношение между силой тяги P и весом катка Q при встрече с препятствием (фиг. 6) получается из равенства моментов: $P \cdot h = Q \cdot \delta$; при h, приблизительно равном R, получаем $P = \frac{Q \cdot \delta}{R}$, т. е. потребная сила тяги для перемещения К. обратно пропорциональна радиусу К. Вес К., приходящийся на каждую лошадь, считается в среднем около 0,6 *т*.

К. применяются иногда в комбинации с сошниками сеялок; тогда за каждым сошником идет каточек, уплотняющий дорожку и вдавливающий семена в землю.

Лит.: Вейс Ю. А., Курс с.-х. машиноведения, 2 изд., М.—Л., 1929; Дебу К. И., Культиваторы, СПБ, 1912; Соколов Н. П., Каток Кембелля, «Бюллетень Ростово-Нахичеванской сел.-хоз. опытной станции», Ростов н/Д., 1914, *59*. **Б. Криль.**

КАТОД, электрод потребителя электрич. энергии, через к-рый электрич. ток выходит из рассматриваемой среды во внешнюю цепь, в отличие от анода, через к-рый ток внешней цепи входит в рассматриваемую среду. При наличии в этой среде частичек с положительным и отрицательным электрич. зарядом положительно заряженные частички, или катионы, будут направляться к К., а отрицательно заряженные—анионы, или электроны, будут направляться к аноду. Т. о., в дуговых, ртутных и электронных лампах (см. *Катод электронной лампы*), рентгеновских трубках К. называется тот электрод, к-рый внутри прибора испускает отрицательно заряженные частички по направлению к противоположному электроду. У генераторов электрич. энергии, напр. у электрохимич. элементов, К. считается электрод, через который ток входит из внешней цепи в прибор: например цинковая пластина элемента Лекланше, являющаяся его отрицательным полюсом. **Я. Шпильрейн.**

КАТОД ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЫ (нить накала), электрод, к к-рому течет ток через разреженный газ К. э. л. является обычно источником испускания электронов (электронной эмиссии). Конструктивно К. э. л.—нагретая до красного или белого каления прямая или **U**-образная ординарная или перекрученная винтообразно металлич. проволока, полоска или металлизированная поверхность фарфоровой трубки, служащая для испускания электронов, необходимых для образования тока в электронной лампе. Способ накаливания в принципе безразличен, но на практике осуществляется электрически: 1) непосредственно током накала, проходящим по самой нити, и 2) косвенно—или путем подвода тепла от изолированной от самого К. э. л. специальной нагревательной проволоки или электронной бомбардировкой от вспомогательного катода, причем самый К. э. л. является анодом. Косвенный накал радикально разрешает проблему питания К. э. л. переменным током.

Практически, материалом К. э. л. являются: 1) чистый W, 2) W с примесью ThO_2 (торированные лампы, или микролампы) и 3) Pt + ок. 25% Ir—обычно полоска,

покрытая тонким слоем окислов щелочноземельных металлов Ca, Ba, Sr, с прибавкой редких земель La или Ce (оксидные лампы), иногда в последнем случае и Ni. Вольфрамовые катоды для усилительных ламп имеют $T°$ около 2 300° с мерой накала $H=2\div3$ (см. *Лампа электронная*; мера накала равна току насыщения в mA на 1 W мощности накала); для генераторных ламп $T°$=ок. 2 600° и $H=3\div10$; для W-Th-катодов $T°=1\,800—1\,900°$ и $H=30\div70$; для оксидированных $T°=800—900°$ и H—примерно как у W-Th-катода.

Продолжительность жизни τ (см. *Лампа электронная*), т. е. срок действия К. э. л. убывает с увеличением рабочей $T°$. Для W $\ln\tau$ может считаться линейной ф-ией $T°$(т.е. $\ln\tau=A-BT$, где A и B—константы) или H; также приблизительно τ обратно пропорциональна $H^{2.6}$. Для W величина τ определяется (при однородной нити) толщиной d нити и скоростью возгонки W, которая зависит от $T°$. При одинаковых $T°$ приблизительно τ прямо пропорциональна d. Нормальная усилительная лампа при $d=0{,}05$ *мм* и $H=3$ имеет τ около 1 000 часов. Для W-Th-катодов τ зависит не от изнашивания основного материала нити, а от израсходования запасов Th (непрерывно диффундирующего из недр нити к ее поверхности и слетающего с нее тем быстрее, чем выше $T°$); при $H=30$ ($T°=1\,800°$) τ получается ок. 1 000—1 500 часов. Если запас ThO_2 в нити не истощен, активность W-Th-К. э. л. может быть восстановлена прокаливанием в течение 3 мин. при четырехкратном и в течение 20 мин. при двукратном против нормального напряжении накала. Для оксидных нитей τ ограничивается образованием химич. соединений с материалом К. э. л., сообщающих нити ломкость, или же отскакиванием активного слоя. У хороших оксидных ламп τ — порядка 1 000 — 1 500 час.

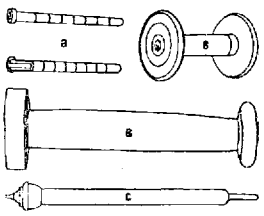
$T°$ нити изменяется по ее длине: у концов, вследствие теплопроводности, она столь низка, что испускания электронов практически нет (неактивная область); затем идет область переходной $T°$ и только середина нити имеет приблизительно постоянную $T°$. Эта последняя область абсолютно и относительно тем длиннее, чем длиннее сама нить. Кривая распределения $T°$ вдоль нити несимметрична вследствие нагревания током испускания, проходящим по нити; эта несимметричность тем значительнее, чем значительнее ток испускания по сравнению с током накала. Под рабочей $T°$ нити приходится подразумевать нек-рую среднюю $T°$. Практически о $T°$ нити судят по току или лучше—по напряжению накала, т. к. в известных пределах тот и другой приблизительно пропорциональны $T°$. Увеличение тока накала на 6%, а напряжения накала примерно на 12% удваивает ток испускания. Подробнее об испускании и его законах см. *Термоэлектроны*.

Лит.: Banneitz F., Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie u. Telephonie, Berlin, 1927 (имеется литература); Рейнер, Справочник по радиотехнике, пер. с англ. и перераб. Д. А. Копашинского, Москва, 1929; Forstmann A. und Schramm E., Elektronenröhre, ihre Theorie und praktische Anwendung in Empfangs- und Verstärkungschaltungen, «Die Radio-Reihe», B. 24, B., 1927. **Б. Введенский.**

КАТОДНАЯ ЛАМПА (лампа электронная, катодное реле, электронная, или термионная, трубка), пустотный прибор, сквозь который электрич. ток переносится электронами, испускаемыми накаленным катодом электронной лампы (см. *Лампа электронная*) и притягиваемыми анодом. Последний соединяется с (+)батареи, к-рой(—) соединен с катодом. Между анодом и катодом помещается сетка—решетчатый электрод, управляющий всем потоком электронов. Слабые, изменяющиеся эдс прикладываются между сеткой и катодом и вызывают изменения тока сквозь лампу гораздо более значительные, чем те, которые получились бы, если бы те же эдс действовали непосредственно на обычное сопротивление (усилительное действие). К. л. применяются в качестве усилителей, детекторов и генераторов и имеют громадное значение в современной радиотехнике.

КАТОДНЫЕ ЛУЧИ, поток отрицательно заряженных электронов. К. л. получаются в разрядных пустотных трубках при очень низком давлении газа, направляясь от катода к аноду. Скорость К. л. зависит от напряжения в трубке; при больших напряжениях удается достигнуть скоростей в 0,5 скорости света и более. β-лучи радиоактивных веществ являются также потоком электронов, т. е. К. л.; скорость их в нек-рых случаях превосходит 0,9 скорости света. К. л., исходящими от солнца, вызываются полярные сияния. Подробнее см. *Лучи корпускулярные*.

КАТУШЕЧНО-ЧЕЛНОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, изготовление ряда вспомогательных принадлежностей для прядильных, ткацких, красильных и других машин текстильной промышленности. Основным материалом для этих принадлежностей (по крайней мере в СССР) служит древесина разных пород, а главными процессами, применяемыми в производстве, являются: резание, сверление, фрезерование и в особенности обтачивание. Т. к. получаемые обточкой деревянные изделия требуются и для других отраслей промышленности, например электротехнической (розетки,ручки),сельскохозяйственной(ручки, державки), то К.-ч. п. обслуживает и эти отрасли; однако главной базой К.-ч. п. остается текстильная промышленность.



Фиг. 1.

По характеру вырабатываемых изделий К.-ч. п. распадается на три группы: 1) катушечное производство, в к-ром окончательная форма изделиям придается путем обтачивания, 2) челночное производство, в к-ром окончательная форма придается путем фрезерования и отчасти обтачивания, и 3) производство принадлежностей ткацких станков, в к-ром применяется гл. обр. острожка.

Наиболее характерные виды этих изделий представлены на фиг. 1—шпули *a*, катушки *b* и веретена *c*, фиг. 2—челноки, на фиг.3—погонялки *d*, вальки *e*, щечки *f*, брусочки *g*.

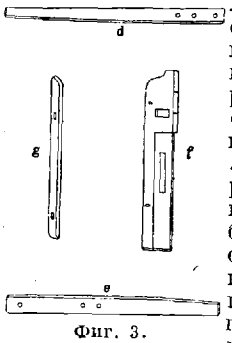
Сырьем для К.-ч. п. служат различные породы дерева: а) из березы изготовляются все виды шпуль, ниточные катушки, веретена, частично сновальные



Фиг. 2.

катушки, шнурочные и крутильные катушки для льняной и пеньковой промышленности и вершники; б) из бука — банкаброшные катушки, частично сновальные, шнурочные и крутильные катушки; в) из сосны—батаны, ремизные планки, слачки, навойные валы; г) из граба—погонялки, вальки, щечки, брусочки, клапаны, д) из хурмы, железного дерева, лавровишни, самшита, корнеля и персиммона—челноки всех типов.

Применение той или иной породы для различных групп изделий не всегда зависит лишь от технич. качеств сырья; факторы экономич. порядка также играют здесь немаловажную роль. Так, для производства всех видов шпуль возможно применять различные лиственные породы—березу, граб, бук и прочие, однако, в силу более высокой стоимости остальных пород по сравнению с березой, на изготовление шпуль идет преимущественно березовое сырье. Для группы катушечных изделий могла бы также применяться береза, однако, в силу требующейся от этих изделий повышенной крепости (на смятие, изгиб, скалывание), они изготовляются предпочтительно из бука. Сосна применяется для изготовления батанов, ремизных планок, слачков и пр. в силу необходимости уменьшить вес этих изделий, а также в виду того, что при значительной длине некоторых изделий (слачки—до 4,4 *м*) в них совершенно не допускаются сучки. Необходимость применения граба для погонялок подтверждена многолетним опытом, выяснившим, что другие породы, хотя и близкие по своим техническим свойствам к грабу, значительно уступают ему при вибрационной нагрузке, которой подвержена погонялка во время работы. В области производства челноков первенство сохраняется за корнелем, так как челноки из этого дерева нередко служат в течение года, тогда как другие твердые породы работают от 2 до 4 месяцев. Ценные свойства корнеля повидимому обусловливаются его высоким сопротивлением при вибрационной нагрузке и медленной утомляемостью древесины.



Фиг. 3.

Однако ряд испытаний, произведенных в лабораториях Центрального аэрогидродинамического института, не обнаружил какого-либо механического признака, объясняющего это свойство корнеля (табл. 1). Испытания на расколимость, произведенные над корнелем, персиммоном и железным деревом, также не вносят ясности в вопрос, как это видно из табл. 2.

Табл. 2. — Расколимость.

Наименование породы древесины	Разрушающая нагрузка на 1 *см* ширины в *кг/см*²	
	в тангенц. направл.	в радиальн. направл.
Корнель	28,3	39,75
Железное дерево . .	23,5	23
Персиммон	33,3	24

Систематизированных технич. условий, к-рым должна удовлетворять древесина для производства различных видов изделий, в практике К.-ч. п. не имеется. В техническ. условиях на поставку катушечно-челночных изделий, разработанных текстильной промышленностью, оговаривается ряд допустимых пороков древесины, но нет указаний на механические ее качества и на срок службы изделий.

Заготовка березы и сосны в СССР производится в Нижегородском, Костромском и Вятском округах; остальные породы дерева заготовляются на Кавказе, а граб — по большей части на Украине. Корнель и персиммон закупаются непосредственно в Америке или через посредство Англии. Минимальные запасы сырья на предприятиях составляют примерно годовые размеры производства и хранятся на складах предприятий в виде досок и брусков. Развитие искусственной сушки уменьшает потребность в запасах, так как она в значительной степени ускоряет процесс высушивания дерева, освобождая оборотные средства предприятий, в которых сырье составляет от 40 до 60% себестоимости производства.

Хранение сырья в досках на складах предприятий осуществляется путем укладки в штабеля. Для хранения брусков устраивают

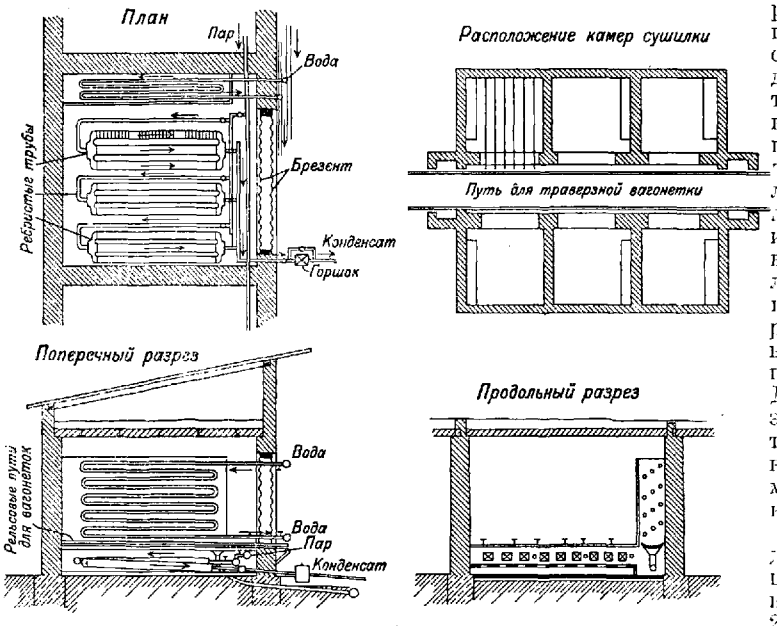
Табл. 1. — Испытание древесины для катушечно-челночного производства.

Порода и ботаническое наименование древесины	Коэф. крепости		Работа, поглощенная образц.*	Уд. в. при 15% влажности
	на изгиб	на сжатие		
	в *кг/см*²		в *кгм*	
Груша (Pirus communis)	1 238	598	—	0,73
Бук (Fagus sylvatica)	1 372	704	—	0,85
Хмелеграб (Ostrya carpinifolia) . . .	1 280	612	2,35	0,88
Железное дерево (Parrotia persica) . .	1 362	634	4,75	0,80
Грабинник (черный граб) (Carpinus orientalis)	1 019	583	6,76	0,89
Береза Шмидта (Betula nigra)	1 700	880	4,9	1,03
Лавровишня (Prunus laurocerasus) . .	716	332	6,32	0,82
Персиммон (Diospyros virginiana) . .	1 476	6 5	—	0,80
Корнель (Cornus florida)	1 240	530	3,08	0,76
Хурма (Diospyros lotus)	1 190	580	3,9	0,73

* При испытании на динамический поперечный изгиб. Размеры норм. образца 20×20×300 *мм*; расстояние между опорами 240 *мм*; радиус губок и ножа 15 *мм*.

специальные сараи с решетчатыми полами, приподнятыми над уровнем земли; стены сараев устраивают в виде обшивки с просветами (жалюзи); для освещения сарая и вентиляции служат фонари или гнезда в крыше.

Искусственная сушка сырья производилась ранее в примитивных огневых и паровых сушилках. В последние годы широкое распространение, особенно для твердых пород, получили т. н. камерные сушила с внутренней конденсацией. Характерной особенностью сушил этого типа является отсутствие принудительной приточной и вытяжной вентиляции. Влага, испаряющаяся из дерева, уносится нагретым воздухом и, при нисходящем его движении мимо конденсационных труб, охлаждаемых циркулирующей водой, оседает на них, а затем удаляется из сушила (фиг. 4). Срок искусственной сушки березовых и сосновых досок, подвергшихся ранее естественной просушке в течение одного года, составляет от 2 до 4 дней, при толщине досок от 25 до 50 *мм*. Для твердых пород дерева продолжительность искусственной сушки значительно больше, а именно—от 12 до 25 дней, в зависимости от породы и размеров заготовки. Вообще в К.-ч. п. могут быть применены сушила других типов, при непременном однако условии, чтобы во всех случаях руководство сушильным хозяйством предприятия поручалось опытным и технически сведущим лицам.



Фиг. 4.

В силу простоты приемов механич. обработки и несложности технологич. процессов, К.-ч. п. удобно организовать по принципу непрерывного потока.

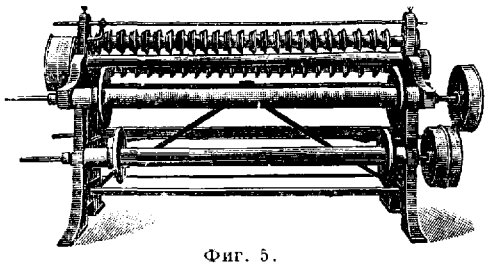
Значительную часть несложных станков и приспособлений катушечно-челночные предприятия обыкновенно строят у себя; что же касается более сложных машин, то как раньше, так и теперь еще они ввозятся из-за границы. В наибольшей степени изготовление оборудования для К.-ч. п. развилось в Англии. Основными английскими фирмами, производящими оборудование для К.-ч. п., являются фирмы W. A. Fell и Thomas White and Sons. В Германии фирмы Kirchner и Fleck изготовляют нек-рые катушечные машины; однако последние не получили широкого распространения. Из американ. фирм, изготовляющих станки для К.-ч. п., могут быть названы The Defiance, The Ober, Lewis, T. Klins, J. A. Fay and Egace. Однако станки этих фирм, ставшие известными в СССР только в последнее время, еще недостаточно испытаны.

Сырье в К.-ч. производстве используется весьма несовершенно: едва ли 5% объема кряжей, идущих в переработку, остается в готовых изделиях. Это обстоятельство, а равно гигроскопичность дерева, неоднородность строения дерева и происходящая отсюда сравнительная недолговечность при повторной ударной нагрузке (особенно при работе погонялок и челноков) побудили искать каких-либо других материалов вместо дерева для этих изделий. Первым шагом в этом направлении является применение бумаги, картона и фибры, а равно применение дерева, обработанного путем прессования (лигностон). Дальнейшим этапом на этом пути следует считать применение древесной массы, обрабатываемой под большим давлением (месонит).

Бумага, которая идет для производства катушечных изделий, должна иметь плотность от 80 до 240 *г/м²* и состоять из 60% целлюлозы и 40% древесной массы. Производство изделий из бумаги распадается на два основных вида, а именно: производство мягких шпуль и твердых (каленых), причем последние в свою очередь по способу обработки—на изготовляемые механическим (горячее прессование) либо химикотермическим (пропитка различными наполнителями и сушка) путем. Последний способ применяется в СССР, а первый за границей.

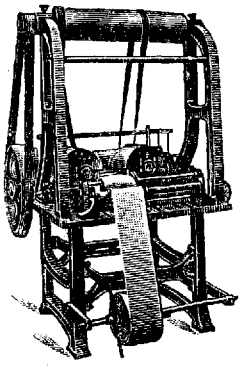
В технологическом процессе производства шпуль из бумаги имеются следующие этапы. а) Разрезка рулонов бумаги на узкие полосы, соответственно размерам изделий; эта операция производится на резальной машине с дисковыми ножами (фиг. 5). б) Шлифовка края бумаги на определенную ширину для получения прочной и гладкой склейки при сворачивании бумаги в трубки и конусы. Эта работа выполняется машиною, изображенною на фиг. 6. в) Придание бумаге требуемых размеров и формы и склейка частей изделия. Эти три операции выполняются обычно одной машиной, которая из рулона, полученного от предыдущей

обработки, нарезает отдельные куски, сворачивает их в трубку или же в виде усеченного конуса и заклеивает казеином. Машина, выполняющая эти операции и называемая намоточной, изображена на фиг. 7.



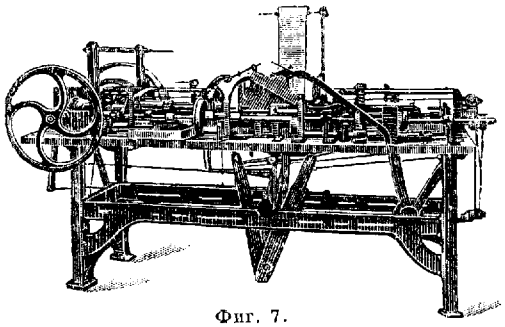
Фиг. 5.

г) Сушка изделий—производится в сушилах с усиленной принудительной циркуляцией воздуха, при $t°$ до 90°. Продолжительность сушки в зависимости от размеров изделий колеблется в пределах от 2 до 6 ч. В настоящее время производятся опыты сушки при низких $t°$ и быстрой циркуляции воздуха с целью ослабления внутренних напряжений в изделиях и уменьшения расклейки и коробления. д) Отделка изделий, заключающаяся в придании изделиям гладкой внешней поверхности и нанесении различных бороздок (рифы). Эта операция производится при помощи машин гладильных с утюгами и рифлевальных с рифлеными валиками.



Фиг. 6.

Твердые, или каленые, шпули вместо отделки на гладильных машинах подвергаются пропитке в горячей олифе с канифолью и затем просушке. Получаемые таким образом шпули довольно тверды и поэтому переносят более продолжительный срок службы. Твердые шпули также м. б. получены путем прокатки в металлич.



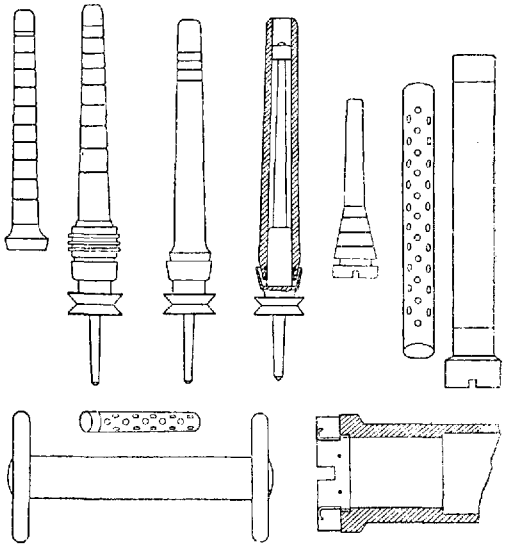
Фиг. 7.

нагретых патронах, благодаря к-рой бумага уплотняется. Этот способ обработки применяется гл. обр. при изготовлении массивных шпуль и катушек, имеющих толстые стенки. Различные виды бумажных шпуль и катушек изображены на фиг. 8.

Все большее и большее распространение получает дерево, обработанное путем прессования, т. н. лигностон; производство его в СССР еще не организовано, производятся лишь испытания некоторых лигностоновых изделий с целью определения срока их службы, а пока высокая стоимость препятствует распространению их у нас.

Необходимо также произвести ряд опытов по применению в К.-ч. п. месонита, имеющего значительную будущность, т. к. он позволяет перерабатывать различные древесные отходы и значительно повысить использование древесины (см. *Древесные опилки*).

Материалом, могущим сыграть значительную роль в реконструкции К.-ч.п., является фибра, получаемая из бумаги или целлюлозы путем обработки хлористым цинком. Опыты применения фибры для производства челноков и катушек по патенту Д. М. Галашина производятся в настоящее время, и



Фиг. 8.

есть основание предполагать, что вопрос о применении фибры разрешится в положительном смысле.

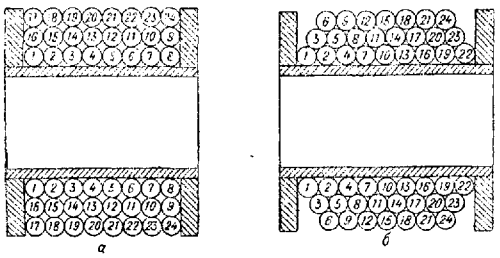
Организация К.-ч. п. в России относится к 80-м годам 19 в. Всех б. или м. крупных предприятий насчитывалось в дореволюционной России 7 с общим числом рабочих ок. 1 000 чел. После 1918 г. эти ф-ки были объединены в Катушечно-челночный трест и трест «Костромлес». В 1926 г. была пущена в Ленинграде вновь выстроенная фабрика по производству деревянных катушек для швейных ниток. В 1929 г., в связи с концентрацией производства, работающих предприятий осталось 6 с числом рабочих около 4 000 чел. Стоимость годовой продукции фабрик по продажным ценам 1928/29 г.— 10 млн. руб.

И. Воронцов.

КАТУШКИ САМОИНДУКЦИИ, устройства или приборы, имеющие при сравнительно небольших своих размерах и занимаемых пространствах большие величины коэфициентов самоиндукции (см. *Индуктивность*) и состоящие обычно из провода, намотанного для компактности в виде катушек различного вида и формы, откуда и происходит их название.

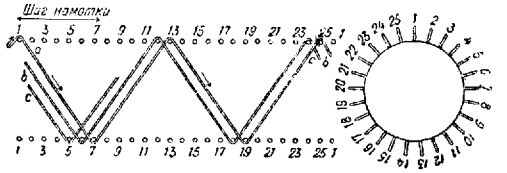
Классификация К. с. В радиотехнике К.с. находят применение: 1) в колебательных контурах—для настройки последних на определенные частоты, 2) в устройствах связи (см. *Катушки связи*) колебательных и вообще электрич. контуров и цепей, 3) в отдельных цепях—для защиты (дросселирования) этих цепей от воздействия на них токов определенных частот.

В зависимости от назначения К. с. изменяются характер их устройства и размеры, причем как то, так и другое в сильной степени зависит от силы циркулирующего в них тока. В связи с этим К. с., применяемые в радиотехнике, делятся на два следующих основных вида: 1) К. с., предназначенные для передатчиков, и 2) К. с. для приемников. К. с. передатчиков имеют обыкновенно большие геометрическ. размеры и наматываются из голого провода (полого или ленточного) больших сечений. В виду больших напряжений, развиваемых в К. с., применяется хорошая изоляция между витками, а также между намоткой и землей; обычно намотка имеет большой шаг и витки крепятся к каркасу при помощи фарфоровых изоляторов. В этой категории К. с. электрически первостепенную роль играет уменьшение до минимума активных потерь, для чего провод часто серебрят или (при коротких волнах) золотят. Основное отличительное свойство приемных К. с.—компактность, которая однако должна достигаться при возможно меньшем сопротивлении потерь, почему чрезвычайно важное значение приобретает вопрос о наивыгоднейшем диаметре провода для намотки К. с. различных форм. Намотка производится обычно из изолированного (шелком, хл.-бум. оплеткой или эмалью) провода и накладывается на изоляционные каркасы, изготовляемые из эбонита, картона, папье-маше и т. п. материалов с небольшой диэлектрической прочностью. В целях придания обмотке механич. прочности и жесткости допускается склеивание ее при помощи шеллака, коллодия и т. п. быстро застывающих и склеивающих изоляционных составов.



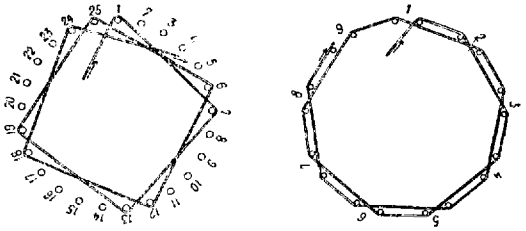
Фиг. 1.

Основными формами К. с., к-рые находят наибольшее распространение в радиотехнике, являются следующие. 1) Цилиндрические или соленоидальные К. с.: а) однослойные, наматываемые на цилиндры, изготовляемые из изоляционных материалов; б) многослойные с намоткой или слой за слоем (фиг. 1, а) или в перекидку; при намотке в перекидку (фиг. 1, б) катушка наматывается всеми своими слоями сразу от одного конца ее к другому. Разновидностями цилиндрич. К. с. являются катушки с сечением в виде многоугольника. 2) Плоские К. с.: а) галеты—многослойные, обычно цилиндрич. катушки, длина которых весьма мала по сравнению с толщиной намотки; б) спиральные, наматываемые из круглого провода или из ленты в один слой. 3) Сотовые К. с.—многослойн. катушки, намотка к-рых производится зигзагообразно (фиг. 2)



Фиг. 2.

между двумя рядами спиц (с нечетным числом их), расположенных радиально на одинаковых расстояниях друг от друга по поверхности цилиндрич. формы и удаляемых для снятия катушки с каркаса после окончания намотки. Шаг намотки сотовых катушек (фиг. 2) м. б. взят любым, при обязательном условии—чтобы частное от деления полного числа спиц без одной в одном ряду на шаг обмотки давало четное число. 4) Корзинчатые К. с.: а) цилиндрич. катушки наматываются между спицами, расположенными по окружности и как бы образующими цилиндр (фиг. 3), причем число спиц



Фиг. 3.

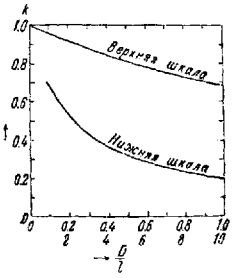
и самый порядок намотки м. б. самым разнообразным; на фиг. 3 для примера показаны два вида такой намотки; б) радиальные катушки, намотка которых кладется на спицы через одну или две, причем спицы расположены на поверхности цилиндрич. каркаса радиально в один ряд, или в радиальные вырезы, сделанные в специальном каркасе, отштампованном или вырезанном из картона или тонкого листового эбонита. 5) Тороидальные К. с.—с намоткой, заполняющей тороид (кольцо) с сечением в виде круга или квадрата. 6) Восьмерочные: а) однослойные, наматываемые на два цилиндра, расположенные рядом и имеющие оси параллельными; б) многослойные, состоящие из двух галет, расположенных для образования восьмерки рядом и имеющих намотку в противоположных направлениях. Тороидальные К. с. замечательны тем, что они не имеют внешнего магнитного поля; восьмерочные же К. с. имеют его сильно ослабленным.

Электрич. свойства К. с. характеризуются: 1) коэф-том самоиндукции L, 2) сопротивлением R при рабочей частоте тока или просто отношением $L:R$, которое является

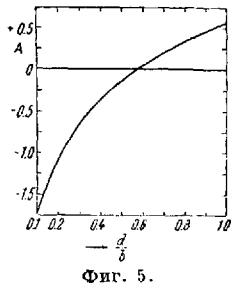
постоянной времени К. с. Иногда К. с. характеризуется также углом потерь δ, определяемым из ур-ия:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{R}{\omega \cdot L}.$$

В приемной радиотехнике оказывается весьма рациональным характеризовать К. с. отношением $\omega L : R = \pi : \delta$, к-рое является мерой чувствительности и *избирательности* (см.) того контура, в к-ром участвует данная К. с.

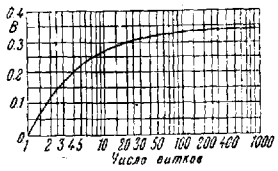


Фиг. 4.


Фиг. 5.

Коэф-т самоиндукции К. с., так же как и сопротивление, изменяется в зависимости от частоты циркулирующего в ней тока.

Формулы для расчета L К. с. Для токов очень низкой частоты (постоянных токов) L м. б. определен по приводимым ниже формулам, в к-рых приняты следующие общие обозначения (если иные не оговорены в тексте): L—коэфициент самоиндукции в *см*, N—полное число витков, n—число витков на *см*, D—полный диам. катушки, D' в многослойных и плоских К. с.—средний диаметр катушки, d—диаметр провода, l—длина катушки, m—толщина или глубина намотки катушки, b—шаг намотки (расстояние между осями проводов).



Фиг. 6.

Цилиндрическая однослойная К. с. из круглого провода:

$$L = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot N^2 \cdot k}{l} = \pi^2 \cdot D^2 \cdot n^2 \cdot l \cdot k \text{ (ф-ла Нагаока)},$$

где k—фактор, учитывающий форму катушки, зависит от отношения $D : l$; его значения можно определить из графика фиг. 4; $\pi \cdot D \cdot N = w$—полная длина провода катушки, следовательно

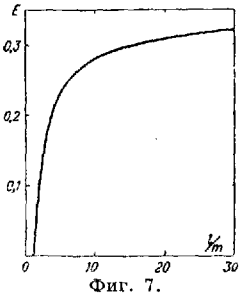
$$L = \frac{w^2}{l} \cdot k.$$

В случае, если между витками провода значительное расстояние (изоляция или обмотка имеет шаг), для точного подсчета L необходимо ввести поправочный член $\Delta L = 2\pi \cdot D \cdot N(A + B)$, где A и B—постоянные, зависящие: первая—от отношения $\frac{dN}{l}$, а вторая—от числа витков N. Значения A и B даны на графиках фиг. 5 и 6. Для окончательного определения коэф-та самоиндукции L_0 катушки, поправочный коэф-т ΔL нужно вычесть из значения, полученного по основной формуле Нагаока: $L_0 = L - \Delta L$; ΔL изменяет величину L относительно L_0 при учете изоляции для сплошной обмотки не больше, чем на 1—2%, так что в этом случае поправкой можно практически пренебречь. Для расчета цилиндрических К. с. общеупотребительна, особенно в электротехнике, ф-ла Эмде [1].

Многослойная К. с:

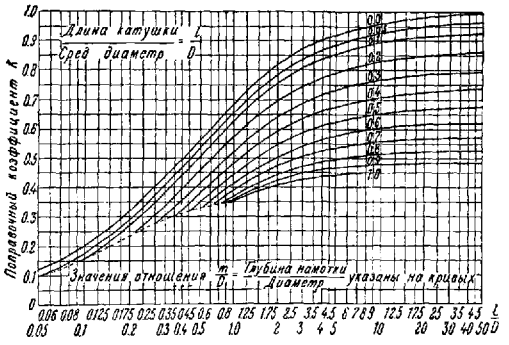
$$L_1 = L - \frac{2\pi \cdot N^2 \cdot D \cdot m}{l}(0{,}693 + E),$$

где E—постоянная, зависящая от отношения $l : m$ (значения ее определяются из графика фиг. 7), и L—коэф. самоиндукции, вычисленный по ф-ле Нагаока. Эта ф-ла для длинных катушек дает результаты с точностью до 0,1%; при $\frac{2m}{D} \geqslant 0{,}25$ и $\frac{2l}{D} \geqslant 5$ точность ее уменьшается. Поправка на изоляцию или шаг в обмотке определяется из следующего уравнения:


Фиг. 7.

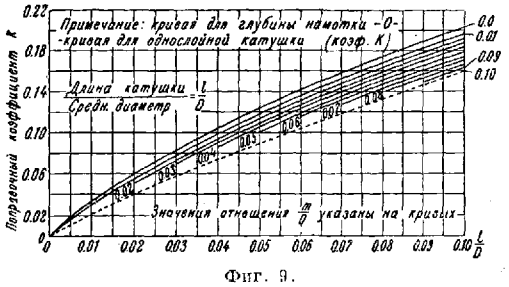
$$L_0 = L_1 + 2\pi \cdot D \cdot N\left(\ln\frac{l}{d \cdot N} + 0{,}155\right).$$

Для расчета многослойных К. с. может быть применена ф-ла Нагаока в ее простейшем виде. В этом случае фактор k зависит не только от отношения $l : D$, но и от отношения



Фиг. 8.

$m : D$, причем k с увеличением $m : D$ уменьшается, вследствие того что поле от внутренних витков катушки целиком не связывается непосредственно с внешними витками. Значения k для расчета многослойных К. с. приведены на графиках фиг. 8 и 9.



Фиг. 9.

Плоские К. с. L плоских К. с. галетного типа может рассчитываться по тем же ф-лам, что и многослойных К. с. При $l < m$

можно пользоваться также следующей ф-лой:

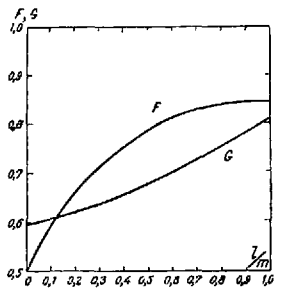
$$L = 2\pi \cdot D \cdot N^2 \left[\left(1 + \frac{l^2}{8D^2} + \frac{m^2}{24D^2}\right) \ln \frac{4D}{C} - F + \frac{m^2}{4D^2} \cdot G\right],$$

где $C = \sqrt{l^2 + m^2}$ (ф-ла Стефана), а F и G показаны на графиках фиг. 10. Спиральные К. с. из круглого провода рассчитываются по формуле:

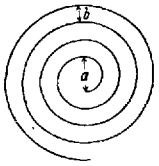
$$L = 2\pi \cdot D \cdot N^2 \left[\ln \frac{4D}{m} - \frac{1}{2} + \frac{m^2}{24D^2}\left(\ln \frac{4D}{m} + \frac{43}{12}\right)\right],$$

где $m = N \cdot b$, а $D = a + (n-1)b$; значения a и b см. на фиг. 11.

Спиральные К. с. из проводника прямоугольного сечения (ленты) м. б. рассчитаны по формуле Стефана для плоских галет (см. выше), где l—уже толщина ленты. Плоские,



Фиг. 10.



Фиг. 11.

а также и цилиндрические К. с., могут быть рассчитаны по упрощенной формуле, предложенной впервые проф. Шпильрейном [2]:

$$L = N^2 \cdot D \cdot k,$$

где k определяется по графику фиг. 12.

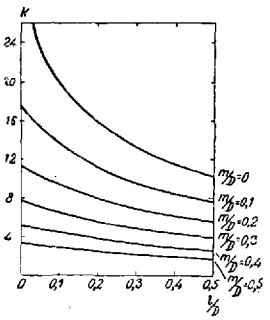
Сотовые и корзинчатые К. с. рассчитываются лишь с нек-рым приближением по ф-лам цилиндрических, многослойных и плоских К. с.

Тороидальные К. с. рассчитываются по формуле:

$$L = 2\pi \cdot N^2 \left(\Delta - \sqrt{\Delta^2 - D^2}\right),$$

где Δ—диам. тороида между центрами его сечений, а D—диам. намотки.

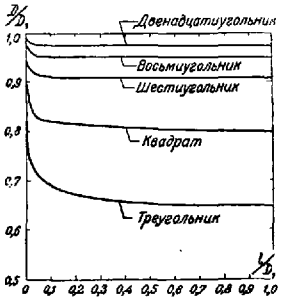
Восьмерочные К. с. рассчитываются как цилиндрические или многослойные, в зависимости от вида катушки, с учетом коэфициента взаимоиндукции между катушками, образующими восьмерку.



Фиг. 12.

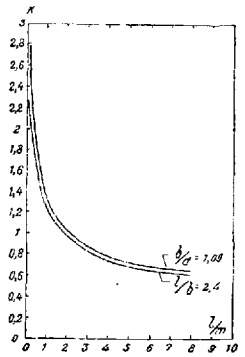
Расчет самоиндукции многоугольных К. с. может быть приведен к расчету эквивалентной цилиндрической К. с., если воспользоваться поправочными коэфициентами $\frac{D}{D_1}$ (Гровера), данными на фиг. 13. Для определения L нужно вычислить $l : D_1$ и из графиков найти соответствующую величину $D : D_1$, где D_1—диам. описанного круга. Отсюда определяется D, и дальше все расчеты сводятся к расчету цилиндрических К. с. Для ускорения и упрощения технич. расчетов К. с. разработан целый ряд таблиц и номограмм, при помощи которых все сложнейшие расчеты L К. с. могут быть произведены в несколько минут с точностью до 5—10% и большей, что для практических целей б. ч. достаточно.

Величины C, λ_0 и R для К. с. Сопротивление К. с. для постоянного тока и очень низких частот определяется активным сопротивлением (постоянному току) провода, из которого она намотана. При высоких частотах коэфициент самоиндукции и сопротивление К. с. изменяются, причем это изменение вызывается одновременно двумя причинами: собственной емкостью катушек и вихревыми токами.

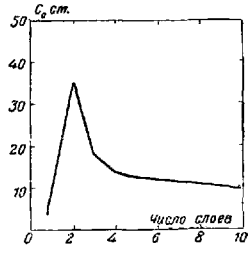


Фиг. 13.

1) Собственная, или распределенная, емкость К. с. для удобства расчетов м. б. представлена в виде нек-рого конденсатора, шунтирующего катушку и эквивалентного суммарному емкостному эффекту между отдельными витками. Величина собственной емкости C_0 К. с. обычно невелика. В случае однослойной К. с. она не зависит от числа витков и лишь в незначительной степени зависит от отношения длины к диаметру. При $l = 0{,}5\ D$ величина C_0 приблизительно равна $0{,}54r$ (r—радиус катушки). При $l = 2D$ она равна $0{,}57r$ (Гоу) или также приблизительно равна 7% периметра (Брейт). C_0 К. с. может быть также охарактеризована собственной длиной волны $\lambda_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C_0}$. Величина λ_0 К. с. (в *м*) определяется из уравнения $\lambda_0 = 2kl$ (Друде), где k—фактор, зависящий от отношения $l : b$ и $b : d$ (фиг. 14). C_0 однослойных К. с. обычно не превышает 10 *см* и равна нормально 3—5 *см*; C_0 цилиндрич. корзинок—порядка 2 *см*; C_0 многослойных К. с. значительно выше и достигает 30—40 *см*. Наибольшую C_0 имеет двуслойная К. с.; при увеличении числа слоев C_0 уменьшается. На фиг. 15 показаны кривые зависимости C_0 от числа слоев для катушки, у которой $D = 3{,}8$ *см*, $l = 8$ *см*, N (в слое) = 58 виткам. Емкость К. с. вызывает при увеличении частоты f увеличение действующих L и R. При рабочих длинах волн, близких к λ_0, действующий L определяется из уравнения:



Фиг. 14.



Фиг. 15.

$$L = \frac{L_0}{1 - \omega^2 \cdot L_0 \cdot C_0} \cong L_0 (1 + \omega^2 \cdot L_0 \cdot C_0);$$

действующее R определяется из уравнения

$$R_{\partial.} = \frac{R_0}{(1-\omega^2 \cdot L_0 \cdot C_0)^2} = \frac{R_0}{(1-\lambda_0^2/\lambda^2)^2} \cong$$

$$\cong R_0 (1 + 2\omega^2 \cdot L_0 \cdot C_0),$$

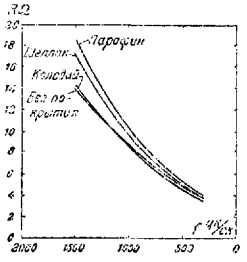
где L_0 и R_0—значения при постоянном токе. Таким образ. сопротивление увеличивается с частотой быстрее, чем L. На фиг. 16 показана зависимость $R : R_0$ от $\lambda : \lambda_0$. Неудовлетворительная изоляция намотки К. с., являющейся диэлектриком для емкости между витками, вызывает дополнительные, т. н. диэлектрические, потери К. с. Проводимость утечки изоляции G увеличивает сопротивление К. с. на величину $\Delta R_{\partial.} = \omega^2 \cdot L^2 \cdot G$; так как $G = \omega \cdot C_0 \cdot \operatorname{tg}\delta$, то



Фиг. 16.

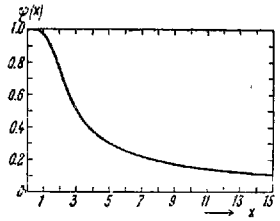
$$\Delta R_{\partial.}^2 = \omega^3 \cdot L^2 \cdot C_0 \cdot \operatorname{tg}\delta,$$

где $\operatorname{tg}\delta$—угол потерь, вызываемый емкостью К. с. Для наиболее распространенных видов изоляции проволок, применяемых для намотки К. с., $\operatorname{tg}\delta$ имеет следующие величины: эмаль—0,018, шеллак—0,04, хл.-бум. изоляция—0,36 (по Штреккеру). Склеивающие катушку составы вызывают обычно дополнительные диэлектрические потери. На фиг. 17 показаны кривые зависимости R от f для одинаковых К. с., но покрытых различными составами. Коэфициент самоиндукции—L при диэлектрической утечке остается в первом приближении неизменным.



Фиг. 17.

2) Вихревые токи (токи Фуко). Магнитное поле токов, протекающих в других витках К. с., приводит к аксиальной несимметричности тока в проводнике данного витка, что в свою очередь вызывает увеличение сопротивления R катушки, значительно бо́льшее возрастания сопротивления от скин-эффекта в прямом проводе. В то же время вихревые токи вызывают уменьшение L с увеличением частоты. Это уменьшение L_f с частотой может быть определено из уравнения, предложенного Зоммерфельдом:



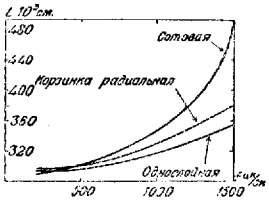
Фиг. 18.

$$L_f = L_0 \left(1 - \frac{1-\varphi(x)}{1 + \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{D}{S}}\right),$$

где $x = S\sqrt{2\pi \cdot \omega \cdot \sigma}$, S—сторона квадрата поперечного сечения провода, γ—фактор, учитывающий изоляцию и поправку на круглый провод; обычно $\gamma = 1{,}25$.

$$\varphi(x) = {}^3/_2\, x \frac{\operatorname{sh} 2x - \sin 2x}{\operatorname{ch} 2x - \cos 2x}.$$

Кривая зависимости $\varphi(x)$ от x показана на фиг. 18. Уменьшение L с частотой от вихревых токов обычно компенсируется увеличением L, вызываемым собственной емкостью К. с. На фиг. 19 показаны кривые зависимости L от f, измеренные для наиболее распространенных приемных К. с. Из этих кривых видно, что уменьшение L с частотой от вихревых токов значительно меньше по абсолютной величине, чем увеличение L от емкости, поэтому практически К. с. дают обычно увеличение L_f. Сопротивление К. с., вызываемое потерями в проводе, м. б. рассчитано по следующим ф-лам, предложенным Бёттеруортсом и хорошо оправдывающимся на практике. Для однослойных К. с.:



Фиг. 19.

$$R_f = R_0 \left(1 + F + u \cdot \frac{d^2}{b^2} \cdot G\right);$$

здесь $F = \frac{Z^4}{192}$ для низких частот и $F = \frac{\sqrt{2} \cdot Z + 1}{4}$ для высоких частот ($Z = \pi d \cdot \frac{\sqrt{2f}}{\varrho}$, где ϱ—удельное сопротивление, выраженное в абсолютн. единицах), $G = \frac{Z^4}{64}$ для низких частот и $G = \frac{\sqrt{2} \cdot Z - 1}{8}$ для высоких частот, u — зависит от размеров катушки. В табл. 1 даны значения $1 + F$ и G для меди ($\varrho = 1700$).

Табл. 1.—Значения $1+F$ и G для меди.

Z	$1+F$	G	Z	$1+F$	G	Z	$1+F$	G
0,1	1	$\frac{Z^4}{64}$	4	1,678	0,5842	15	5,562	2,525
0,5	1	0,00097	4,5	1,863	0,669	20	7,328	3,409
1	1,005	0,01519	5	2,043	0,755	30	10,86	5,177
1,5	1,026	0,0691	6	2,394	0,932	40	14,40	6,946
2	1,078	0,1724	7	2,743	1,109	50	17,93	8,713
2,5	1,175	0,2949	8	3,094	1,287	80	28,54	14,02
3	1,318	0,4049	9	3,446	1,464	100	35,61	17,55
3,5	1,492	0,4987	10	3,799	1,641	>100	$\frac{\sqrt{2} \cdot Z + 1}{4}$	$\frac{\sqrt{2} \cdot Z - 1}{8}$

На фиг. 20 даны значения u для цилиндрических К. с., а на фиг. 21—для плоских К. с. Для многослойных К. с.

$$R_f = R_0 \left[1 + F + \frac{1}{4}\left(\frac{K \cdot N \cdot d}{D}\right)^2 \cdot G\right].$$

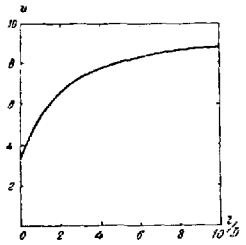
Для К. с. с большим числом слоев величины K даны в табл. 2.

Табл. 2.—Значения коэфициента K.

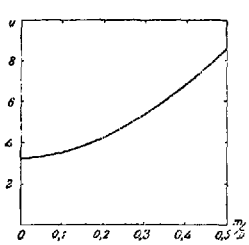
$m : D$ \ $l : D$	0,000	0,125	0,250	0,375	0,5
0,0	∞	41,7	21,2	14,4	11,0
0,1	52,4	23,3	15,4	11,6	9,5
0,2	27,4	16,2	12,4	9,9	8,2
0,3	19,6	13,7	10,7	8,8	7,5
0,4	16,0	12,0	9,5	8,0	6,9
0,5	13,8	10,4	8,4	7,0	6,0

На фиг. 22 и 23 показаны K для цилиндрич. и плоских К. с. в один и два слоя, а также при бесконечном числе слоев. На фиг. 24 показаны кривые R в зависимости от f для тех же приемных К. с., для к-рых на фиг. 19 дана была зависимость L от f.

Для уменьшения сопротивления К. с. применяют т. н. лицендратовый проводник, состоящий из многих изолированных друг от друга жил, скрученных т. о., что каждая жила лежит частью внутри кабеля, частью



Фиг. 20.



Фиг. 21.

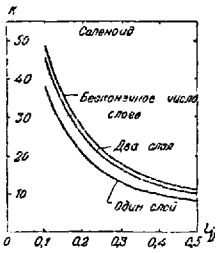
на его наружной поверхности. Лицендратовый проводник уменьшает влияние скин-эффекта с последующим уменьшением R_f. Сопротивление К. с., намотанных из лицендратового проводника, определяется ур-ием:

$$R_f = R_0\left[1 + F + \left(\frac{k}{a^2} + \frac{1}{4}\cdot\frac{K^2\cdot N^2}{D^2}\right)n_0^2\cdot d_0^2\cdot G\right],$$

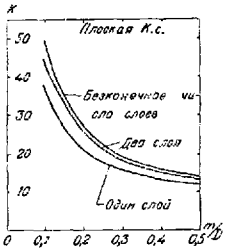
где d_0—диам. жилы лицендрата, а n_0—число жил в нем. Фактор k зависит от n_0; его значения следующие:

n_0	3	9	27	Большое
k	1,55	1,84	1,92	2

В табл. 3 показана величина $\omega L : R$ для катушек ($D = 8{,}3$ *см*, $l = 1{,}5$ *см*, $m = 3$ *см*), намотанных сплошным и лицендратовым



Фиг. 22.



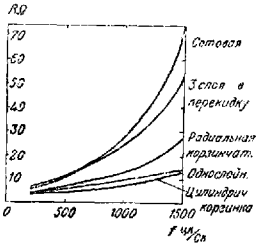
Фиг. 23.

проводниками: при очень высоких частотах лицендратовый проводник теряет свое значение вследствие возрастания диэлектрических потерь между жилами.

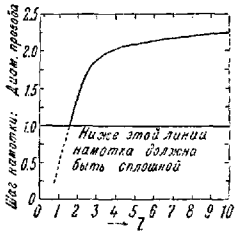
Табл. 3.—Значения величины $\omega L : R$.

При L (в см)	—	73	343	2 170
» λ (в м)	(при конденсаторе C=450 см)	362	786	1 970
$\frac{\omega L}{R}$	1) для сплошного проводника	133	116	108
	2) для лицендратового проводника	192	203	224

Наилучшие размеры К. с. К. с. действует тем лучше, чем меньше R_f при данном L_f, т. е. чем меньше $R : L$ или $R : \omega L$. Хорошо сконструированная К. с. для передатчика должна иметь $R : \omega L \leqslant 0{,}002$; у приемной К. с. $R : \omega L < 0{,}01 \div 0{,}005$; $R : L$ обратно пропорционально D. Самая форма К. с. при этом оказывает очень малое влияние на отношение $R : L$, даже при ее значительных изменениях. Оптимальная длина К. с. определяется шагом намотки. Наилучший шаг намотки в свою очередь определяется из соотношения: $\frac{b}{d} = f(Z)$, где $Z = \frac{870}{\sqrt{R_0\cdot\lambda}}$ (R_0—сопротивление постоянному току 1 *км* данного провода; λ—в *м*). Кривая зависимости $\frac{b}{d}$ от Z, построенная Бёттеруортсом, показана на фиг. 25. При отклонении на 20% шага намотки от значения, указываемого этой кривой, $R : L$ увеличивается приблизительно на 5%. Для средних частот $Z < 2$ и отношение $l : D$ д. б. $\geqslant 0{,}35$; для высоких частот $Z > 2$ и отношение $l : D \geqslant 0{,}3$. В случае многослойных К. с. оптимальное $l : m$ для низких частот д. б. порядка 1, для высоких частот—порядка 0,3—0,5. В тороидальных К. с. для получения минимального $R : L$ отношение внешних и внутренних радиусов тороида $r_2 : r_1 = 2{,}66$.

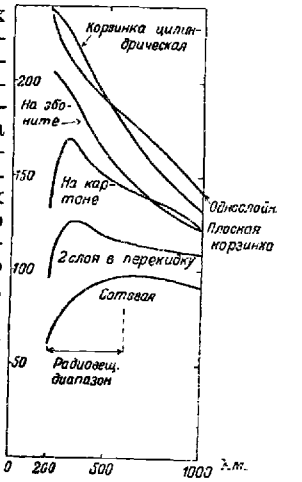


Фиг. 24.



Фиг. 25.

На фиг. 26 показано изменение величины $\omega L : R$ для наиболее распространенных видов приемных К. с. (фиг. 19 и 24). Кривые наглядно показывают, что для радиовещательного диапазона наилучшими К. с. являются однослойные. В случае длинных волн для получения минимальных $R : L$ однослойные К. с. пришлось бы строить с очень большим D. Поэтому, в целях компактности, в приемниках применяют многослойные К. с.; в диапазонах волн 1 000 ÷ 3 000 *м* применяются сотовые К. с., на волнах более высоких—галеты. В передатчиках на всех волнах рационально применять лишь однослойные К. с., что вполне осуществимо, т. к. L К. с. в передатчиках для данных волн невелика, в виду больших емкостей контурных конденсаторов.



Фиг. 26.

При конструировании приемных К. с. вопросом громадной важности является выбор наивыгоднейшего диаметра провода катушки для получения минимального $R : L$. Для однослойных и многослойных К. с. наивыгоднейший диам. провода d определяется из уравнения, устанавливающего

следующую функциональную зависимость:

$$P \cdot d = \varphi(f : P^2).$$

Значения $P \cdot d$ в зависимости от $f : P^2$ могут быть определены из табл. 4.

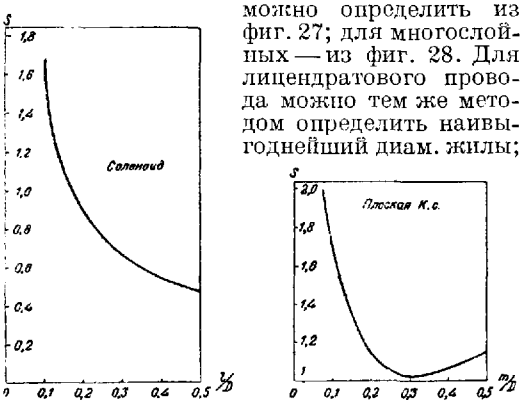
Табл. 4. — График для определения наилучшего диаметра провода К. с.

$f : P^2$	$P \cdot d$	$f : P^2$	$P \cdot d$
$1 \cdot 10^4$	0,920	$1 \cdot 10^6$	0,230
$2 \cdot 10^4$	0,730	$2 \cdot 10^6$	0,211
$4 \cdot 10^4$	0,585	$4 \cdot 10^6$	0,195
$6 \cdot 10^4$	0,512	$6 \cdot 10^6$	0,190
$8 \cdot 10^4$	0,468	$8 \cdot 10^6$	0,185
$10 \cdot 10^4$	0,435	$10 \cdot 10^6$	0,181
$20 \cdot 10^4$	0,354	$20 \cdot 10^6$	0,179
$40 \cdot 10^4$	0,290	$40 \cdot 10^6$	0,175
$60 \cdot 10^4$	0,262	$60 \cdot 10^6$	0,173
$100 \cdot 10^4$	0,230	$100 \cdot 10^6$	0,171

$d^2 = \frac{7\,600}{f \cdot P}$ при $f : P^2 < 10^4$ и $d = \frac{0{,}165}{P}$ при $f : P^2 \geqslant 10^8$. P определяется из уравнения:

$$P = \sqrt{\frac{L \cdot S^2}{1000 D^3}},$$

где S—фактор, зависящий от размеров катушки. Значения его для однослойных К. с. можно определить из фиг. 27; для многослойных — из фиг. 28. Для лицендратового провода можно тем же методом определить наивыгоднейший диам. жилы;



Фиг. 27.

при этом P определяется уже из другого ур-ия, имеющего вид:

$$P = \sqrt{Q + \frac{n_0^2 \cdot S^2 \cdot L}{1000 D^3}},$$

где Q—фактор, зависящий от n_0. Значения его следующие:

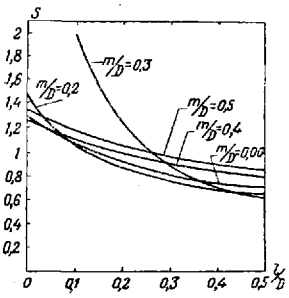
n_0	1	3	9	27	Больше
Q	0	0,9	3,3	10,4	$0{,}4 n_0$

Наименьшее сопротивление К. с., намотанной лицендратом, получается при

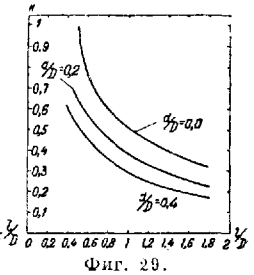
$$n_0 = 0{,}27\, \varrho \frac{\lambda \cdot D}{d_0^3 \cdot k \cdot N},$$

где ϱ—удельное сопротивление материала (в $\mu\Omega$-*см*) и k—фактор, зависящий от размеров катушки и провода (величина его определяется из графика фиг. 29).

В условиях практики приходится иногда решать следующие задачи при конструировании К. с.: 1) построить наилучшую катушку для данного веса меди; теория показывает, что наилучшей катушкой в этом случае является однослойная при $l : D = 1/3$, плоская при $m : D = 1/4$ и многослойная, у к-рой $5m + 3l = D$; 2) построить катушку для определенной общей поверхности; в этом случае $l : D = 0{,}375$; но в виду резкости изменения вблизи минимума $R : L$ можно



Фиг. 28.



Фиг. 29.

считать, что и в данном случае действуют те же условия оптимальности, что и в первом случае.

Лит.: [1]) Emde F., Zur Berechnung eisenfreier Drosselspulen für Starkstrom, «EuM», 1912, p. 221; [2]) Spielrein J., Die Induktivität eisenfreier Kreisingspulen, «Archiv für Elektrotechnik», Berlin, 1915, B. 3, H. 7. — Рейнер, Справочник по радиотехнике, пер. с англ., М., 1929; Беттеруортс С., Расчет катушек самоиндукции с низкими потерями, Ленинград, 1928; Виккер Д. А., «ТиТбП», 1922, *12*; Крылов Н. Н., там же, 1928, т. 9, *49*; Butterworth S., The Design of Inductance Coils having a Rectangular Winding Section, «Experimental Wireless», London, 1925, v. 2, *24*, p. 750; Grover F., «Bureau of Standards, Scientific Papers», Wsh., 1922, *455*; Barton Chapple H., The Self-Capacity of Inductance Coils, «Experimental Wireless», London, 1925, v. 2, *23*, p. 716; Sowerby A. L., Inductance Coils Quantitatively Compared, «Experimental Wireless», London, 1926, v. 3, *31*, p. 220; Butterworth S., Effective Resistance of Inductance Coils, ibid., v. 3, *31—35*, p. 203, 309, 417, 483; Butterworth S., Theory of Closely-wound Coils, «Proc. of the Royal Soc. of L.», L., 1925, ser. A, v. 107, p. 693; Howe G. W., The High-Frequency Resistance of Wires a. Coils, «Journ. of the Inst. of Electr. Engineers», L., 1920, v. 58, p. 152; Hund A. a. de Groot H. B., Radio Frequency Resistance a. Inductance of Coils used in Broadcast Reception, «Bureau of Standards, Technological Papers», Wsh., 1925, *298*; Nottage W. H., Calculation a. Measurement of Inductance a. Capacity, London, 1916; Whittemore L. E., Breit J., Inductance, Capacity and Resistance of Coils at Radio Frequency, «Physical Review», Minneapolis, 1919, v. 14, p. 170; Breit G., The Effective Capacity of Multilayer Coils with Square and Circular Section, «Philosoph. Magazine», London, 1922, v. 43, *257*, p. 963; Fortescue C. L., The Design of Inductances for High-Frequency Circuits, «Journal of the Inst. of Electr. Engineers», L., 1923, v. 61, p. 133; Brown W. a. Love J., Designs a. Efficiencies of Large Air Core Inductances, «Proc. of the Inst. of Radio Engineers», N. Y., 1925, v. 13, *6*, p. 755; Grover F., Formulas a. Tables for the Calculation of the Inductance of Coils of Polygonal Form, «Bureau of Standards, Scientific Papers», Washington, 1923, *468*; Grover F., A Comparison on the Formulas for the Calculation of the Inductance of Coils and Spirals wound with Wire of Large Cross Section, «Journal of Research», Wsh., 1929, v. 3, *1*; Esau A., Spulen mit nebeneinander liegenden Windungen (Flachspulen), «Jahrb. der drahtlosen Telegraphie», *Berlin, 1919, B. 14, p. 386*; Rücklin R., Ein experimenteller Beitrag zum Spulenproblem, «Archiv f. Elektrotechnik», Berlin, 1928, B. 20, H. 5—6, p. 507; Sommerfeld A., Über d. Wechselstromwiderstand d. Spulen, «Ann. d. Phys.», Lpz., 1907, B. 24, p. 609; Rogowski W., Die Spule bei Wechselstrom, «Archiv f. Elektrotechnik», Berlin, 1919, B. 7, H. 1, p. 17.

П. Куксенко.

КАТУШКИ СВЯЗИ, устройства, состоящие из двух (а иногда из трех) *катушек самоиндукции* (см.), связывающих электрически между собой два (а иногда и три) колебательных контура или вообще цепи, несущие токи высокой частоты. К. с. бывают двух видов: 1) с постоянной фиксированной связью между цепями, подобранной для

определенных условий взаимной работы цепей, и 2) с переменной связью, позволяющие регулировать связь между цепями путем перемещения одной из катушек относительно другой. К. с. в радиотехнике применяются как в передатчиках, так и в приемниках и в целом ряде других устройств. К. с. в передатчиках д. б. способны выдерживать большие токи и напряжения, развиваемые в передающих цепях. В приемнике К. с. делают более компактными, так как в них могут быть использованы обыкновенные приемные катушки. К. с. характеризуются: 1) коэфициентом связи, 2) величиной паразитной емкостной связи между катушками и 3) в случае переменной связи—степенью плавности регулировки связи.

Коэфициент связи катушек связи определяется уравнением:

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} \cdot 100\%,$$

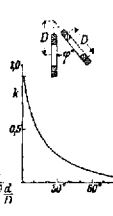
где L_1 и L_2—коэф-ты самоиндукции первичной и вторичной обмоток и M—коэф. *взаимной индукции* (см.). В случае связи колебательных контуров коэф. связи берется малым, порядка 2—3%. В случае связи колебательного контура с апериодическим, $k \cong 50 \div 80\%$ и больше. Обычно связываемой цепи задают нек-рые оптимальные условия связи, а следовательно, оптимальные коэфициенты связи. Так напр. в случае связи двух контуров оптимальные условия для тока определяются уравнением:

$$k = \sqrt{\frac{R_1}{\omega \cdot L_1} \cdot \frac{R_2}{\omega \cdot L_2}}.$$

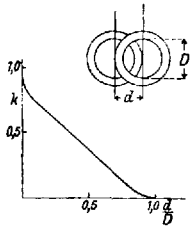
Емкостная связь между К. с. искажает форму результирующей кривой резонанса контуров, делая ее несимметричной, и нарушает условия количественного действия связи, предусмотренные расчетом. Для устранения емкостной связи между К. с., что нередко играет очень важную роль, помещают между ними металлическую заземленную сетку. Эти экраны, ослабляя незначительно магнитное поле между К. с., перехватывают почти полностью электрические силовые линии между ними. Плавность изменения связи в переменных К. с. зависит от характера перемещения подвижной К. с. Практически существуют следующие виды перемещения К. с.: 1) изменение аксиального расстояния между катушками; 2) угловое смещение или вращение одной из катушек; 3) радиальное смещение; 4) изменение связи путем помещения между катушками металлического экрана.



Фиг. 1.

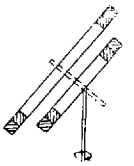


Фиг. 2.



Фиг. 3.

На фиг. 1—3 показаны кривые изменения коэф-та связи для первых трех видов перемещения К. с. В случае вращения одной катушки в полости другой, изменение k пропорционально $\cos^x a$, где a—угол вращения, а x—нек-рое постоянное число, зависящее от устройства катушек; обычно $x = 1 \div 1{,}3$. Изменение коэфициента связи для всех видов перемещения может быть определено, если известно изменение коэф-та взаимной индукции M между катушками, т. к. коэфициент k пропорционален M. Для 4-го случая изменение k зависит от конфигурации экрана и характера его перемещения; если он имеет вид круга, то изменение k в зависимости от перемещения очень близко к прямой линии. Если требуется особо плавное изменение коэфициента связи, то рукоятка, управляющая перемещением К. с., должна быть связана с соответствующим верньерным приспособлением, замедляющим движение катушки относительно шкалы ее движений. В практике радиоприема широко распространено устройство связи с осью, которая управляет движением подвижной К. с., прикрепленной к ней под углом 45°, и производит полное угловое перемещение катушки на 90° при повороте рукоятки на 180° (см. фиг. 4).



Фиг. 4.

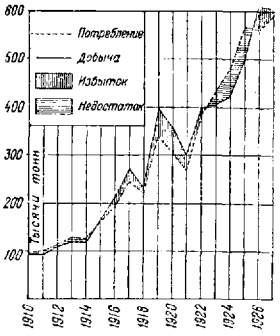
П. Куксенко.

Лит.: см. *Катушки самоиндукции* и *Связь*.

КАУСТИЧЕСКАЯ СОДА, см. *Едкий натр*.

КАУЧУК, растительный продукт, применяемый в качестве основного исходного материала при изготовлении резиновых изделий. В литературе и обиходе слова «каучук» и «резина» часто применяют для обозначения одного и того же вещества; однако, в последнее время слово «каучук» чаще применяется как название сырого материала в чистом виде, в то время как словом «резина» предпочитают обозначать приготовленную смесь К. с другими составными частями, подвергавшуюся определенной технической обработке.

История развития каучуковой промышленности. Несмотря на то, что человечество давно ознакомилось с К., практич. применение его и собственно резиновая промышленность начались всего около ста лет тому назад; до этого времени несмотря на ценные технич. качества К. не находил применения вследствие невозможности перевозки сока на далекие расстояния (т. к. млечный сок изменялся в пути).



Фиг. 1.

До середины 19 в. резиновая промышленность находилась в младенческом состоянии, и только изобретение *вулканизации* (см.) открыло применению каучука немыслимые до тех пор горизонты. Иллюстрацией к истории возникновения и развития резиновой промышленности может служить обзор мировой добычи и потребления каучука (табл. 1; см. также диаграмму на фиг. 1).

Табл. 1.—Мировая добыча К.

Годы	Добыча в *m*	Годы	Добыча в *m*
1827	3	1903	56 000
1840	370	1908	65 400
1856	1 000	1915	156 000
1870	3 600	1921	286 000
1880	10 000	1925	550 000
1890	13 000	1928	650 000
1900	53 890	1929	870 000

Потребление К. в резиновой промышленности разных стран показано в табл. 2.

Табл. 2.—Потребление К. по странам.

Страны	1928 г.	1929 г., ориентир.
США	405 000	490 000
Англия	50 000	70 000
Германия	45 000	52 000
Франция	35 000	65 000
Канада	30 000	33 000
Япония	21 000	25 000
СССР	11 000	14 000
Италия	15 000	15 000
Австралия	12 000	15 000
Бельгия	8 000	10 000
Центральная Европа	3 000	4 000
Скандинавия	3 000	3 000
Голландия	2 000	2 000
Испания, Португалия	2 000	3 000
Прочие страны	3 000	3 000
Итого . .	645 000	804 000

Душевое потребление К. дано в табл. 3.

Табл. 3.—Душевое потребление К.

Страны	Потребление в *кг*	Страны	Потребление в *кг*
США	2,7	Германия	0,16
Англия	0,67	Япония	0,15
Франция	0,45	СССР	0,14
Италия	0,23		

Рассматривая данные о добыче К. за последние годы, можно отметить целый ряд обстоятельств. Во-первых, произошел сдвиг в сторону плантационного К. Так напр. распределение добычи К. по происхождению дает нам следующую картину (табл. 4).

Табл. 4.—Добыча К. (по происхождению) в %.

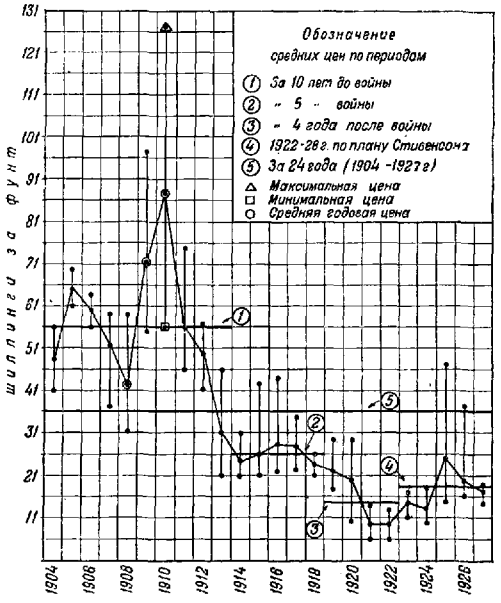
Годы	Азиатские плантации	Южная Америка	Центр. Америка	Африка
1910	11,4	48,0	19,0	21,6
1911	18,5	46,0	16,0	19,5
1912	29,0	43,7	10,7	16,6
1913	44,5	37,0	5,25	13,25
1914	60,5	32,5	0,75	6,25
1915	68,0	25,5	1,75	4,75
1916	75,3	18,5	1,07	4,90
1917	79,5	15,8	1,00	3,7
1918	82,5	13,0	1,25	3,25
1919	87,0	10,5	0,50	2,0
1920	89,0	8,5	0,50	2,0
1921	92,0	6,7	0,13	1,2
1922	93,5	5,8	0,10	0,6
1923	93,5	5,2	0,30	1,0
1924	92,5	5,8	0,30	1,4
1925	92,5	5,5	0,75	1,25
1928	94,0	Ок.5	—	—

Добыча плантационного К. дана в табл. 5.

Табл. 5.—Добыча К. на плантациях.

Годы	Миров.	В английск. владениях		В голландск. владениях	
	тыс. *m*	тыс. *m*	%	тыс. *m*	%
1923	338	214	56	131	34
1924	420	218	51,9	162	39
1925	516	240	46,5	191	37
1926	618	345	55,8	220	36
1927	614	297	48,3	229	37,5
1928	620	334	54	225	36

Следовательно, можно сказать, что в настоящее время почти весь К., потребляемый мировой резиновой промышленностью, добывается на азиатских плантациях и в Ю. Америке (Бразилия). Остальные сорта К. потеряли значение на мировом рынке. Второе обстоятельство, стоящее в связи с отношением добычи к потреблению К., — колебание цен на К. Диаграмма на фиг. 2 дает высшие, низшие и средние цены на К. за англ. фунт в шиллингах за 24 года с 1904 г.



Фиг. 2.

Соревнование Англии с Голландией было причиной введения т. н. плана Стивенсона, к-рый устанавливал искусственное ограничение добычи К. с целью остановить падение цен. Срок действия этого мероприятия истек 1 ноября 1928 г. Он не был возобновлен, т. к. для Англии оказалось нецелесообразным и невыгодным ограничивать продукцию своих плантаций, тем более, что влияние этой меры в смысле повышения цен на К. было невелико. Таким образом, в настоящее время на рынке имеются преимущественно плантационные сорта и очень небольшое число т. н. диких или лесных К.

Сорта дикого К. Самым лучшим К. считается т. н. пара́-каучук, добываемый на берегах р. Амазонки и ее притоков. Добыча его производится туземцами, которые собирают млечный сок, вытекающий из

деревьев Hevea brasiliensis при надрезании коры. Затем этот млечный сок поступает на дальнейшую переработку. Лопатку или просто палку погружают в чан с собранным млечным соком и затем держат ее смоченным местом в дыму костра, в который для усиления дымообразования бросают смолистые ветки и плоды. Когда на лопатке образуется слой К., ее снова погружают в млечный сок, прокапчивают следующий слой и повторяют это до тех пор, пока не образуется большой ком. Такое наслаивание ведется медленно, причем, когда становится неудобно погружать в чан каучуковый ком, его поливают снаружи млечным соком. Для пара-каучука характерно то, что в соответствии со способом получения, в каравае содержатся все составные нелетучие части млечного сока, что важно для последующего поведения самого каучука.

Как уже указывалось, другие сорта дикого К. (напр. абба-К., арумиви-К.) в настоящее время перестали представлять промышленный интерес; они получаются как в Южной, так и в Центр. Америке, в Африке и отчасти в Азии из различных деревьев самыми разнообразными способами, не поддающимися ни учету ни контролю, а потому все эти дикие сорта не в состоянии конкурировать по качеству с первоклассным пара-К. или плантационными К.

Плантационный К. [10,11]. Идея добычи К. на благоустроенных плантациях очень стара; она ведет свое начало еще с первой четверти 19 века, однако полное осуществление нашла только за последние годы. Из табл. 4 видно, какое место занимает плантационный К. в общей массе сырья резиновой промышленности. Это положение явилось результатом упорного труда по селекции и культуре всевозможных растений и комбинаций их и привело к современному состоянию добычи плантационного К. как вполне стандартизованной отрасли органич. технологии. В качестве источника добывания К. наиболее подходящим растением оказалась та же Hevea brasiliensis, что и для пара-К., однако благодаря культуре доведенная до высокой производительности. Так например, в то время как на Амазонке Hevea дает ок. 15 *г* К. в день, на плантациях одно дерево дает ок. 75 *г*. Отбор семян и правильная посадка деревьев, подготовка грунта, защита от вредителей, рациональная подсочка и вообще все мероприятия по целесообразному уходу, основанные на широко и глубоко поставленных научных работах, создали то выдающееся положение, которое в настоящее время занимает плантационный К. Площадь, занятая плантациями К. в Азии, показана в табл. 6.

Табл. 6. — Площадь, занятая плантациями К. в Азии.

Годы	Тыс. акров	Годы	Тыс. акров
1893	2	1920	4 058
1903	36	1922	4 2.0
1908	611	1923	4 296
1913	2 071	1927	6 163
1918	3 522		

По отдельным странам площадь распределяется следующим образом:

Английские владения	3 484	тыс. акров
Голландские »	2 499	» »
Остальные »	180	» »

На 1 акр приходится ок. 80—100 деревьев; они дают в общем ок. 400 *кг* К. в год, но плантаторы рассчитывают довести эту добычу до 800 *кг*. Подсочка производится тщательным образом с таким расчетом, чтобы дать зарасти поврежденным местам коры, прежде чем их надрезать снова. Принятая в настоящее время система такова, что ежегодно используется только одна четверть (вертикальная) ствола дерева, так что возвратиться к ее подсочке можно только через четыре года, когда нанесенные поранения совершенно исчезнут. Оказалось, что подсочка не только не вредит деревьям, если она совершается рационально, но даже побуждает их к выделению бо́льших количеств млечного сока; собранный млечный сок (латекс) предохраняют от свертывания прибавлением небольшого количества аммиака. Сок содержат в тщательной чистоте, сливают в общие чаны, и после фильтрования от самопроизвольно коагулировавших сгустков К. он поступает на дальнейшую переработку; последняя начинается после доведения концентрации млечного сока до надлежащей степени. Определение содержания К. производится проще всего на основании уд. веса млечного сока, хотя точнее было бы определять его путем высушивания и последующего анализа. Обычно концентрация К. в млечном соке ≅ 35%, но, в зависимости от времени года, возраста дерева и ряда других причин, колебания м. б. очень большими. Так как коагуляция, а вместе с тем и свойства коагулированного К. зависят от содержания последнего в млечном соке, то для правильной и однообразной работы необходимо при коагуляции иметь млечный сок одной и той же концентрации. Поэтому после определения концентрации к млечному соку добавляют столько воды, чтобы получить напр. 20%-ный сок; затем для коагуляции на каждые 100 ч. 20%-ного млечного сока прибавляют по 0,3 ч. уксусной к-ты. Коагуляция ведется различно, в зависимости от того, какой сорт плантационного К. желательно получить.

Различают два основных типа плантационного К. Первый—это т. н. к о п ч е н ы й ш и т, «смокед шит» (Smoked Sheet), б. или м. темного или светлокоричневого цвета, в виде пластин толщиной в 2,5—3 *мм*. Поверхность пластин имеет вафельный рисунок, иногда с обозначением фирмы плантации. Размеры пластин приблизительно 25 × 100 *см*; этот сорт отличается характерным запахом копчености, напоминающим запах пара-каучука. Другой тип—это так называемые к р е п ы, имеющие вид листов с шероховатой поверхностью, разнообразной толщины и цвета, от почти совершенно белого до темнокоричневого. Внешний вид крепов совершенно схож с видом обычных шкурок каучука, получающихся после промывания на вальцах. Толщина шкурок различна, начиная приблизительно от 0,5—1 *мм* до 1 *см* и больше. Способы получения каучука обоих типов несколько отличаются друг от друга.

Для получения копченого шита предоставляют коагуляции спокойно совершаться в плоском сосуде путем диффузии, без всякого перемешивания; к 20%-ному млечному соку прибавляют к-ту и оставляют стоять; через нек-рое время К. всплывает на поверхность в виде сплошн. белого листа. Часто для большей отбелки к млечному соку перед коагуляцией добавляют небольшие количества бисульфита натрия $NaHSO_3$. В зависимости от количества этой добавки находится и цвет конечного продукта. Скоагулированный каучук пропускают между отжимными валками, вращающимися с одинаковой скоростью, одновременно с чем происходит и ополаскивание от остатков сыворотки. Затем лист К. проводят между валками с вафельным рисунком, после чего он идет на просушку и копчение. Для этой цели листы помещают в нагретое помещение, через к-рое пропускают горячий дым. В результате получаются описанные выше пластины. Следует отметить, что каких-либо подразделений копченого шита не существует. Различие в интенсивности окраски, т. е. наличие более светлых или более темных пластин, по свидетельству авторитетных исследователей (Whitby, De Vries), не имеет значения в отношении качества К.; по качеству копченый шит представляет собою первосортный К. почти не уступающий пара-каучуку.

Крепы, в отличие от шита, коагулируются быстрее при перемешивании; они образуются в реакционном чане в виде бесформенных сгустков, поступающих далее в промывку на обычных промывных вальцах. Вальцы состоят из пары валков, вращающихся с различными скоростями, так что при промывании К. перетирается, крошится и образует характерную шкурку с «креповой» поверхностью. Креп просушивают без копчения. В силу этого, а также вследствие прибавления бисульфита, задерживающего окисление и осмоление примесей К., цвет крепов получается очень светлый. У самого лучшего сорта крепа, так называем. светлого крепа, цвет совершенно белый. Светлый креп имеется как в очень тонких листах, так и в довольно толстых (так назыв. Blanket Crepe); последний обычно имеет несколько желтоватый оттенок и называется поэтому янтарным, или золотым, крепом (Amber, Golden Crepe). При переработке отходов от светлого крепа получается так называемый средний креп, несколько более темный и неоднородный по окраске. Являясь смесью различных исходных продуктов, средний креп представляет собою не имеющий точных специфических признаков сорт пестрого вида, несколько более мягкий и недостаточно ровного качества. Наконец имеется и третий вид крепа—так называемый темный, получающийся из отходов производства среднего крепа. Сюда же входят и остатки каучука, собранные с коры деревьев, из остатков потеков млечного сока. По своему качеству темный креп является наиболее мягким и применяется в менее ответственных изделиях. Для характеристики вышеперечисленных главнейших сортов К. приведем некоторые цифровые данные.

Сорта каучука	Естеств. влажность сортов (в % по весу)	Нормальная потеря при промывке (в % по весу)
Пара́	2—3	10 —18
Копченый шит	0,75 1	1,1— 1,3
Светлый креп	0,50, 0,75	0,5— 1,0
Средний »	0,60 - 0,80	4 — 5
Темный »	1,0	5 — 6

Характеристика сортов на основании испытания вулканизатов, полученных путем смешения 100 ч. К. с 8 ч. серы и вулканизации до оптимума при 141° в виде колец, дает следующую картину. В приведенных ниже данных указаны: в первом столбце—нагрузка до разрыва в *кг/мм²*; во втором—продолжительность оптимальной вулканизации, принимая время вулканизации пара́ за 100; в третьем—т. н. «slope», или наклон кривой растяжений при изменении нагрузки от 600 до 1 040 *г/мм²*; в четвертом—вязкость однопроцентных бензольных растворов:

Пара́	1,45	100	37	33
Копч. шит.	1,3 4	9 ,3	36,7	31,6
Светл. креп	1,367	115,7	35,8	30,9
Средн. »	1,05—1,34	80 - 118	36,8—39,1	19 - 40
Темн. »	1,08—1,17	111—117	41—42.9	17—19,5

Нужно заметить однако, что до сих пор мы еще не имеем стандартизованных методов испытания и определения качеств сырого К. [6–9]; поэтому приведенные выше данные носят только ориентировочный характер. Колебания в нагрузке до разрыва наблюдаются в пределах от 10 до 20%; для оптимального времени вулканизации колебания бывают от 8 до 17% (см. *Спр. ТЭ*, т. III).

Особый интерес приобретает К., получаемый из латекса по методу Гопкинсона (Ан. П. 157975 и 157978, Ам. П. 1423525 и 1423526). Метод получения состоит в том, что млечный сок после фильтрования распыляется в камере с нагретым воздухом. При этом удаляется вода, и засохшие капли латекса осаждаются на полу камеры, откуда легко м. б. собраны. Обычно рыхлый слой осевшего К. спрессовывают и упаковывают. Производительность камер очень велика. Так, 1 человек за 8-час. рабочий день может добыть К. ок. 2 *т* с небольшим. Упругие свойства этого К. высоки, и можно считать, что он не только равен по качеству высшим плантационным сортам, но по ряду свойств превосходит их. Следует отметить, что его состав отличен от состава плантационных сортов: последние (крепы и шиты) получаются мокрым путем и не содержат в себе растворимых частей латекса, тогда как пара́ и гопкинсоновский К., полученные высушиванием, содержат их в себе полностью.

Состав	Пара́	Светл. креп	Копченый шит	Гопкинс. К.
Зола	0,50	0,30	0,31	1,10
Ацетонов. экстракт	3,30	3,20	3,10	1,25
Водная вытяжка	0,50	0,40	0,85	6,50
Сахары	0,81	0,30	0,30	1,40
Протеины	3,62	2,94	2,40	4,20

Кроме ю.-в. Азии, где площадь, занятая плантациями К., продолжает расти, плантации начинают развиваться и в др. странах. Так, США принимают меры к обеспечению

своей промышленности собственным сырьем. Для этой цели они арендовали огромные участки в Африке, в республике Либерии, где культивируют гевею (Hevea), повидимому с успехом. Все это предприятие обставлено очень серьезно, на основе солидных научных исследований. Независимо от этого, в Мексике производится культура особого растения Parthenium argentatum, имеющего вид кустарника и дающего сорт К., называемый *гваюлой* (см.). Т. к. это растение, в отличие от гевеи, переносит более суровый климат и не требует высокой влажности, оно имеет также шансы на успешное культивирование в более широком поясе [13–15].

Другое направление в поисках американцами источников собственного К. отражается в работах Т. Эдисона над культурой разнообразных каучуконосов на полуострове Флориде. В контакте с крупными промышленниками Эдисон ставит опыты по утилизации различных растений, дающих признаки содержания К. Так, из 15 000 деревьев и кустарников, подвергнутых испытанию, ок. 1 200 оказались представляющими промышленный интерес. В результате Эдисон полагает, что перспективы на получение собственного К. в условиях климата С. Америки благоприятны. Нужно иметь в виду, что все содержащие млечный сок растения содержат вместе с тем и К.; вопрос только в том, сколько его и выгодно ли каким-либо образом добывать его. Например у нас в Туркменистане и на Кавказе встречается кустарник Chondrilla ambigua (саккис), на к-ром образуются наплывы, содержащие К.[16]. Как современную актуальную проблему, можно отметить стремление найти источники К. в более умеренных широтах; однако продукт, получавшийся до сих пор, по своему качеству значительно ниже К. из гевеи.

Л а т е к с. Как уже было сказано, современный К. добывается из млечного сока гевеи. Млечный сок, или л а т е к с,—жидкость, очень похожая на густое молоко; уд. вес латекса 0,979—0,988, в зависимости от содержания К.[17]; но эта зависимость является простой лишь для латексов, богатых К.[18]. При вытекании из дерева сок нейтрален или слабо щелочной ($P_н \cong 7{,}8$), вскоре однако он становится кислым ($P_н = 6{,}4$). Самостоятельная коагуляция наступает при $P_н = 4{,}8 \div 5{,}6$. Для коагуляции уксусной к-той достаточна кислотность $P_н = 4{,}3 \div 4{,}8$. Появление кислотного характера при стоянии повидимому зависит от окисления примесей под влиянием бактериальных процессов. По всей вероятности латекс представляет собою систему, очень чувствительную к воздействию атмосферы. Для предотвращения кислотности и для предохранения от преждевременного свертывания к млечному соку прибавляют аммиак (ок. 12,2 *см*³ 28%-ного NH_4OH на 1 *л* латекса). Химич. состав латекса непостоянен (см. *Спр. ТЭ*, т. III); в среднем он принимает следующие значения:

	%		%
Каучука	30–40	Сахаров . . .	0,4
Белков и протеинов	2	Смол	до 2
Золы*	0,5	Воды	60–70

* Минеральные соли, содержащие главным образом K_2O, MgO, CaO и P_2O_5.

Сахары латекса представляют собою либо производные инозита либо пентозаны. Последние указывают до известной степени на происхождение углеводорода в растении (см. ниже). Большие количества перерабатываемого латекса выдвигают вопрос об утилизации остающейся после его коагуляции сыворотки, могущей дать различные полезные вещества (например инозит может быть переработан на фитин).

Физиологич. значение К. и млечного сока для растения не выяснено еще до сих пор.

С ф и з и к о-х и м и ч е с к о й с т о р о н ы млечный сок представляет собою эмульсию капелек К., взвешенных в водном растворе приведенного выше состава. Величина капелек различна: она колеблется в пределах от 0,5 до 6 μ, причем в зависимости от величины находится и форма капель. Так, мелкие капли обычно шарообразны; по мере увеличения размеров они принимают удлиненную форму, становятся грушевидными и наконец приобретают даже хвостовидные отростки. Число капель доходит до 200 млн. в 1 *мм*³. Все они несут на себе отрицательные заряды, что и обусловливает поведение латекса по отношению к электролитам, т. е. его особую чувствительность к водородным ионам. Капельки К. имеют сложное строение. По Гаузеру [7], они состоят из внутренней, жидкой части, растворимой в обычных растворителях каучука, и из твердой нерастворимой оболочки, представляющей собою более высоко полимеризованный углеводород. Согласно работам П. П. фон Веймарна [19], капли каучука состоят из внутреннего содержимого—каучука—и оболочки, представляющей собою пластичную массу, образованную К. и белком. Вещества, диспергирующие белок, вызывают коагуляцию капелек.

Собственно теория коагуляций латекса еще не вполне разработана. Согласно господствующим взглядам, процесс коагуляции состоит из двух последовательных фаз [12]. Первая представляет собою ф л о к у л я ц и ю, которая протекает по обычной схеме укрупнения коллоидных частиц. Вторая является специфической для К. к о а л е с ц е н ц и е й и заключается в цементировании между собой хлопьев, образовавшихся в первой фазе, в одну общую массу. При обычной коагуляции нельзя уловить промежутки времени между обеими фазами коагуляции, и только при соблюдении особых условий можно их различить. Так например разбавленный (1 : 9) латекс, нагретый до 70°, сам по себе не коагулирует, но при прибавлении к-ты дает рыхлый осадок, не собирающийся в общую массу; такое состояние может продолжаться довольно долгое время. Если к этому осадку, взвешенному в сыворотке, прибавить толуола, хлороформа, спирта, тимола или самое незначительное количество свежего латекса, то происходит быстрое слипание хлопьев в общую массу. Замечено, что коагуляция латекса наступает в изоэлектрической точке его протеинов. Поэтому было высказано предположение, что протеины млечного сока определяют собою обе стадии коагуляции; однако опыты показали, что латекс, лишенный белков, ведет

себя при коагуляции совершенно одинаково с нормальным.

Свойства получаемого К. в сильной степени зависят от условий и вида коагуляции и последующей истории его [20]. Точно так же не решен вопрос о том, происходит ли какое-либо изменение в самих каплях при коагуляции, т. е., если они состоят из каучукового вещества, то не претерпевает ли оно при этом дальнейшей полимеризации. Дефрис (De Vries) показал, что уд. в. капель равен 0,915, т. е. равен уд. в. самого К.,— следовательно здесь трудно предполагать какие-либо химич. изменения. Во всяком случае коагуляция—процесс необратимый, и выделенный К. неспособен вновь распускаться с водой в млечный сок. Для того чтобы получить вновь коллоидно-дисперсную систему из каучука и воды (так как водные эмульсии его представляют технич. интерес), необходимо подвергать смесь К. с защитными коллоидами продолжительной мастикации с водой. Другой, кружный путь состоит в растворении К. в каком-либо легко летучем растворителе, смешении полученного раствора с водой и постепенном удалении растворителя отгонкой. Однако эти искусственные эмульсии дают каучук, который в механическом отношении значительно уступает полученному непосредственно из латекса.

Помимо добычи каучука, млечный сок начинает применяться и для других технических целей. С плантаций начинают вывозить непосредственно латекс, идущий на переработку, в различные страны. Так, вывоз латекса с Малайского полуострова был следующий:

Годы	Латекс в галлонах	Соотв. количество К. в *т**
1922	370 362	503
1923	1 583 857	2 376
1924	1 418 764	2 128
1925	2 100 000	3 150
1926	2 500 000	3 750

* Принимая концентрацию сока в 33.3% К.

Промышленное применение латекса поставило на очередь важную задачу—концентрацию его до высшего предела, для сокращения количества воды, перевозимой к месту потребления. Такое концентрирование латекса должно стремиться к тому, чтобы полученный продукт снова был способен давать с водой млечный сок любой концентрации. Произведенные в этом направлении попытки увенчались успехом. При помощи центрифугирования удалось повысить содержание К. в млечном соке до 60%. Фильтрование через очень тонкие фильтры дало 80 %-ный латекс. Конечно во всех случаях к исходному млечному соку для избежания свертывания при концентрировании приходится добавлять защитные коллоиды в виде мыл, декстрина, белков, отваров разных растительных продуктов (напр. исландского мха) и т. п. Простое отстаивание дает уже латекс с 60%-ным содержанием каучука. Другие способы концентрирования латекса заключаются в выпаривании части воды продуванием воздуха. Особенно удачным повидимому оказался способ получения т. н. revertex'a [17]. Он заключается в том, что млечный сок после прибавления необходимых защитных коллоидов помещают во вращающийся горизонтальный цилиндр; внутри этого цилиндра лежит другой, такой же длины, но меньшего диаметра (раза в 4—5), свободно катающийся в первом. При вращении наружного цилиндра создается таким образом все время новая и довольно значительная поверхность испарения; через внешний цилиндр одновременно продувается горячий воздух. Благодаря этому вода довольно быстро испаряется, а сам латекс непрерывно перемешивается, что мешает образованию местных сгустков. Таким образом удается сконцентрировать млечный сок до содержания каучука 75—80%, причем он принимает вид густых сливок и может быть разбавлен водой до требуемой концентрации.

Потребителями млечного сока становятся и резиновые ф-ки, применяющие его для пропитки тканей, так как млечный сок дает очень прочное связывание ткани с К., что очень важно при изготовлении пневматич. шин. Помимо этого назначения, млечный сок служит основой совершенно новых методов производства резиновых изделий, минуя обычные способы смешения, вальцевания и каландрирования. Принцип новых методов заключается в электроосаждении каучука. В виду того что млечный сок представляет собою отрицательно-заряженную эмульсию, *катафорез* (см.) заставляет К. при прохождении электрическ. тока осаждаться на положительном полюсе. Однако технически это осаждение вначале не удавалось провести так, чтобы получить ровную и непористую пластину каучука. Изучая вопрос ближе, удалось установить, что здесь не только необходима определенная плотность тока на аноде, но и сам анод должен давать возможность уходить образующимся при электролизе газам, чтобы они не оставались в каучуковом слое и не давали пузырьков. Полученные таким образом пластины оказались значительно более прочными, чем обычные каландрированные, и могли быть подвергнуты холодной вулканизации. Таким же образом можно получать не только пластины, но и непосредственно формовые изделия, осаждая каучуковый слой на соответствующей форме, служащей анодом. Для того чтобы получить изделия или пластины, которые могли бы впоследствии быть вулканизованными горячим способом, нужно, чтобы они содержали в себе все необходимые примеси, включая серу. Поэтому следует вводить все эти примеси в млечный сок с таким расчетом, чтобы они осаждались катафоретически вместе с К., образуя слой, однородный по составу во всей своей толще. Это и составляет известную технич. трудность. Так например прибавление сухих порошков, отнимающих воду, может вызвать местное повышение концентрации К. в млечном соке и повести к коагуляции; для предотвращения этого необходимо прибавлять порошки, предварительно смоченные водой. Опыт показывает, что достаточно прибавки след. количеств воды (в $см^3$ из расчета на 1 *кг* порошка):

Глета	150	Окиси цинка	600
Барита	200	Талька	700
Литопона	300	Сажи	750
Мела	350	Сурьмы сернистой	950
Каолина	500		

Серу нужно смачивать небольшими количествами водного аммиака. Для предотвращения коагуляции полезно прибавлять также 0,5 % казеина или 2 % едкого кали по весу млечного сока. Кроме того жидкость, подвергающаяся действию электрического тока, должна быть постоянно перемешиваема, чтобы более тяжелые частицы не оседали на дно. Работа должна вестись при низких напряжениях—ниже потенциала разложения электролитов, выделяющих кислород. Этого можно достигнуть, в особенности избегая разложения воды или вообще выделения OH'-иона. Для этой цели прибавляют электролиты, разлагающиеся легче, т. е. требующие более низкого потенциала, напр. сульфиды, тиосульфаты и т. п. Последние особенно удобны, потому что отлагают на аноде серу. Низкое напряжение дает малую производительность процесса, но зато позволяет осаждать К. прямо на металле, без диафрагмы.

Для характеристики электроосажденного К. по сравнению с обыкновенным, полученным вальцеванием, можно привести механич. свойства обоих при одном и том же составе смеси и одинаковой степени вулканизации: сопротивление на разрыв электроосажденного К.—3,2÷3,5 *кг/мм*², обычного—1,5 *кг/мм*²; испытание на старение электроосажденный К. выдерживает хорошо. Дальнейшее расширение практического применения описанного принципа зависит от стоимости расходуемой электроэнергии и других экономических факторов, учет которых должен определить будущность процесса. В настоящее же время (1929 г.) электроосаждение каучука находится еще в начальной стадии развития.

Химический состав К. Полученные на плантациях каучуки настолько чисты, что не требуют дополнительной очистки. Дикие сорта подвергаются дополнительно промывке и просушке, после чего они принимают вид т. н. технически чистого К. Этот продукт состоит не из одного только К., но содержит примеси, являющиеся естественными его спутниками. Состав технически чистого К. в среднем может быть принят следующим:

	%		%
Воды	до 1	Белков	ок. 3
Золы	» 1	Каучука	» 92
Смол	ок. 3		

Анализ сырого К. производят след. образом. Влажность определяют нагреванием навески ок. 2 *г* до 105—110° в сушильном шкафу в течение нескольких часов (обычно ок. 3) до постоянного веса. При более длительном нагревании вес пробы начинает увеличиваться вследствие происходящего окисления; поэтому вес, отвечающий полной потере воды, нужно для большей точности экстраполировать по кривой дальнейшего изменения веса во времени. Нельзя рекомендовать применения различн. инертных газов для избежания окисления, так как они в свою очередь также поглощаются каучуком в разной степени. Строго говоря, при нагревании удаляется не только вода, но и нек-рые другие летучие вещества, могущие содержаться в К.; однако содержание их обыкновенно так мало, что его можно не принимать в расчет. Определение золы производится постепенным сжиганием отдельных порций навески в виде небольших кусочков (в 2—3 *г*). Не следует давать загораться выделяющимся газообразным продуктам, чтобы не затруднять анализа сжиганием образовавшейся сажи. Смолы определяют экстрагированием навески (ок. 4—5 *г*) горячим ацетоном в экстракторе Радермахера; продолжительность экстрагирования—8÷10 час. После отгонки растворителя остаток просушивают при 100° с последующим продуванием воздуха и взвешивают. Полезно определять кислотное число смол обычным титрованием спиртовой щелочью, как для жирных масел.

Смолы К. представляют собою сложную смесь различных органич. соединений [21]. Смола К. из геви состоит из нерастворимой в холодном ацетоне части (d-валин, ситостерин и эфир $C_{17}H_{33}O_2C_{27}H_{45}$) и растворимой. Последняя содержит жирные к-ты—стеариновую, олеиновую и линоленовую—и азотистые органические вещества [22].

Содержание белков устанавливают определением азота в навеске ок. 1—2 *г* и помножением полученного % на 6,25. Содержание чистого К. получается арифметически вычитанием суммы перечисленных примесей (в %) из 100. Предложенные методы, основанные на переводе К. в тетрабромид или нитрозиты (см. ниже), не дают надежных результатов. Нельзя считать надежным и определение К. по иодному числу, т. к. опыт приходится вести в определенных, не всегда уловимых и воспроизводимых условиях [23]. Полезнее определять содержание К. в испытуемом препарате, хотя и с ошибкой в 2—3%, следующим образом: навеску около 1 *г* растворяют в 100 *см*³ бензола при постоянном встряхивании; полученный раствор осаждают прибавлением 200—250 *см*³ спирта и образовавшийся сгусток хорошо промывают спиртом; после высушивания сгусток взвешивают, что дает приближенное содержание чистого К.

Физические свойства К. (сырого, невулканизованного). С внешней стороны К. представляет собою просвечивающую, почти прозрачную массу аморфного характера, мягкую наощупь и окрашенную в цвета—от слабожелтоватого до темнокоричневого, почти черного. Уд. в. колеблется в пределах от 0,915 до 0,930. Как аморфное или коллоидное вещество, К. не имеет определенной $t°_{пл.}$; при $t°$ ок. 150—180° он начинает размягчаться и по мере продолжения нагревания плавится в смолоподобную массу, уже не возвращающуюся при охлаждении к своему первоначальному состоянию. Коэф. объемного расширения при $t°$ от 0 до 30° равен 0,000670; средняя теплоемкость при $t°$ от 0 до 100° равна 0,33; теплопроводность равна 0,0004 cal *см/см*² ск. °C; показатель преломления при 15° равен 1,525; диэлектрическая постоянная равна 2,12—2.34; диэлектрич. крепость равна 180—250 kV/*мм*.

Эластичность в сильной мере зависит от температуры и сорта каучука. Эластичность невулканизованного каучука характеризуется следующими цифрами (приведены средние величины):

Растягивающее усилие в $г/мм^2$	Удлинение в %	Растягивающее усилие в $г/мм^2$	Удлинение в %
15,6	20	93,6	335
31,2	55	124,8	385
62,4	125	166 (разрыв)	405 (разрыв)

Под влиянием лучей света К. становится смолистым и постепенно теряет эластичность; наиболее активными в этом отношении являются ультрафиолетовые лучи с длиной волны ок. 3 000 Å. Как показали опыты Асано, это изменение происходит в К. даже в атмосфере инертных газов. Поэтому основной причиной подобного с т а р е н и я каучука нельзя считать окисление; окисление же вызывает дополнительные изменения, если в окружающей среде присутствует кислород.

Отношение К. к растворителям имеет большое значение в технике. Несмотря на необратимость коагуляции, К. все же поглощает довольно значительное количество воды. В известных условиях $t°$ он способен поглотить ее до 25%, сильно при этом набухая. Такое отношение к воде дает нек-рым исследователям повод считать К. обратимым коллоидом. Действительно, ввальцовывая защитные коллоиды и мастицируя К. с водой, можно получить водную дисперсию К.; однако это требует большой механич. работы. Техника пользуется пока преимущественно растворами К. в органич. растворителях. Растворителями К. могут служить довольно многие жидкости; трудно говорить о сравнительной растворимости К. в тех или других веществах, так как понятие о насыщенных растворах к коллоидам не применимо. Тем не менее на основании косвенных данных можно судить о степени растворимости К. Так напр. холодная вулканизация К. протекает легче в тех растворителях, к-рые растворяют его лучше [24]. С другой стороны, при набухании К. в смесях жидкостей происходит вытеснение одной из них другою, по к-рому можно составить себе некоторое представление о большей или меньшей растворимости в них К. На основании практич. опытов можно считать, что лучшим растворителем К. является сероуглерод, затем идут последовательно—четыреххлористый углерод, хлороформ, бензол, бензин и эфир (см. *Спр. ТЭ*, т. III). Скипидар хотя и растворяет К., но практически применяется редко, так как при последующем испарении трудно удалить последние его следы, что способствует скорейшему окислению К. Можно отметить, что как правило К. заметно растворяется в нормальных, неассоциированных жидкостях, в то время как ассоциированные способны осаждать его из растворов.

Техника пользуется растворами К. как клеем для склеивания резиновых или других частей. Чрезвычайно важно поэтому иметь какой-либо объективный метод для определения клеящей способности растворов К. и сопоставить ее с какими-либо другими свойствами их, допускающими быстрое определение. До сих пор таких критериев еще нет. Практически принимается (правда, без достаточного основания), что клеящая способность идет параллельно вязкости; поэтому измерение *вязкости* (см.) растворов составляет значительную область работ по каучуку. До сих пор еще не получено однообразных результатов, потому что растворы каучука, как сугубо коллоидные системы, обладают крайне непостоянными свойствами, зависящими от самых разнообразных условий. Поэтому и определение качества К. по признаку вязкости его растворов не удержалось на практике, т. к. нет еще достаточно надежных данных, к-рые позволяли бы, зная вязкость раствора какого-либо К., предсказать его технич. качества. Другой метод определения состояния сырого К. (по неопубликованным еще данным) основан на набухании его в смесях спирта, наполовину смешанного с изоамиловым эфиром. Количество такой смеси, поглощенное за 24 часа при обыкновенной температуре, может служить до известной степени показателем степени размягчения каучука и на практике в заводском контроле дает полезные указания.

Кроме жидкостей, К. обнаруживает способность поглощать также и различные газы, причем на первом месте стоят водяные пары, сероводород и аммиак, а также пары многих органич. соединений. В некоторой связи с этим стоит и диффузия газов через К. По опытам Грема, скорость диффузии различных газов через слой К. при одинаковых условиях выражается следующими относительными числами:

Азот	1	Кислород	2,556
Окись углерода .	1,113	Водород	5,300
Воздух	1,149	Углекисл. газ .	13,585
Метан	2,148		

Дьюар показал, что пары воды при 15° диффундируют через каучук в 163 раза, а спирта—в 145 раз быстрее, чем воздух (считая по объему продиффундировавшего газа).

Как видно из предыдущего, физические свойства К. характеризуют его больше как технический материал, чем как химическое вещество. И на самом деле, при изучении химических свойств К. мы больше всего убеждаемся в том, что он не является химическим индивидуумом.

А н а л и з и с и н т е з К. Для исследования химич. природы К. его следует получить в чистом виде. Обычный метод очистки К. заключается в тщательной промывке его водой, последующем экстрагировании ацетоном и растворении освобожденного от смол материала в бензоле. Раствор фильтруют и затем осаждают спиртом или ацетоном. В последнее время очищенный К. для научных целей получают непосредственно из латекса [2] после разложения белков щелочами и выделения К. растворителями. При этом удалось даже получить подобие кристаллов. Нужно заметить, что очистка К. — очень трудное дело. Особенно трудно удалять из него остатки реактивов. Кроме того К. легко поглощает кислород воздуха. Этими обстоятельствами объясняют наблюдаемые расхождения в элементарн. анализе.

Эмпирич. состав К. близок к формуле C_5H_8. Различные исследователи получали следующие цифры элементарного состава К. (в %):

	C	H
Фарадей	87,2	12,8
Адриани	87,91	11,94
Берцелиус	87,5	12,5
Вильямс	87,3	12,1
Гладстон и Гибберт	87,46	12,00
Вебер	87,91	11,86
Дитмар	87,3	11,58
Гарриес	87,85	12,28
Теоретич. вычисление по ф-ле C_5H_8	88,24	11,76

Пуммерер [5], анализируя тщательно очищенный К., приходит с достаточной точностью к ф-ле C_5H_8. Так как в силу коллоидной природы невозможно точно определить мол. вес К., то приходится придавать этой ф-ле уплотненный вид $(C_5H_8)_x$, причем величина x остается пока неопределенной. Прежние исследователи полагали, что углеводороду К. необходимо придать ф-лу $(C_{10}H_{16})_x$, считая, что основное ядро состоит из терпенового углеводорода, приближающего каучук к терпенам, так наз. полипрена; в силу этого для большинства химич. производных, полученных в разное время, даны в литературе формулы (см. ниже), произведенные от этого основного углеводорода. Однако позднейшие работы начинают убеждать в том, что элементарное ядро каучукового углеводорода д. б. принято в виде изопреновой молекулы C_5H_8. Интересно отметить взгляд Аскана [26] на происхождение этой группы. Он полагает, что группа $\begin{matrix}C\\ \\C\end{matrix}\!\!>\!C\cdot C\cdot C$ играет существенную роль в целом ряде природных органич. соединений (отсюда и связь с пентозанами). Ее образование возможно путем альдольной конденсации ацетона с уксусным альдегидом $\begin{matrix}CH_3\\ \\CH_3\end{matrix}\!\!>\!CO+CH_3\cdot COH$, которая приводит к изопрену. Из изопрена последующей полимеризацией получаются более сложные продукты: на севере—терпены, а в тропиках—К.

С химич. стороны углеводород К. можно охарактеризовать как вещество, неохотно вступающее в химич. реакции. Кроме того, в силу своей коллоидной природы получающиеся продукты трудно поддаются очистке и не обладают свойствами химич. индивидуумов; состав этих продуктов не всегда постоянен, и не всегда воспроизводимы условия, необходимые для получения одного и того же продукта. Соответственно своей ф-ле К. должен содержать этиленовые связи и следовательно обнаруживать склонность к реакции присоединения. Действительно, известно несколько соединений К. с галоидами. В то время как с бромом получается повидимому нормальный продукт состава $C_{10}H_{16}Br_4$ * (этот тетрабромид считался в течение некоторого времени формой, удобной для количественного определения К., но впоследствии этот метод был оставлен), с хлором образуется другой—$C_{10}H_{16}Cl_6$. Правда, Вебер наблюдал при присоединении брома к К. и соединение $C_{10}H_{16}Br_5$, но все же эти продукты являются результатом присоединения галоидов. Для хлора же наблюдается и другое соединение—$C_{16}H_{14}Cl_8$, образовавшееся в результате металепсии и присоединения. С иодом получается мало прочное соединение $C_{10}H_{32}J_6$; это вещество не может считаться чистым, и определение мол. в. его, как впрочем и остальных галоидопроизводных К., нельзя считать надежным.

С галоидоводородными к-тами продукты присоединения более нормальны. Для всех трех галоидоводородов получены следующие соединения: $C_{10}H_{18}Cl_2$, $C_{10}H_{18}Br_2$ и $C_{10}H_{18}J_2$ (правда, последнее вещество мало стойко и легко разлагается). Эти соединения при обработке при 125—145° органич. основаниями (например пиридином) дают обратно исходный углеводород—т. н. α-изокаучук. После повторного присоединения к нему нового галоидоводорода образуется новое соединение, к-рое после отщепления галоидоводорода дает β-изокаучук, и т. д. При этом все последующие изокаучуки становятся все более смолоподобными и мягкими, теряя характерные свойства первоначального К. Гарриес полагает, что здесь имеет место изомеризация, хотя не исключена возможность и чисто механич. дезинтеграции структурных элементов частиц К. под влиянием растворителей.

Отношение К. к сере и хлористой сере очень характерно и составляет сущность технич. переработки К. (см. *Вулканизация*) в новое более прочное состояние.

Из других продуктов присоединения можно отметить следующие. Присоединением хлористого хромила, CrO_2Cl_2, получается продукт $C_{10}H_{16}(CrO_2Cl_2)_2$; помимо этого делались попытки присоединения хлористого нитрозила, NOCl, а также хлорокиси селена, $SeOCl_2$. Особый интерес вызвали продукты, полученные при действии азотной кислоты и окислов азота. Дитмар, обрабатывая К. азотной к-той, получил дигидродинитрокуминовую к-ту. Это обстоятельство раньше считалось подтверждающим принадлежность углеводорода каучука к терпенам. Между прочим, можно указать на то, что Фишер [27] при обработке раствора каучука в CCl_4 азотной кислотой получил продукт $(C_5H_7NO_2)_x$, к-рый растворим в ацетоне. Этот продукт является хорошим изолирующим веществом и в прессованном состоянии хорошо поддается механич. обработке. Окислы азота, при пропускании их через растворы каучука в бензоле, дают различные продукты. Так, N_2O_3 в первой стадии присоединения дает нерастворим. продукт $C_{10}H_{16}N_2O_3$—нитрозит-*a*. Этот продукт после нек-рого стояния превращается в растворимый нитрозит-*b*, состава $C_{20}H_{30}N_6O_{16}$. Если действовать на раствор К. влажным N_2O_3, то получается третий—нитрозит-*c*, состава $C_{20}H_{30}N_6O_{14}$. Впоследствии оказалось, что сушеный над P_2O_5 окисел N_2O_3 дает тот же нитрозит-*c*. Точно так же и двуокись азота (NO_2; N_2O_4) приводит сперва к соединению $C_{40}H_{62}N_2O_4$, которое переходит современем в тот же самый нитрозит-*c*. Таким образом одно время считалось, что этот последний нитрозит-*c*, являясь конечным продуктом реакции углеводорода К. с окислами азота, может представлять собою удобную форму для количе-

* Все ф-лы, приводимые ниже, произведены от «ядра» $C_{10}H_{16}$.

ственного определения К. Однако практика не оправдала этого предположения, и этот метод оказался неприменимым.

Из других реактивов, к-рыми пользовались для изучения химич. свойств К., можно привести серную кислоту [28] и сульфоновые к-ты [29], превращающие К. в новые модификации [30], приближающие его к гуттаперче или шеллаку. Эти продукты, под названием термопрена, начинают входить в технику в качестве очень стойких в химич. отношении материалов и поэтому применяются при постройке аппаратов и машин в химической промышленности.

Любопытны опыты над действием на К. различных хлористых металлов. $SnCl_4$, $TiCl_4$, $FeCl_3$ и $SbCl_3$ дают продукты присоединения [31], причем при обратном отщеплении хлоридов углеводород регенерируется, но в другой форме. Сернистый ангидрид SO_2 при пропускании через бензольный раствор К. дает желатинообразный осадок [32], ближе не исследованный. В последнее время появилась еще работа [33], направленная к выяснению строения углеводорода К. При действии нитрозобензола на К. в бензольном растворе выпадает осадок эмпирич. состава $C_{11}H_{11}ON$, названный нитроном К. Нитрон с фенилгидразином дает гидразон каучукового кетона—каучона $\left[\begin{matrix}-CH=C-CO-CH_2-\\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad CH_3\end{matrix}\right]$. Схематически реакции изображаются след. обр.:

а) $\left[\begin{matrix}-CH_2-C\;\;CH-CH_2-\\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad CH_3\end{matrix}\right] + 2C_6H_5NO \rightarrow$

$\rightarrow \left[\begin{matrix}-CH\;\;C-C-CH_2-\\ \quad\quad\;\; | \;\; || \\ \quad H_3C\;\;\; N\;\;O \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad C_6H_5\end{matrix}\right] + C_6H_5NHOH;$

б) $\left[\begin{matrix}-CH\;\;C-C-CH_2-\\ \quad\quad\;\; | \;\; || \\ \quad H_3C\;\;\; N=O \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad C_6H_5\end{matrix}\right] + C_6H_5NHNH_2 \rightarrow$

$\rightarrow \left[\begin{matrix}-CH\;\;C-C-CH_2-\\ \quad\quad\;\; | \;\; || \\ \quad H_3C\;\;\; NHC_6H_5\end{matrix}\right] + C_6H_5NHOH.$

Получена также каучуковая к-та

$$\left[\begin{matrix}-CH=C-C-CH_2-\\ \quad\quad\;\; | \;\; || \\ \quad H_3C\;\;\; N-O \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad C_6H_4\cdot COOH\end{matrix}\right]$$

из нитрозобензойного альдегида. Указанная кислота замечательна тем, что ее щелочные соли легко растворимы в воде и хорошо диссоциируют, давая коллоидный ион $[=C_5H_6:NOC_6H_4COO]_x$; таким образом получается как бы радикал К. в ионизированном состоянии.

Так или иначе, работы по установлению строения К. нельзя считать законченными, хотя несомненно, что группа C_5H_8 в какой-то форме входит в состав этого углеводорода.

Особенно интенсивно велись работы по окислению и гидрированию К. с целью раскрытия тайны его строения. Что касается окисления, то были испробованы всевозможные способы. Перманганат, хотя и трудно, но окисляет К., давая продукты неопределенного характера—$C_{25}H_{40}O$ и $C_{25}H_{40}O_2$ [34]. Хромовая к-та, персульфаты и перекиси не вызывают окисления К. Перекись водорода приводит к целому ряду продуктов, из которых однако нельзя составить себе определенного мнения относительно строения углеводорода К. [35]. Известно также, что К. окисляется на воздухе; Шпиллер выделил при этом вещество состава $C_{30}H_{48}O_{10}$, названное смолой его имени. Кроме этой смолы получали и другие соединения. Нет ничего невероятного в том, что здесь образуются также трудно определяемые адсорбционные соединения. При окислении озоном Гарриесу [36] удалось выделить левулиновый альдегид и левулиновую кислоту, на основании чего он предложил придавать К. строение диметилциклооктадиена:

$$\left[\begin{matrix}CH_3 \\ | \\ C-CH_2-CH_2-CH \\ \| \quad\quad\quad\quad | \\ CH-CH_2-CH_2-C \\ \quad\quad\quad\quad\quad | \\ \quad\quad\quad\quad\quad CH_2\end{matrix}\right]_x$$

При этом он полагал, что отдельные разновидности К., а также аналогичные углеводороды гуттаперчи и балаты являются изомерными видоизменениями с одной и той же ф-лой, но отличающимися друг от друга положением метильных групп и двойных связей и степенью полимеризации (числовым значением x в ф-ле). Однако впоследствии в эту формулу пришлось вводить настолько существенные поправки, что она уже вызывала сомнения. Действительно, при подробном изучении действия озона на К. выяснилось, что при этом получается целый ряд соединений, обладающих длинной открытой цепью. В силу этого пришлось прийти к выводу, что либо кольцо углеводорода К. состоит из большого количества звеньев C_5H_8 либо сам по себе углеводород К. обладает открытой цепью. Первая точка зрения защищалась одно время Пуммерером и его школой [37], в то время как Штаудингер [38] придерживался теории открытой цепи. Изучение продуктов гидрирования К. и продуктов сухой перегонки гидрокаучука примирило обе точки зрения, и сейчас можно считать, что повидимому каучук является смесью полимеров изопрена с открытой цепью. Все эти полимеры представляют собою различные степени полимеризации, с различной длиной цепи, и все они являются составными частями одной общей системы, образуя макромолекулы коллоидной природы; т. о. вся совокупность коллоида К. является как бы подобием войлока, состоящего из сплетения отдельных разнообразных нитей. Это обстоятельство направляет внимание на новую сторону проблемы строения каучука.

Помимо химического строения теоретически важен также вопрос о физико-химической, или, скорее, коллоидной структуре К. В этом отношении существующие взгляды группируются около следующих гипотез.

Первая высказана Фессенденом; он принимает, что К. состоит из двух фаз: одной—твердой, мало эластичной, другой—похожей на густую жидкость; ни одна из составных фаз в отдельности не обладает эластичностью

К., но сочетание их дает это свойство. Фессенден для объяснения этого явления в виде аналогии указывает на тонкостенный медный шар, наполненный водой; при растяжении такого шара в одном направлении так, чтобы ось первоначальной длины, например в 2 *см*, удлинилась до 3 *см*, при постоянной толщине стенок, поверхность увеличится на 13%, что отвечает линейному растяжению металла в 6%. Фактически же толщина металлич. стенки при этом изменится так, что линейное растяжение металла стенки не превысит 1,5% при растяжении шара по оси на 50%. То же самое происходит, по мнению Фессендена, и в К., причем этим объясняется эффект Джоуля, сводящийся к сжатию и расширению жидкого содержимого шара. Подобные же представления могут объяснить зернистость при каландрировании. Т. н. «каландровый эффект» заключается в том, что при прохождении через каландр лист К. обладает различными механич. свойствами и различной усадкой в различных направлениях (вдоль и поперек выхода из каландра). Этот эффект, по теории Фессендена, обусловлен тем, что при прохождении между валами каландра шары сплющиваются, но т. к. боковое расширение затруднено присутствием соседних шаров, то деформация сводится к удлинению и сплющиванию проходящей полоски. Когда давление валов прекращается, шары стремятся принять прежнюю форму; при этом удлиненная ось становится короче, а укороченная—длиннее. В результате лист сокращается и уголщается. Обе эти обратные деформации протекают медленно. Нагревание К. ускоряет возвращение к нормальному состоянию.

По другой гипотезе, предложенной Оствальдом, К. принадлежит к т. н. и з о к о л л о и д а м. Под последними разумеются такие двухфазные коллоидные системы, к-рые слагаются из одного и того же вещества, находящегося в обеих фазах в различных состояниях полимеризации. По мнению Шенево и Гейма, это построение К. из двух фаз обратно тому, что предполагает Фессенден, а именно, что шарики, составляющие К., образованы из высокополимеризованной твердой сердцевины и более мягкой внешней оболочки. Эта гипотеза не согласуется с опытными данными Гаузера и Веймарна.

Третья гипотеза рассматривает К. как сетчатое образование, аналогичное животным тканям. По этой теории, К. состоит как бы из остова из более твердой массы, пронизанного более растворимой, мягкой, густой составной частью. До вальцевания можно обнаружить (пользуясь набуханием К.) наличие этих связанных «лесов»; вальцевание разрушает их и превращает все в однородную массу. Таким путем можно разделить К. на две составные части: а) растворимую и б) нерастворимую, а только набухающую.

Все перечисленные гипотезы предполагают наличие в К. двух фаз, так или иначе расположенных одна относительно другой. Существует еще гипотеза Бари, исходящая из теории твердых растворов. Он считает, что в К. мы имеем твердый раствор друг в друге различных степеней полимеризации одного и того же углеводорода. Нетрудно видеть, что и эта гипотеза представляет собою разновидность предыдущих. Весь вопрос сводится к тому, способны ли обе модификации взаимно превращаться в обоих направлениях при различных условиях. На самом деле известно, что при пластицировании К. он становится мягким и при лежании в спокойном состоянии вновь затвердевает.

Как бы то ни было, и в вышеприведенных гипотезах мы имеем только подтверждение неоднородности строения К., но не подвигаемся дальше в смысле познания его истинной природы: до сих пор опыт не дает каких-либо определенных указаний. Дальнейший шаг сделала рентгенография. Путем изучения рентгеновского спектра каучука удалось получить довольно интересные результаты, относящиеся к раскрытию внутреннего расположения структурных элементов, составляющих каучуковую частицу. Первая попытка в этом направлении была сделана Кацем, который показал в 1925 г., что растянутый каучук дает определенные пятна интерференции Х-лучей, в то время как в нерастянутом состоянии он обнаруживает только характерные для аморфных веществ размытые круги. Уже при растяжении до 80% появляется интерференция, возрастающая по интенсивности пятен при растяжении до 400% и выше и указывающая на волокнистую структуру К. Степень растяжения не меняет расположения интерференционных пятен, а только меняет их интенсивность. Отсюда нужно сделать предположение, что в нерастянутом каучуке имеется аморфная или жидкая фаза, переходящая частично при растяжении в кристаллическое или близкое к кристаллическому состояние. Т. к. расположение интерференционных пятен, тесно связанное со строением элементарной решетки, не меняется при растяжении, то справедливо предположить, что эти пятна связаны с определенным расположением структурных элементов частицы К. Образцы, скрученные или растянутые в двух направлениях, или равномерно растянутые по всем направлениям в плоскости дают диаграмму спектра рентгеновых лучей в соответствии с родом деформаций. Напр. скрученный К. дает спиральную диаграмму, а растянутый в плоскости—кольцевую. При слабом растяжении удается даже определить размеры элементарной кристаллич. формы (*вероятно ромбич. системы*): одна ось, определенная по методу Полани (Polany), равна 7,68 Å, в то время как две остальные соответственно равны 8,0 и 8,6 Å. Сильно растянутые образцы обнаруживают точки интерференции, приводящие к предположению о наличии элементарного тела с двумя α-осями. Такое элементарное тело отвечает ф-ле $(C_5H_8)_8$. Угловое расстояние между пятнами стоит в связи с количеством атомов, соединенных в молекулярную группу, в то время как расположение пятен зависит от внутреннего строения групп. На основании подобных измерений можно сделать предположение, что молекулярные группы, вызывающие интерференционные пятна, содержат от 2 до 4 тыс. молекул C_5H_8.

Можно отметить еще, что Фроманди [59] подвергал К. действию переменного тока

высокого напряжения в атмосфере разреженного водорода. При этом оказалось, что эмпирическ. состав К. оставался без изменения, но наблюдалось падение вязкости; вместе с тем умепьшались также мол. в. и иодное число. В последнем случае предел низшего иодного числа отвечает исчезновению $^2/_3$ первоначальных двойных связей в углеводороде К. На основании этих данных и сравнения их с поведением синтетич. К. можно сделать заключение, что изомеризация под влиянием тихого разряда высокого напряжения сопровождается замыканием в кольцо открытой цепи К. С теоретич. стороны это наблюдение является интересной попыткой найти связь между силами сцепления, в духе понимания их Ван-дер-Ваальсом, и химич. силами сродства—в том отношении, что коллоидные агрегаты образуются из полимеризованных длинных молекул за счет тех же сил химич. притяжения.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что все данные говорят за то, что К. построен каким-то образом из молекул изопрена; этот вывод подтверждается не только аналитическими, но и синтетическими методами, так как изопрен при соответствующих условиях способен превращаться в каучукоподобное вещество, обладающее всеми свойствами природного К. Необходимо указать однако, что, в отличие от обычного органического синтеза, синтез К разрабатывался совершенно независимо от определения его состава и строения, т. к. технич. задача сводилась скорее к получению материала, обладающего совокупностью ценных механич. свойств К., а не идентичного с ним по химич. структуре. Оказалось, что диолефины с сопряженной двойной связью, т. е. производные бутадиена $CH_2{:}CH\cdot CH{:}CH_2$, обладают способностью (при нагревании или при других условиях) превращаться в каучукоподобные полимеры. Таким образом техническая задача синтеза каучука заключалась в получении подходящего гомолога бутадиена и в способе его полимеризации. Наибольшее значение в этом отношении получили три углеводорода: бутадиен, или дивинил, $CH_2{:}CH\cdot CH{:}CH_2$, метилбутадиен, или изопрен, $CH_2{=}C(CH_3){-}CH{=}CH_2$ и диметилбутадиен $CH_2{=}C(CH_3){-}C(CH_3){=}CH_2$.

Из этих трех углеводородов изопрен дает, насколько пока известно, материал, наиболее близкий к природному каучуку, что стоит в соответствии и с составом каучука. Тем не менее технически этот синтез не осуществлен в сколько-нибудь значительных размерах, потому что получение изопрена до сих пор обходится недешево. Во время войны 1914—18 годов в Германии потребность в каучуке пополнялась синтетическим продуктом из диметилбутадиена [10], однако этот вид синтетич. К. не обладал достаточной эластичностью и применялся более для получения эбонита (рогового К.). Что касается самого бутадиена, то в литературе нет еще описаний К., полученного из него. Как бы то ни было, синтез К. представляет собою очередную задачу химич. технологии, но разрешение ее затруднено необходимостью конкурировать с добываемым в изобилии дешевым, обладающим хорошими качествами современным плантационным К. Тем не менее над проблемой синтеза каучука не перестают работать.

Лит.: [1]) «Revue générale du caoutchouc», P., 1928, novembre; [2]) «India Rubber Journal», L., 1928, v. 76, p. 31; [3]) «India Rubber World», N. Y., 1927, v. 75, p. 313; [4]) «Gummi-Ztg» B., 1928, Jg. 43, p. 364; [5]) «India Rubber Journal», L., 1929, v. 77, *1*; [6]) «Gummi-Ztg», B., 1925, Jg. 39, p. 930; [7]) Schidrowitz, «India Rubber Journal», L., 1927, v. 74, p. 289; [8]) «India Rubber World», N. Y., 1928, v. 76, *1*, p. 17; [9]) De Vries, Rubber on the Market a. in the Factory, L., 1921; [10]) «India Rubber Journal», L., 1927, v. 74, p. 861, 899; [11]) Whitby G. S., Plantation Rubber and the Testing of Rubber, L., 1920; [12]) De Vries, Estate Rubber, L., 1921; [13]) «Rubber Age», N. Y., 1926, v. 20, p. 129, 133; [14]) ibid., 1928, v. 23, p. 133; [15]) Боссе Г. Г., «Журнал резиновой промышленности», Москва, 1928, стр. 71; [16]) Боссе, там же, 1929, стр. 3; [17]) Hauser E., Latex, p. 75, Dresden, 1927; [18]) «India Rubber Journal», L., 1926, v. 72, p. 53; [19]) «Journal of the Chemical Soc. of Japan», Tokyo, v. 3, 7, p. 157; «Rubber Chemistry a. Technology», Easton, Akron, 1929, v. 2, p. 108; [20]) «Rubber Age», N. Y., 1920, v. 14, p. 303; «Bulletin of Imper. Instit.», L., 1923, v. 21, 2; [21]) Whitby, Dolis, Jorston, «Soc.», 1926, v. 45, p. 1448; [22]) Whitby a. Greenberg, «I. Eng. Chem.», 1926, v. 18, p. 1168; Decker, «India Rubber Journal», L., 1925, v. 70, p. 815; [23]) Gorgas, «Chem. Abstracts», N. Y., 1929, v. 23, p. 1525; [24]) Бызови Попова, «Ж», 1921, т. 53, стр. 47; [25]) Pummerer, «Kautschuk», Düsseldorf, 1926, Jg. 2, April; [26]) Aschan, «Chemiker-Ztg», Cöthen, 1925, B. 49, p. 689; [27]) Fisher, «J. Ch. I.», 1927; [28]) Kirchhof, «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1919, B. 27, p. 311; [29]) Fischer, «I. Eng. Chem.», 1927, v. 19, p. 1325; [30]) Fischer u. Colm, ibid., p. 1328; [31]) Bruson, Sebrell, Calvert, ibid., 1917, v. 19, p. 1033; [32]) Fendler, «Gummi-Ztg», B., 1904, Jg. 19, p. 41; [33]) Bruni a. Geiger, «Rubber Age», N. Y., 1927, v. 22, p. 187; [34]) Harries, «B», 1915, B. 37, p. 2708; [35]) Robertson a. Main, «Trans. of the Chemical Society of London», L., 1927, t. 41; [36]) Harries, «B», 1915, B. 37, p. 2708, 1916, B. 38, p. 1195; [37]) Pummerer u. Burkard, ibid., 1922, B. 55, p. 3458; [38]) Staudinger a. Fritschi, «Helvetica Chimica Acta», Geneva—Basel, 1924, B. 5, p. 785—806; [39]) Fromandi, «Kautschuk», Düsseldorf, 1928, Jg. 4, p. 185; «Rubber Chemistry a. Technology», Easton, Akron, 1929, v. 2, p. 161; [40]) Schotz, Synthetic Rubber, L., 1926; Gottlob, Technologie d. Kautschukwaren, 2 Auflage, Brschw., 1925, дополненное англ. издание в переводе Rosenbaum, London, 1927; Kirchhof F., Fortschritten in d. Kautschuk-Technologie, «Technische Fortschrittsberichte», hrsg. v. B. Rassow, B. 13, Dresden—Lpz., 1927; Luff B., Chemistry of Rubber, L., 1923; Weber C. O., Chemistry of Rubber, L., 1926; Geer, The Reign of Rubber, London, 1928; Tuttle J. B., The Analysis of Rubber, N. Y., 1922; Bary P., Les colloides dans l'industrie. Le caoutchouc, P., 1923; Dubosc A. a. Luttringer A., Rubber, its Production, Chemistry a. Synthesis in the Light of Recent Researches. A Practical Handbook for the Use of Rubber Cultivators, Chemists a. others, London, 1918; Bedford C. a. Windelmann H., Systematic Survey of Rubber Chemistry, N. Y., 1923; «Журнал резиновой промышленности», НТУ ВСНХ СССР, М.; «Kautschuk», B.; «Gummi-Ztg», B.; «Le caoutchouc et la gutta-percha», P.; «Revue générale du caoutchouc», P.; «Rubber Age», L.; «India Rubber Journal», L.; «Trans. of the Instit. of Rubber Industry», L.; «Rubber Age», N. Y.; «India Rubber World», N. Y.; «Rubber Chemistry a. Technology», Easton, Akron; Encyclopédie du caoutchouc, P., 1929. **Б. Бызов.**

КАШТАН. 1) Съедобный, или настоящий, К., Castanea vesca, дерево 2-й величины, сем. Cupuliferae; достигает глубокой старости; плоды съедобны, мучнисты; древесина и кора К. содержит таннин; уд. в. 0,66. Область распространения: Южная Европа и Кавказ. Древесина годна на клепку (взамен дубовой), гнутую мебель, паркет. Механические свойства К. см. *Спр. ТЭ*, т. IV. 2) Конский К., Aesculus hippocastanum L., сем. Sapindaceae; древесина

мягкая, легкая, уд. в. 0,57, годна для фальсификации красного дерева (протрава красным сандалом). Разводится как декоративное дерево (парки, бульвары, улицы); как лесная порода значения не имеет. Плоды идут в корм скоту (свиньям). Область распространения—Европа.

КВАДРАНТ, старинный угломерный инструмент, состоящий из дуги в $^1/_4$ окружности (откуда и произошло его название), в центре которой укреплен неподвижный диоптр или ось алидады; другой, подвижный диоптр перемещается по разделенной дуге, на к-рой прежде наносились трансверсали, впоследствии замененные нониусом. К. устанавливался обычно в вертикальной плоскости и служил для измерения высот светил над горизонтом. Направление вертикали определялось при помощи отвеса. Инструменты небольших размеров могли вращаться около вертикальной оси и являлись предшественниками современного вертикального круга. Большие инструменты (радиусом до 3 *м*) устанавливались неподвижно в плоскости меридиана, причем деления наносились на оканчивающейся дугою каменной стене (стенной К.). Подобные инструменты, построенные в конце 16 века Тихо-Браге, давали точность отсчета до 10″ и служили для наблюдения прохождений звезд через меридиан, являясь предшественниками меридианного круга.

Лит.: Repsold A., Zur Geschichte d. astronomischen Messwerkzeuge von 1450 bis 1830, Leipzig, 1908. **А. Михайлов.**

КВАНТЫ, элементарные неделимые количества энергии (или действия), характеризующие прерывность атомных процессов и свойств света, совершенно чуждую представлениям классической физики. Понятие о К. введено в 1900 г. Планком для объяснения закона распределения энергии в спектре накаленного абсолютно черного тела. Для вывода этого закона необходимо предположить, что излучение и поглощение света в атомах происходит отдельными порциями—квантами величины $h\nu$ (здесь h—универсальная постоянная, равная $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ эрг/ск., а ν—частота световых колебаний). Открытие Планка получило широкое обобщение в теории Н. Бора, основанной главн. образ. на анализе линейчатых спектров атомов. Центром теории Бора являются два квантовых постулата.

I. В энергетич. отношении атомы и молекулы могут находиться только в определенных стационарных состояниях, образующих бесконечный прерывный ряд. В простейших случаях стационарные состояния определяются так наз. фазовыми интегралами:

$$\oint p_i\, dq_i = n_i h\,, \qquad (1)$$

где q_i—координата, p_i—сопряженный импульс соответственного электрона в атоме или атома в молекуле, n_i—целые числа, т. н. квантовые числа, индекс i относится к различ. степеням свободы данной системы.

II. При излучении или поглощении света исходная энергия атома E_i принимает значение E_k, определяемое условием:

$$E_i - E_k = h\nu\,. \qquad (2)$$

Таким образом в теории Бора квантование применяется дважды—в отношении света и в отношении вещества. При малых ν величина кванта очень мала, прерывность явлений становится мало заметной и в пределе исчезает совсем; следовательно в пределе выводы теории квантов должны совпадать с классическими. Это соображение позволило Бору установить своеобразный принцип соответствия между классической физикой и квантовой, позволяющий рассматривать такие величины (например интенсивность и поляризацию излучения), которых квантовые постулаты непосредственно не касаются. Основные выводы теории Бора получили точное подтверждение на опыте при изучении спектров атомов и молекул и в явлениях столкновений атомов с электронами и послужили базой современного учения о структуре вещества.

В 1905 году Эйнштейн высказал предположение, что при распространении света сохраняется квантовая дискретная структура, т. е. что лучистая энергия сосредоточена в пек-рых центрах, световых К. с энергией $h\nu$ и количеством движения $\frac{h\nu}{c}$. Гипотеза Эйнштейна вполне подтверждается в явлениях фотоэлектричества, при фотохимических процессах, при рассеянии света электронами. Типично волновые явления интерференции и дифракции заставляют, с другой стороны, одновременно считать свет волновым процессом. Так. обр. в современной физике установилось своеобразное дуалистическое представление о свете как о потоке К. и волнах одновременно. Указанный дуализм был гипотетически распространен в 1924 году Л. де-Бройлем (L. de Broglie) не только на свет, но и на вещество. По гипотезе де-Бройля, всякая элементарная частица (электрон, атом, световой квант), движущаяся со скоростью v, неразрывно связана с волной длины $\frac{h}{mv}$ (где m—масса движущейся частицы), распространяющейся со скоростью $\frac{c^2}{v}$ (c—скорость света). При движении электрона внутри атома по стационарной орбите, вдоль последней устанавливаются стоячие волны, число которых целое и равняется квантовому числу n. Гипотеза де-Бройля объединяет оба постулата Бора в единый постулат о материальных волнах. Воззрение де-Бройля экспериментально подтверждено опытами Девисона-Джермера, Дж. П. Томсона, Руппа и других, доказавшими существование дифракции электронов при прохождении через тонкие металлическ. пленки, при отражении от кристаллов и от искусственных дифракционных решеток. Длина волны, определяемая по дифракционной картине, вполне согласуется с ее теоретическим значением.

Представления де-Бройля получили более совершенную математич. форму в теории Шредингера. По Шредингеру, классич. механика является только предельным случаем более общей квантовой волновой механики, подобно тому как геометрич. оптика представляет собою предельный случай волновой оптики. В основу теории Шредингера положено волновое уравнение, которое для простейших случаев имеет след. вид:

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2}(E - \Pi)\psi = 0\,, \qquad (3)$$

где

$$\Delta\psi = \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}\,,$$

E—полная энергия частицы с массой m, Π—потенциальная энергия. Физич. смысл ψ остается спорным; по Шредингеру, величина ψ связана с плотностью заряда электрона. Теория Шредингера обобщает постулаты Бора (включая и принцип соответствия) и исправляет ряд ошибочных заключений, к которым приводила первонач. теория Бора.

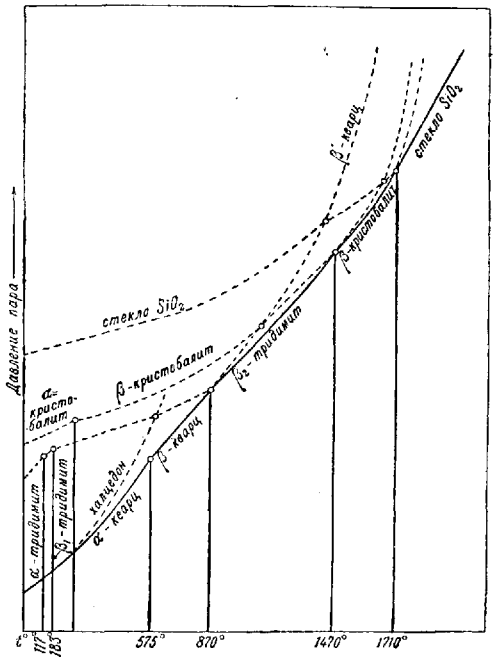
Не менее совершенная формулировка теории квант дана Гейзенбергом, Бором, Иорданом и Дираком. Эта теория оперирует только с наблюдаемыми величинами (частотами световых колебаний, поляризацией, интенсивностью), исключая чисто гипотетические понятия о положении электронов в атоме и об орбитальных скоростях. Этот вариант теории квант по существу эквивалентен волновой механике Шредингера, но математически более сложен и абстрактен—в основе его лежит исчисление матриц.

Физич. толкование математич. символики квантовой механики до сих пор не ясно, и постулат квантовой прерывности явлений остается чисто эмпирич. утверждением.

Лит.: Бор Н., Три статьи о спектрах и строении атомов, пер. с нем., М.—П., 1923; его же, Квантовый постулат и новое развитие атомистики, «Успехи физ. наук», М.—Л., 1928, т. 8, вып. 3, стр. 306; Зоммерфельд А., Строение атома и спектры, пер. с нем., М.—Л., 1926; Основания новой квантовой механики, сборн. статей под ред. А. Ф. Иоффе, Л., 1927; Хвольсон О. Д., Физика наших дней, М.—Л., 1928; Тартаковский П. С., Кванты света, Л., 1928; его же, Волновые взгляды на природу материи и опыт, «Успехи физ. наук», М.—Л., 1928, т. 8, вып. 3, стр. 338; Девисон К., Волны ли электроны?, там же, вып. 4, стр. 483; Томсон Дж., За пределами электрона, там же, вып. 5, стр. 570; Андреев Н. Н., Элементы волновой механики, там же, 1927, т. 7, вып. 1, стр. 25; Шредингер Э., Волновая теория механики атомов и молекул, там же, вып. 3—4, стр. 176; Planck M., Vorlesungen über d. Theorie d. Wärmestrahlung, 5 Auflage, Lpz., 1923; Schrödinger E., Abhandlungen zur Wellenmechanik, Lpz., 1927; Sommerfeld A., Atombau u. Spektrallinien, wellenmechanischer Ergänzungsband, Brschw., 1929; de Broglie L., Einführ. in d. Wellenmechanik, Lpz., 1929; Pacotte J., Les méthodes nouvelles en analyse quantique, P., 1929; Birtwistle G., The New Quantum Mechanics, Cambridge, 1928; Darrow K., Elementare Einführung in die Wellenmechanik, Lpz., 1929; Flunt H. T., Wave Mechanics, L., 1929. **С. Вавилов**

КВАРЦ, один из самых распространенных минералов; встречается в кристаллическом и скрытокристаллическ. виде; тв. 7; уд. вес 2,6. Химич. состав—двуокись кремния, SiO_2 (кислорода—53,3% и кремния—46,7%); излом раковистый; двойное лучепреломление положительное, $\omega = 1{,}54090$, $\varepsilon = 1{,}54990$ (линия B); $\omega = 1{,}55817$, $\varepsilon = 1{,}56772$ (линия H). В узком смысле к группе К. относятся следующие полиморфные модификации его—минералы состава SiO_2: 1) кварц (тригонально-гексагональный ряд); 2) кристобалит (тетрагонально-кубический ряд); 3) тридимит (ромбическо-гексагональный ряд). Эти превращения идут медленно при определенных $t°$. Превращения второго ряда этих трех минералов (формы α, β) протекают очень резко и быстро. Модификации эти сопровождаются нек-рыми изменениями физич. свойств (оптич. свойства, коэф. расширения, плотность) с изменением температуры. Структурные изменения при переходе модификации α в β не столь глубоки, как при первых модификациях.

Условия образования различных модификаций безводной SiO_2 и превращения их друг в друга, помимо теоретич. значения, играют еще существенную роль во многих процессах современной техники (процессы образования кислых шлаков, в стеклянном и фарфоровом производствах и др.). На приводимой диаграмме показаны данные новейших физико-химических исследований SiO_2



(по Феннеру). Здесь на оси абсцисс отложены $t°$, а на оси ординат—давления пара каждой из перечисленных полиморфных модификаций SiO_2. Таким путем получена особая для каждой модификации кривая упругости пара. Та модификация, для к-рой упругость пара по этой диаграмме является при данной $t°$ наименьшей, и есть наиболее устойчивая (стабильная) модификация при этой $t°$ и при атмосферном давлении (сплошные линии отвечают стабильным, пунктирные—метастабильным модификациям); точка пересечения двух каких-либо кривых есть точка перехода одной модификации в другую.

Из диаграммы видно, что при атмосферном давлении устойчивыми являются такие модификации:

Температурный интервал	Стабильная модификация
0— 575°	α-кварц
575— 870°	β-кварц
870—1 470°	β_2-тридимит
1 470—1 710°	β-кристобалит

Наиболее характерные точки перехода при атмосферном давлении таковы:

α-кварц	⇄ β-кварц	при	575°
α-тридимит	⇄ β-тридимит	»	117°
β_1-тридимит	⇄ β_2-тридимит	»	163°
α-кристобалит	→ β-кристобалит	»	275÷220°
β-кристобалит	→ α-кристобалит	»	240÷198°
β-кварц	⇄ β_2-тридимит	»	870°
β_2-тридимит	⇄ β-кристобалит	»	1 470°
β-кристобалит	⇄ жидкая SiO_2 (стекло)	при	1 710°

Классификация кварцевых изделий.

Отрасль промышленности	Технически полезные свойства кварца	Вид применяемого кварца	Кварцевые изделия	Способ обработки	Назначение изделий и материалов
Абразионная	Твердость	Песок, молотый кварц, кремень, диатомит	Точильные камни, шлифовальные круги	Механич. обработка	Шлифование поверхностей
Железнодорожное дело	Способность создавать большое трение между поверхностями	Песок	В натуральном виде	Промывка, сушка	Подсыпка из песочниц на рельсы для увеличения трения
Металлургия	Способность давать химич. соединения с основными элементами	Песок, кварц, песчаник, кварцевые железные руды, шлаки кислых мартеновских печей и др.	Кварцевый кирпич	Дробление	Футеровка печей при кислом процессе, добавки к шихте при плавке
Металлообрабатывающ.	Твердость, зернистость	Кварцевый песок	Мелкие кварцевые зерна	Дробление, промывка	Песочное дутье для очистки отливок
Мукомольная	Твердость, зернистость, пористость	Кварцевые песчанини, песчаники с халцедоновым цементом, кремень	Естественные и искусствен. жернова	Механич. обработка	Размол зерновых продуктов
Оптическая	Проницаемость для ультрафиолетовых лучей, двойное лучепреломление, вращение плоскости поляризации света	Кристаллическ.	Кварцевые спектрографы, микроскопы, линзы, призмы, компенсаторы	Обточка, шлифовка	Лабораторные приборы
Стекольная	Способность остекловывать рабочую массу при высокой t°, весьма малый t°-ный коэфициент расширения плавленного кварца	Песок, молотый кварц, горный хрусталь	Стекло различных видов, в том числе кварцевое стекло и в частности витреозил	Сплавление с металлическ. окислами, специальная термическая обработка	Применение в различных областях промышленности и в домашнем обиходе; лабораторно-химич. посуда, кварцевые лампы, научные приборы
Строительная	Прочность, способность принимать шлифовку и термическ. обработку	Песок, песчаники, кварциты, яшмы и др.	Кирпич, цемент, известь, облицовочные плитки и др.	Механическ., термическая	Строительный материал
Точная механика	Исключительн. твердость, химическая неактивность, постоянство плотности в разных образцах, ничтожное упругое последействие	Кристаллическ.	Крутильные нити гальванометров, электрометров, агатов. призмы, подшипники, подпятники и др.	Обточка, шлифовка, плавление	Точные приборы при научн. исследованиях, стандартные массы
Химическая	Химическ. стойкость	Кварциты, кварц в кусках, дробленый, молотый кремень, диатомит	Насадки колонн и башен в кислотном производстве, кислотоупорные изделия, искусственные цеолиты	Дробление, смешен., формование	Хранение жидкостей, фильтрование
Электрическ.	Пьезоэлектрич. свойства кристаллич. кварца	Кристаллическ.	Измерительные приборы с пьезокварцем	Выпиливание пластинок, шлифовка	Определение почти мгновенных высоких давлений, стабилизация частоты электрич. колебаний и др.
Ювелирное дело	Красивый цвет, прозрачность, твердость	Минералы: горный хрусталь, аметист, раухтопаз, цитрин, испанский гиацинт и др.	Различные ювелирные изделия	Огранка, окраска, прокалка	Украшения

Все эти точки перехода по наблюдениям Феннера энантиотропны, т. е. обратимы.

Оптич. свойства К. чрезвычайно характерны. Различают правый и левый К., т. к. разности К. вращают плоскость поляризации света в разные стороны и дают при вытравливании на плоскостях кристалла фигуры разного знака. Линейное тепловое расширение К. параллельно оси кристалла—7,81 10^{-6}, перпендикулярно ей—14,19 10^{-6}. К. обладает богатством кристаллич. форм, находящимся в связи с разнообразием генезиса кварцевых образований. Кристаллы К. достигают иногда огромных размеров.

Разновидности К. весьма многочисленны. По составу их можно разделить на две главные группы: 1) минералогически чистые и 2) со включениями других минералов. К первой группе относятся: а) благородные (прозрачные, идущие в огранку): горный хрусталь—бесцветный, раухтопаз (дымчатый горный хрусталь), аметист—фиолетовый, цитрин—золотистый или желтый, испанский гиацинт—красный, сапфировый К.—синий; б) полублагородные (малопрозрачные, непрозрачные, годные лишь для поделок): марион черный, розовый К.—крупнокристаллический, молочный К.—синевато-белый; в) нечистые разности (непрозрачные): железистый К.—желто-бурый, окрашенный водными окислами железа; обыкновенный К. в виде мутных загрязненных кристаллов, чаще белого цвета; плотный К.—в том числе роговики, яшмы, кварциты, кварцевые песчаники и др. Ко второй группе относятся: празем—зеленоватый кварц, авантюрин—буровато-красноватый или желтоватый, кошачий глаз—зеленоватый, сероватый, светлый, оранжево-желтый. Минералы, содержащие в своем составе кроме кремнекислоты переменное количество (до 12%) воды, называются опалами.

К.—распространеннейший породообразующий минерал. В зоне магмы он встречается как составная часть многих изверженных пород; встречается он и в трещинах новых эффузивных пород (риолиты, обсидианы и др.). Часто он выделяется в виде жильных тел. Кроме того К. является важной составной частью многих динамо-метаморфич. пород (гнейсов, кварцитов и т. д.). К. выделяется также из холодных водных растворов, циркулирующих на земной поверхности.

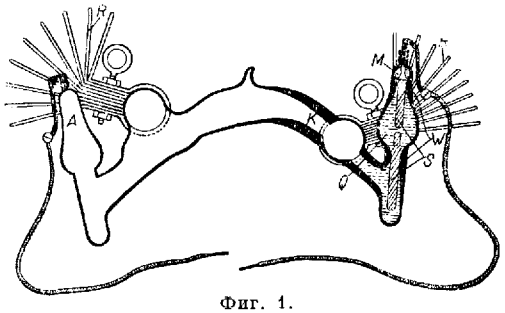
Месторождения К. встречаются очень часто и преимущественно имеют характер жил. Наиболее красивыми кристаллами К. славятся Бразилия, Уругвай, остров Мадагаскар, затем Альпы (Тироль, Дофине), США, Цейлон и Бирма. В СССР известны месторождения на Урале (Мурзинка, Березовск), в Сибири и Дальне-Восточном крае (Алтай, Сретенский округ) и на Кавказе (Казбек). Много К. добывается в Северном крае (Архангельский окр., на Онеге); затем в Воронежском округе и в Донецком бассейне (Нагольный кряж). **Н. Федоровский.**

Кварцевые изделия. Обширное применение кварца и кварцевых пород в промышленности, в исследовательских лабораториях основано на разнообразных технически ценных качествах его. В одних отраслях промышленности кварцевые материалы подвергаются только механич. обработке; в других—термической или той и другой совместно; химич. производства используют К. (и его разновидности), переводя его в растворимое стекло. В табл. приведены виды кварцевых изделий в связи со специфич. свойствами исходного материала и его обработки. Добыча кварцевых материалов ведется промышленными предприятиями и во многих случаях (кремень, кварцевый песок, точильные камни и др.) кустарным способом, при к-ром добыча ускользает от статистич. учета. В 1926/27 г. в СССР было добыто: К. 96 000 *т*, кварцита 116 000 *т*, песчаника 2 091 000 *т*, песка 350 000 *т*, инфузорной земли 5 200 *т*, точильного камня 10 000 *т*. Для стекольного производства в том же году было добыто 238 000 *т* песка; для фарфоровой промышленности требуется ежегодно до 10 000 *т* песка.

Лит.: Гордиенко М., Добыча кварца в районе ст. Маук на Урале, «ГЖ», 1927, *11*, стр. 698—699; Грум-Гржимайло В. Е., Огнестойкость динас, «ЖРМО», 1910, *1*; Замятин П. М., Месторожд. кварцевой гали по р. Леневке в Кушвинской даче, «МС», 1927, *7—8*, стр. 435—437; Костылева Е. Е. и Прокопенко Н. М., Пегматитовые жилы Приургинского района Сев. Монголии, сб. «Северная Монголия», т. I, Л., 1926; Молчанов И. А. и Усова А. А., Месторождения каолина и других малых полезных ископаемых района Балая, «Изв. Сиб. отд. Геол. ком.», Томск, 1927, т. 6, вып. 3, стр. 53; Соколов В. И., Об изменении кварцевого вещества под влиянием высокой темп-ры, «Зап. Минералогич. об-ва, СПБ, 1906, т. 44; Федоровский П. М., Минералы в промышленности и сел. хоз., Л., 1927; Ле-Шателье, Кремнезем и силикаты, М., 1929; Яхонтов Н., Кварцевые материалы, «НИ», 1927, т. 2, стр. 89—142; Adams S., A Microscopic Study of Vein Quartz, «Econ Geology», Urbano, 1900; Fenner C., Die Stabilitätsbeziehungen d. Kieselsäuereminerallen, «Ztschr. ang. Chemie», 1914, p. 133—197; Le Châtelier H., Les conditions de transformation des différentes variétés de silice, «CR», 1916, t. 163; «La Nature», Paris, 1912, *II* (о месторождениях горного хрусталя на Мадагаскаре); Schimmatsu Ichikava, Quartz Work in Japan, «Amer. Journ. of Science», New Haven, 1915, v. 39, p. 472; Sosman R. B., The Properties of Silica, N. Y., 1927.

КВАРЦЕВАЯ ЛАМПА, ртутная *вольтова дуга* (см.), горящая в сосуде из *кварцевого стекла* (см.), снабженная той или другой арматурой и приспособлением для питания электрической энергией, причем самый кварцевый сосуд с ртутью и впаянными в него электродами и радиаторами называют кварцевой горелкой. К. л. применяются в большинстве случаев для медицинских целей, а также в бактериологии, фотохимии, химич. анализе и пр. К. л. для медицинских целей впервые применил Крамайер (1906 г.). Позднее Бах (1910 г.) снабдил кварцевую горелку шаровым рефлектором (теперь изготовляемым из магналия). Иезионек придал рефлектору четырехугольную пирамидальную форму. Обе последние модели широко применяются в медицине под названием искусственного горного солнца (künstliche Höhesonne). Открытие Аронса (1892 год), что ртутные пары при прохождении через них электрич. разряда излучают свет, богатый короткими волнами, и получение Кюхом (в 1905 году) прозрачного плавленного кварца дало возможность изготовить кварцевую горелку, применяемую (с нек-рыми усовершенствованиями Нагельшмидта) и в настоящее время.

Конструкция кварцевой горелки для постоянного тока представлена на фиг. 1: *A*—анод; *K*—узкий катодный канал, соединяющий резервуар горелки с катодом; *R*—радиаторы для охлаждения электродов. Наклонные концы горелки, где помещаются электроды, заполняются ртутью. Существенной и



Фиг. 1.

ответственной частью горелки являются подводящие электроды. Конструкция одного из электродов изображена на той же фиг. 1, где *W*—кварцевые стенки, *S*— конусные штифты из инвар-металла, имеющего термический коэф-т расширения близкий к кварцу; штифты плотно пришлифовываются в конических отверстиях кварцевых стенок; *Q*—ртуть для уплотнения электродов; *M*—цементная масса. Кварцевая горелка для переменного тока представлена на фиг. 2 (обозначения те же, что на фиг. 1). В существенном ее конструкция не отличается от горелки для постоянного тока, за исключением наличия двойного анода.

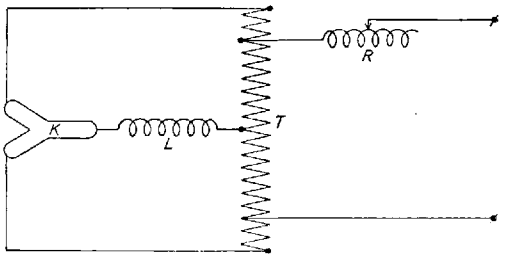
Кварцевая горелка вследствие большой плотности тока сильно нагревается. Измерение $t°$ горелки довольно затруднительно. Для горелок с давлением паров ртути в 1 *atm* темп-ра оценивается около 2 000° K. Горелки, кроме люминесценции, дают $t°$-ное свечение. Наблюдается два рода спектра: линейчатый, с интенсивной желто-зеленой линией, яркой



Фиг. 2.

желтой, синими и фиолетовыми линиями, и сплошной спектр, лишенный крайних красных излучений. В общем свет ртутной кварцевой лампы имеет резко выраженный зеленый цвет. Ртутная К. л. дает весьма интенсивное излучение в области коротких волн, спектр лампы лежит в пределах длин волн от 579 до 220 *mμ* и даже доходит до 180 *mμ*; К. л. считается в настоящее время самым удобным генератором ультрафиолетовых излучений.

При процессе зажигания кварцевой горелки необходимо принять во внимание ряд условий. Нужно всегда последовательно с горелкой на 110 V включать добавочное сопротивление порядка 40—25 Ω и для горелок на 220 V—порядка 95—50 Ω. Кварцевые горелки переменного тока должны питаться через особый трансформатор с катушкой самоиндукции, схема которого приведена на фиг. 3, где *R*—регулирующее сопротивление, *T*—трансформатор, *L*—катушка самоиндукции и *K*—кварцевая горелка. Зажигание лампы производится при включенном напряжении несколькими качаниями горелки автоматически или рукой; поднимается анодный конец; при возвращении горелки в первоначальное положение струя ртути разрывается в разреженном пространстве, в месте разрыва образуется дуга. Во время горения с повышением температуры горелки напряжение возрастает, а сила тока падает; необходимое напряжение поддерживается регулировочным реостатом. Необходимо строго следить за правильным включением полюсов. При включенных неправильно полюсах горелка горит неспокойно, так как катодное пятно образуется не в узком катодном канале, а на обратном, анодном конце. Так как ртуть в горелке при



Фиг. 3.

горении переносится от анода к катоду, то для стекания ртути в горизонтальных горелках нужно иметь небольшой наклон от катода к аноду. У горелки с неправильно включенными полюсами, вследствие неправильного переноса ртути с катода на анод, катод может обнажиться от ртути и раскалиться, что ведет к потере вакуума и порче горелки. Продолжительность действия горелки считается около 1 000 часов. Обычно горелки стареют: стенки прозрачного кварца покрываются бурым налетом, что значительно уменьшает пропускную способность для коротких длин волн. Чтобы избежать пятен от прикосновения пальцев с наружной стороны кварцевой трубки, горелку перед зажиганием следует протирать чистой тряпкой, смоченной спиртом. Кварцевые горелки можно 2—3 раза подвергать ремонту (чистка, наполнение вновь ртутью и откачка). Фирма W. Heraeus G. m. b. H. (Hanau) изготовляет горелки для горения в горизонтальном положении для постоянного и переменного тока на напряжение 110 V и 220 V. Для постоянного тока этой же фирмой изготовляются: кварцевые горелки для горения в любом положении; горелки с амальгамой (60% Hg, 20% Pb, 20% Bi, 0,5% Zn, 0,5% Cd), дающие некоторое количество красных излучений; горелки для погружения в жидкость; точечные кварцевые горелки; вертикальные горелки с

концентрическим сосудом из прозрачного кварца для химических реакций; горелки, снабженные специальными фильтрами, для получения флуоресценции.

Кварцевые горелки фирмы W. Heraeus (Hanau).

Кварцевые горелки	Напряжение в V	Сила тока в A	Длина дуги в см	Приблизительная сила света (в свечах Гефнера)
Для горизонтального положения				
На постоянный ток . .	110	2,5	7	1 000
На постоянный ток . .	110	4,0	7	1 500
На постоянный ток . .	220	2,5	12	2 000
На постоянный ток . .	220	3,5	12	3 000
На переменный ток . .	110	9 первич.	12	2 500
На переменный ток . .	220	4,6 первич.	12	2 500
Для любого положения				
На постоянный ток . .	110	3,5	7	1 500
На постоянный ток . .	220	3,5	12	3 000
С амальгамой				
На постоянный ток . .	110	—	—	—
На постоянный ток . .	220	—	—	—
Для погружения в жидкость				
На постоянный ток . .	110	3,5	—	—
На постоянный ток . .	220	3,5	—	—
Вертикальные с концентрической оболочкой				
На постоянный ток . .	110	~3,5	—	—
На постоянный ток . .	220	~3,5	—	—
Точечные				
На постоянный ток . .	10÷18	3,5÷2,5	—	~ 50

Кроме указанных выше кварцевых горелок, которые имеют массовое распространение, предложено несколько типов горелок, находящихся еще в стадии лабораторных опытов или применяющихся в лабораторной практике. В кварцевой горелке высокого давления, предложенной Иенике, все пространство заполнено ртутью; перед зажиганием из U-образного резервуара, где должна образоваться дуга, ртуть вытесняется ртутными парами, образующимися в добавочном сосуде горелки; сосуд нагревается особой обмоткой, через которую пропускают ток, служащий впоследствии для питания горелки. Зажигание горелки происходит в момент разрыва столба ртути в U-образном резервуаре горелки. Кварцевая горелка, предложенная Поджусом, имеет Hg-катод и W-анод с улучшенным охлаждением вследствие уширения верхней части. Имеется в лабораторной практике индукционная кварцевая горелка, которая состоит из кварцевого шара, содержащего пары ртути с ничтожной примесью газов Ar и Ne с вакуумом до 0,001 *мм* ртутн. столба: горелка не имеет электродов и питается от колебательного контура высокой частоты (до 1 млн. пер/ск.).

Лит.: Рудницкий Н. М., Кварцевая лампа, Л., 1924; Тхоржевский А. И., Новая кварцевая лампа, «Электричество», М.—Л., 1928, *13—14*; Handbuch der Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B., 1928, B. 19, p. 338; Quarzglas-Quecksilber-Lampen (фирм. брош. W. Heraeus, Hanau, 1927/28); Hagenbach A., Der elektrische Lichtbogen, Handbuch d. Radiologie, hrsg. v. E. Marx, B. 4, 2 Aufl., Lpz., 1924; Ferguson B. J., The Quartz Mercury Vapour Lamp, London, 1926; Foulke T., The Induction Lamp, a New Source of Visible a. Ultra-Violet Radiation, «JAIEE», 1927, p. 139. **П. Мартынов.**

КВАРЦЕВОЕ СТЕКЛО, стекловидная масса, получающаяся в результате плавки кварца в электропечи или водородно-кислородном пламени. В зависимости от метода обработки и от примесей кварцевой шихты получаемое стекло м. б. совершенно прозрачным, полупрозрачным и непрозрачным, опаловым; в последнем случае оно называется витреозилом.

Свойства. К. с. имеет незначительный коэф-т линейного расширения, а именно:

Темп-ра	−191÷16°	16÷250°	16÷1 000°
Коэф-т лин. расширения	$256\cdot10^{-9}$	$539\cdot10^{-9}$	$540\cdot10^{-9}$

Это обстоятельство сообщает плавленному кварцу, по сравнению с обыкновенным стеклом, высокую сопротивляемость резким колебаниям $t°$. Она тем выше, чем тоньше стенки изделий. Колба из кварцевого стекла с нормальной толщиной стенок, нагретая на паяльной лампе выше 1 000° и опущенная в холодную воду, не лопается. Плавленный кварц не растворяется в воде и в разведенных кислотах, кроме фтористоводородной, при нагревании не выше 100°; в щелочах он растворяется. Металлы—медь, магний, алюминий, никель, натрий, калий, хром при краснокалильном жаре корродируют К. с.; так же действуют окиси меди и свинца. При $t°$ 1 890° упругость пара К. с. достигает 65 *мм*, а при 2 100° и давлении в 1 *atm* оно кипит. К. с. плавится при 1 625° и в расплавленном состоянии представляет тесто. К. с., подвергаясь длительному нагреванию до $t°$ около 1 100 — 1 200°, переходит в кристаллический β-кристобалит, т. е. расстекловывается: процесс этот ускоряется при наличии катализаторов (вольфрамовокислого натрия и др.). Уд. вес К. с. при 16,8° равен 2,2042. Теплопроводность при 0° 0,00332 cal *см*/*см*² ск. °C. Скрытая теплота плавления К. с.—65 cal/*г*. К. с. поглощает водород при 700—1 000° в количестве около 2,15% по объему. Диэлектрическая постоянная К. с. 3,20 ÷ 3,78. Изменение омического сопротивления К. с. в зависимости от $t°$ приведено в таблице.

Изменение омического сопротивления К. с. в зависимости от $t°$.

$t°$	Сопротивление в MΩ-*см*	$t°$	Сопротивление в Ω-*см*
15	$2\cdot10^{8}$	922	132
230	$2\cdot10^{7}$	1 050	16,9
250	$25\cdot10^{5}$	1 154	14,29
350	$3\cdot10^{4}$	1 267	10,1
800	20	—	—

Ультрафиолетовые лучи К. с. пропускает с ничтожным поглощением (для волн с λ до 180 $m\mu$). Твердый углерод восстанавливает К. с. при 1 250°, а водород—при 1 300—1 400°. Твердость по шкале Моса 7. Сопротивление сжатию 19 800 *кг/см*^{2}, т. е. вдвое больше, чем у обычного стекла. Очень существенно постоянство химич. и оптич. свойств К. с., в противоположность обычным стеклам, к-рые показывают различные свойства даже в кусках одной и той же плавки.

Применение. Прозрачный кварц отличается большой проницаемостью не только для лучей видимого спектра, но также и для излучения инфракрасных и в особенности—ультрафиолетовых лучей. Ультрафиолетовые излучения пропускаются К. с. с нек-рым поглощением до пределов ок. 1 850 Å и поэтому плавленный прозрачный кварц является наилучшим материалом во всех тех случаях, где необходимо использовать многообразные свойства ультрафиолетовых лучей. Источники света, обладающие ультрафиолетовым излучением, выполненные из кварца, как например ртутные лампы (см. *Кварцевая лампа*), м. б. использованы для специальных целей, как то: в фотографии, в медицине, для стерилизации и дистилляции жидкостей, для обесцвечивания красок и т. д. В последнее время прозрачный плавленный кварц применяется для изготовления т. н. безэлектродных индукционных ламп (см. *Лампа электрическая*). Здесь наряду с прозрачностью кварца по отношению к ультрафиолетовым лучам, большое количество тепла, выделяющееся во время работы лампы, позволяет использовать также ценное свойство кварца—противостоять действию высоких $t°$. Из К. с. изготовляют хим. кислотоупорную посуду для лабораторий: стаканы, тигли, колбы, чашки для выпаривания, холодильники, трубки для органич. сжиганий и др. приборы для самых ответственных аналитич. и физико-химич. работ. Для химич. промышленности из К. с. изготовляют: выпарные чаши для серной к-ты взамен дорогих платиновых, аппараты постоянного действия и крупные холодильн. устройства для изготовления конц. H_2SO_4 по каскадной системе, установки новейших систем для производства азотной и соляной к-т, весьма экономично работающие. В электротехнике применение различных деталей из К. с. расширяется с каждым днем; здесь используется высокая механическая прочность К. с. при высоких $t°$ и его незначительный коэф-т расширения. Поэтому из К. с. изготовляют: изоляторы в установках для выделения пыли из газов по Котрелю, электрич. конденсаторы, огнеупорные оболочки для термоэлементов, муфели и сосуды для электронагревательных приборов, трубы для термич. обработки в водороде деталей цоколя электрич. ламп накаливания, трубки специальных термометров до 580°, нити и другие детали для точных электроизмерительн. приборов, детали усилителей для радиотелеграфии и телефонии, оболочки для ртутных ламп и т. д. В медицине из К. с. изготовляют разные приборы для измерений, шприцы, шпатели и т. д. Освещение при остеклении кварцевыми стеклами получается более мягким и здоровым. Наконец в оптике К. с. применяется при изготовлении фотометров, объективов, в микроскопии и в микрохимии.

Способы изготовления. К. с. изготовляется из очень чистых сортов желтого кварца (99,6% SiO_2), с максимальным содержанием железа в 0,2%; содержание глинозема понижает его прозрачность. Витреозил в виде труб готовят в электропечи Шуена. Трудность обработки К. с. заключается в том, что в местах нагрева пламенем материал легко улетучивается. Изготовленное в электропечи К. с. обрабатывается затем обычно в водородно-кислородном (с избытком водорода) пламени.

В СССР витреозил изготовляется в виде квадратных труб до 4 *м* длины.

Лит.: Максименко М., Промышл. электрохимия, Л., 1927; Singer F., Die Keramik, Brschw., 1923; Escard J., Les fours électriques industriels et les fabrications électrothermiques, 2 éd., P., 1924; Bronn J., Der elektrische Ofen im Dienste d. keramischen Gewerbe u. d. Glas- u. Quarzglas-Erzeugung, Monographien über angewandte Elektrochemie, B. 34, Halle a/S., 1910. **М. Максименко.**

КВАССИЯ, Quassia amara, дерево из сем. Simarubaceae. Древесина мягкая и легкая, грязнобурого цвета. Экстракт древесины К. имеет лечебные свойства. Кроме того экстракт К. употребляют при борьбе с вредителями в сельском хозяйстве (напр. с тлей). Экстракт обладает стойким горьким вкусом Район распространения К. (в диком и культурном виде)—Суринам, Вест-Индия и Бразилия. Под наименованием К. ямайской известна в продаже горькая кора дерева Simaruba officinalis с Антильских островов, Ямайки и Гвианы. Действующие начала К. ямайской тождественны с Quassia amara.

КВАСЦЫ, общее название двойных сернокислых солей химич. состава $RM(SO_4)_2$, где R—атом одновалентного металла (Na, K, Rb, Cs, Ag, Tl) или группа NH_4, а M—атом трехвалентного металла (Al, Fe, Cr, In, Ga, Mn). Все представители К. изоморфны между собою (см. *Изоморфизм*); они легко растворимы в воде и нерастворимы в спирте; кристаллизуются в правильной системе (обычно в октаэдрах) с содержанием 12 молекул кристаллизационной воды (на указанную выше элементарную ф-лу). В химическ. отношении К.—типичные двойные соли, дающие в растворах реакции на оба катиона (R$^{\cdot}$ и M$^{\cdot\cdot\cdot}$). Растворы К. имеют кислую реакцию вследствие *гидролиза* (см.) и вяжущий вкус. Практич. значение имеют лишь алюминиевые, железные и хромовые К.; важнейшие представители их приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Свойства различных видов квасцов.

Состав	Уд. вес	$t°_{пл.}$	Цвет
$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.	1,75	92°	Бесцветны
$NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.	1,68	50—66°	
$NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	1,645	ок. 95°	
$KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.	1,83	33°	Бесцветны или бледно-фиол. цвета
$NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	1,71	230°	
$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.	1,84	—	Темнофиолет. цвета
$NH_4Cr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	1,72—1,74	—	

Обыкновенные, или калиевые квасцы, $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, кристаллизуются

в крупных октаэдрах; в сухом воздухе они легко выветриваются, в вакууме теряют до 9 молекул H_2O, а при 100°—почти всю воду. Растворимость 12-водной соли: при 0°—3 ч.; 30°—22 ч.; 70°—90 ч.; 100°—357 ч. в 100 ч. воды. Так наз. кубические, или римские, К. (кристаллич. форма—комбинация куба и октаэдра) выкристаллизовываются из слабокислых растворов, содержащих некоторый избыток ионов Al''' над ионами K'; такие К. расцениваются выше, т. к. они содержат очень мало примеси железа. Жженые К.—пористая белая масса, получаемая нагреванием кристаллическ. К. до полного удаления кристаллизационной воды, причем удаляется и часть SO_3. Натриевые К., $NaAl(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$, более растворимы в воде, чем калиевые (при 15°—110 ч. в 100 ч. H_2O), и труднее кристаллизуются. Они содержат больший % Al по сравнению с обыкновенными К. и в ряде случаев могут с выгодой заменять последние. Аммиачные К., $NH_4Al(SO_4)_2\ 12\ H_2O$ растворяются: при 0°—5,2 ч., при 80°—67 ч. в 100 ч. H_2O. При прокаливании они разлагаются, оставляя чистую окись алюминия. Аммиачно-железные К., $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$: растворимость при 20°—14,3 ч. в 100 ч. H_2O. Хромовые К., $KCr(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$, и аммиачнохромовые К., $NH_4Cr(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$—см. *Хрома соединения*.

Кроме перечисленных технич. продуктов в природе встречается ряд минералов типа К. (см. табл. 2), являющихся либо настоящими К. либо же основными солями, мало

Табл. 2.—Минералы типа квасцов.

Название	Формула
Калинит	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$
Алунит (квасцовый камень)	$KAl(SO_4)_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 3\ H_2O$
Мендоцит	$NaAl(SO_4)_2 \cdot 11\ H_2O$
Тамаругит	$NaAl(SO_4)_2 \cdot 6\ H_2O$
Натроалунит	$NaAl(SO_4)_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 3\ H_2O$
Чермигит	$NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$
Ярозит	$KFe(SO_4)_2Fe_2O_3 \cdot 3\ H_2O$
Натроярозит	$NaFe(SO_4)_2 \cdot Fe_2O_3 \cdot 3\ H_2O$
Ферринатрит	$NaFe(SO_4)_2 \cdot Na_2SO_4 \cdot 3\ H_2O$
Сидеронатрит	$2NaFe(SO_4)_2 \cdot Na_2O \cdot 7\ H_2O$

растворимыми в воде; нек-рые из них используются для промышленного получения К.

Производство К. Наиболее технически важными являются К., содержащие алюминий, а среди них—калиевые К. Сырьем для получения Al-содержащих К. могут служить: *алунит* (см.), глина (гл. обр. каолин, но употребляются также и черные глины), бокситы с малым содержанием Fe и квасцовые сланцы (глина, импрегнированная сернистым железом). Существующие методы обработки этого сырья м. б. разделены на 1) щелочные, 2) нейтральные и 3) кислотные.

Щелочная переработка бокситов (см. *Алюминий*) для получения К. почти не применяется. Алунит перерабатывается на калиевые К. чаще всего без применения к-т. Его подвергают прокаливанию при 500—600°, затем выветриванию на воздухе и выщелачиванию горячей водой; при этом извлекаются К. и остается окись алюминия с примесью Fe_2O_3. Более полное использование сырья дает практикуемая в Германии обработка алунита серной к-той по способу, указанному ниже. Сходным образом перерабатываются и квасцовые сланцы: при продолжительном лежании обожженного материала на воздухе происходит окисление серы и образование H_2SO_4, к-рая с Al дает $Al_2(SO_4)_3$; соль выщелачивают водой и, смешивая с раствором K_2SO_4, получают К.

Кислый процесс наиболее употребителен для получения калиевых К. из глин или бокситов. Материал подвергают умеренному обжигу при доступе воздуха (для разрыхления и для перевода двувалентного Fe в трехвалентное), измельчают, просеивают и затем нагревают ок. 2—3 дней в чугунных освинцованных чанах с камерной серной кислотой крепостью 50—55° Bé, при $t°$ около 70° (по другому способу глину обрабатывают H_2SO_4 в автоклавах под давлением около 4 *atm*, причем время обработки сокращается до нескольких часов). После этого смесь выщелачивают водой и полученный раствор $Al_2(SO_4)_3$ отделяют на фильтр-прессе. Фильтрат сгущают выпариванием до уд. в. 1,35 и в нагретом состоянии смешивают с раствором K_2SO_4 уд. в. 1,35 (~2 объема на 1 объем фильтрата). По охлаждении выпадают К. в виде мелкокристаллическ. порошка—т. н. квасцовой муки, к-рую отфильтровывают и промывают на центрифугах холодной водой. Перекристаллизацией из горячего раствора получают К. в виде б. или м. крупных кристаллов; чаще однако квасцовую муку, нагревая паром, плавят в собственной кристаллизационной воде и сливают в деревянные баки, где К. застывают в сплошную кристаллич. массу. Для получения аммиачных квасцов вместо K_2SO_4 берут горячий насыщен. раствор $(NH_4)_2SO_4$ (2:1 по объему фильтрата); после кристаллизации маточный раствор еще раз упаривают и получают 2-ю фракцию квасцов. Аналогично готовят и натриевые К. из глины, для обработки к-рой вместо H_2SO_4 иногда применяют дешевый техническ. бисульфат натрия, $NaHSO_4$, причем выщелачивание массы дает сразу готовые К.

Вредной примесью в К., идущих на нужды текстильной и писчебумажной промышленности, являются соли железа. Для удаления ионов Fe''' иногда обрабатывают первый фильтрат (нечистый сульфат алюминия) водной суспензией двуокиси свинца, PbO_2 (осаждается плюмбат, PbO_4Fe_2O), или желтой кровяной солью (осаждается берлинская лазурь); однако осаждение Fe м. б. полным только из достаточно разбавленных растворов, что заставляет увеличивать объемы щелоков и удорожает очистку.

Производство К. в России существует с 50 годов 19 в. До войны 1914—18 гг. К. вырабатывались на 6 з-дах, общая продукция которых в 1912 г. составляла 4 155 *т*; кроме того ввозилось из-за границы ок. 200 *т* К. В СССР выработка квасцов производится на квасцовом з-де в Азербайджане (м. Заглик, Ганджинского уезда), пользующемся местным алунитом, и на нек-рых химич. з-дах Украины и Татарской АССР; общая продукция их в 1923 г. составляла 230 *т*, в 1927 г.—874 *т*. Ввоз К. в СССР в 1927 г. составлял всего 6 *т*. Годовое производство квасцов в США (по данным 1926 г.)—около 20 000 *т*.

Применение К. Алюминиевые К. применяются в качестве протравы при крашении хл.-бум. и шерстяных тканей и в ситцепечатании, для дубления кож (сыромятных и лайки), для проклейки писчей и печатной бумаги, для пропитки технич. тканей (брезенты), при очистке питьевых и сточных вод (как коагулянт) и в медицине. В настоящее время почти во всех этих областях квасцы вытесняются сернокислым алюминием (см. *Алюминия соединения*). Железные К. находят некоторое применение в качестве хорошо растворимой соли окиси железа (на замену $FeCl_3$).

Лит.: Фокин Л. Ф., Обзор химич. промышленности в России, ч. 1, П., 1920; Коновалов Д. П., Материалы и процессы химич. ск. технологии, ч. 2, Л.—М., 1925; Лукьянов П. М., Курс химическ. технологии минер. вещ., ч. 3—Производство минер. солей, М.—Л. (печат.); Ост Г., Химич. технология, вып. 4, пер. с нем., Л., 1926; Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1926/27 г., стр. 95—100, Л., 1928; Ullm. Enz., B. 1, 2 Aufl., 1928; «Metall u. Erz», Halle, 1927, *19*, p. 480. **В. Янковский.**

КВЕБРАХО, дубитель, получаемый из различных деревьев рода Quebrachia (сем. Anacardiaceae). Распространение деревьев квебрахо ограничено определен. районами Ю. Америки—гл. обр. Аргентиной и Парагваем. Дерево К., достигающее высоты 20 *м* и диам. 1—1,2 *м*, имеет древесину красного цвета, темнеющую на воздухе, твердую, уд. веса 1,2—1,4 и богатую дубильными веществами; растет смешанно с другими лесными породами. О его распространении не имеется точных данных. Рассчитывают, что при современном уровне потребления (ок. 1,3 млн. *т* древесины в год) природных запасов К. хватит на 40 лет. На восстановление лесов К. надежд мало, так как это дерево растет очень медленно и для экстрактного производства оно годно лишь в возрасте свыше 100 лет. Содержание таннидов в древесине К. составляет: для сердцевины 20—24%, для заболони 3—4% и для коры 6—8%. Используется для производства экстрактов лишь сердцевина дерева. До 1914 года Аргентина и Парагвай экспортировали древесину К. (отрезами) для изготовления экстракта; но начиная с 1914 г. такой вид экспорта уменьшается и заменяется вывозом самого экстракта в твердом виде. Для получения 1 *т* экстракта К. требуется около 4,75 *т* древесины. В связи с возрастающим спросом на танниды, на местах начали устраивать з-ды для переработки древесины К. на экстракт. Начало широкого развития переработки К. было положено герм. капиталом, но во время войны 1914—18 гг. получил преобладание английский капитал.

Танниды К. составляют 34% общего мирового потребления таннидов.

Площадь квебраховых лесов в Аргентине составляет ок. 20 млн. *га*, т. е. значительно больше площади дубовых лесов в СССР, но 1 *га* квебраховых лесов дает значительно меньше квебраховой древесины—лишь ок. 7 000 *кг* (у нас 1 *га* дуба дает 80 000 *кг* древесины); поэтому, хотя вся площадь квебраховых лесов в 5,75 раза больше площади наших дубовых лесов в наиболее богатых губерниях, но выход квебраховой древесины с 1 *га* в 11 раз меньше, чем дубовой древесины.

Самый крупный экстрактный квебраховый завод в Аргентине—Villa Guillermina—перерабатывает около 400 *т* древесины К. в сутки. По сравнению с з-дами, перерабатывающими дубовую древесину, расход пара на экстракцию квебрахо в 2 раза меньше, а энергии—в 4 раза меньше. Из этого видно, какие преимущества в отношении энергии и пара дает древесина К. (с содержанием 20% таннидов) по сравнению с древесиной дуба (5% таннидов). Вначале развитие производства квебрахового экстракта сильно тормозилось тем, что сок К. содержит много нерастворимых флобафенов (см. *Дубильные вещества*). И только после того, как Lepetit, Dollfus и Gansser в 1897 году предложили способ перевода флобафенов в растворимую форму действием сульфитов или бисульфитов щелочных металлов, выработка квебраховых экстрактов сильно развилась. На рынке различают 2 сорта квебраховых экстрактов: 1) натуральный экстракт, растворимый в воде при нагревании, называемый в Америке Extracto comun, или Extracto ordinario, и отличающийся черной маркой на упаковке; 2) сульфитированный экстракт, растворимый на холоду, известный до войны 1914—18 гг. под маркой Cronn (по испански Corona), а со времени войны поступающий на рынок и под другими марками. Все эти марки маркируются красным цветом. Средний состав доброкачественного натурального и сульфитированного аргентинского квебрахового экстракта (в %) приведен в следующей таблице.

Состав аргентинского квебрахового экстракта.

Составные части	Натуральный экстракт	Сульфитированный экстракт
Танниды	63,0	66,5
Нетанниды	8,0	11,5
Нерастворимые вещества	7,0	0,0
Вода	22,0	22,0
Зола	0,6÷1,2	5,0÷6,0

Лит.: Phillips R. O., Manufacture of Quebracho Extract, «Chemical a. Metallurgical Engineering», N. Y., 1925, July, p. 611; Vogel W., Die Südamerikanischen Quebrachoextracte, «Jahresberichte d. Deutschen Gerberschule, Freiberg (Sachsen), 1925; см. также *Дубильные экстракты*. **П. Павлович.**

КЕГЕЛЬ шрифта, расстояние между верхней и нижней стенками типографской литеры, измеренное по особой системе, применяемой лишь в полиграфии. См. *Набор типографский* и *Шрифты*.

КЕДР, название деревьев различного габитуса и происхождения. Для нашего лесного хозяйства значение имеет сибирский К. (Pinus Cembra L.), который встречается на С.-В. Европейской части СССР, в Сибири, в Альпах и Карпатах. В Карпатах он поднимается до 1 600 *м*, в Альпах—до 2 500 *м* над уровнем моря. В СССР ареал его простирается от В. Вологодского окр., С.-В. Пермского округа, через Тобольский, Томский, Красноярский и Иркутский окр. до Якутской ССР, Забайкалья и сев. Монголии. Высота К.—от 15 до 25 *м*. Древесина К. обладает приятным смолистым запахом, узкой желтоватой заболонью и светлым, красноватым ядром, темнеющим под влиянием воздуха и света. Годичные слои—равномерные и узкие. Многочисленные смоляные

ходы образуют на продольном разрезе ясно отличимые темные полоски. Вросшие сучья красиво окрашены в красный цвет. Осенний слой годичного кольца не резко отграничен от весенней древесины того же года, в узких годичных кольцах слабо развит и отличается от весеннего слоя только сильной сплющенностью клеток в радиальном направлении. Тангенциальные стенки наружных осенних трахеидов снабжены многочисленными окаймленными порами. Трахеиды сердцевинных лучей—без зубцов. В элементах ядровой древесины часто имеется бесцветная или слегка желтоватая смола.

Древесина К. имеет равномерн. строение, очень мягка, легка и легко раскалывается; по твердости и эластичности уступает другим хвойным породам, но отличается прочностью. Средний уд. вес сухой древесины 0,39. Древесина К. идет на строевой и поделочный лес, на резные работы, на молочную посуду, отделку стен, мебель. Семя, под названием кедрового ореха, съедобное, красно-бурого цвета, 8—12 *мм* длиной. В Сибири собирается до 5 млн. *кг* кедровых орехов ежегодно. Орехи содержат около 35% масла. Константы кедрового масла см. *Спр. ТЭ*, т. III, ст. Животные и растительные масла, жиры и воски.

Лит.: Керн Э. Э., Деревья и кустарники, их лесоводств. особенности, использование и технич. применения, М.—Л., 1925; Вольф Э. Л., Хвойные деревья и кустарники Европ. и Азиат. частей СССР. Ленинград, 1925; Пеньковский В. М., Деревья и кустарники в Европейской России, на Кавказе и в Сибири, Херсон, 1901; Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, B. 2, Lpz., 1928. **Л. Линде.**

КЕЛЬВИН, градус абсолютн. шкалы температуры; по величине своей °K равен °C, но температура в °K отсчитывается от абсолютного нуля, лежащего на 273,2°C ниже 0° цельсиевой шкалы; поэтому абсолютная температура T в °K связана с температурой t в °C соотношением: $T=t+273{,}2$.

КЕМБРИК, камбре, светлая, гладкая, весьма тонкая и наиболее тщательно выделанная ткань полотняного переплетения, вырабатываемая из тонких номеров хлопковой пряжи—из хлопка американского (Gossypium hirsutum) или египетского (Gossypium barbadense). Первоначально под К. разумелось батистовое полотно из льняной пряжи наивысшего качества. К. весьма близок к *муслину* (см.) и характеризуется следующими данными: нитей в основе—85, в утке—65 на дм. (соответственно 33,4 и 25,6 на *см*); толщина 3—4 миля $\left(1\text{миль}=\frac{1}{1000}\text{дм.}\right)$, или 76—102 μ; прочность на разрыв в направлении основы—16 фн/дм., а в направлении утка—9 фн/дм. (соответственно 2,88 и 1,62 *кг/см*). В электропромышленности под названием К. разумеется обычно кембриковая ткань, пропитанная изоляционным лаком,—весьма распространенный электроизоляционный материал (см. *Ткани электроизоляционные*). **П. Флоренский.**

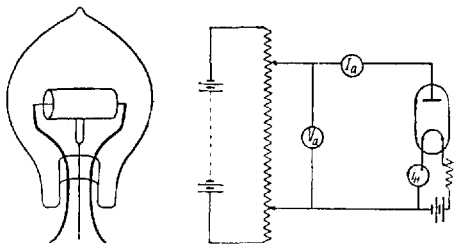
КЕНАФ, см. *Волокна прядильные.*

КЕНДЫРЬ, см. *Волокна прядильные.*

КЕНОТРОН, диод, электронная лампа с двумя электродами (анод и катод), пропускающая электрический ток исключительно или преимущественно в одном направлении. Впервые К. был практически применен Флемингом в качестве детектора в радиоприемных установках (Ан. П. 1904 г.). В настоящее время К. применяют гл. обр. для целей выпрямления переменного тока низкой частоты, т. е. для преобразования его в ток постоянного направления. В радиотехнике кенотронными выпрямителями пользуются для питания анодных цепей ламповых передатчиков, усилителей и приемников или для зарядки аккумуляторов, питающих анодные цепи и цепи накала (см. *Выпрямители*). К. имеют применение также в технике проволочной связи, в рентгенотехнике. При помощи кенотрона выпрямляют переменные токи напряжением до 200 000 V при силе тока порядка нескольких mA и до 20 000 V при мощностях до нескольких сот kW.

Простейшая форма К.—стеклянный баллон с максимальн. вакуумом ($10^{-6}\div10^{-7}$ *мм* рт. ст.). В баллоне расположены электроды: катод—в виде вольфрамовой нити, накаливаемой электрическ. током и в накаленном состоянии испускающей электроны, и анод—в виде металлич. (никель, молибден) цилиндра или плоской коробки, охватывающей катод. Оба конца нити и анод выведены наружу при помощи впаянных в стекло проводников (фиг. 1).

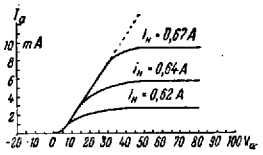
Для получения экспериментальных данных, характеризующих свойства К., применяется схема фиг. 2. При различных значениях тока накала $i_н$. определяется зависимость анодного тока I_a. от напряжения между анодом и катодом V_a.. Графическ. изображение этих зависимостей (характеристики К.) представлено на фиг. 3.



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Основные свойства К. состоят в том, что $I_a>0$ лишь при положительных значениях V_a. (предполагается отсутствие динатронного эффекта и ионизации остаточного газа). При $i_н=\text{Const}$ и при увеличении V_a. ток I_a. быстро растет, достигая некоторого предельного значения I_s, называемого током насыщения. Величина I_s зависит от $t°$, размеров и материала катода и определяется ур-ием Дешмена-Ричардсона (см. *Лампа электронная*). Минимальное значение $V_a=V_s$, при к-ром $I_a\cong I_s$, называется напряжением насыщения (на фиг. 3 при $i_н=0{,}67$ A имеем $I_s\cong10$ mA и $V_s=50$ V). В пределах от 0 до I_s ток I_a. возрастает по закону, приблизительно выражающемуся



Фиг. 3.

следующим уравнением Лангмюра, в к-ром

$$I_{a.} = k \cdot V_{a.}^{\frac{3}{2}},$$

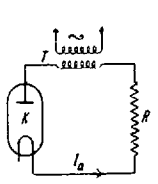
где k — постоянная, зависящая только от размеров и формы электродов. Если анод имеет форму полого цилиндра длиною l и радиусом отверстия r, а катод представляет собою тонкую нить, расположенную по оси цилиндра, то формула Лангмюра (в А) получает вид:

$$I_{a.} = 14{,}68 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{l}{r} \cdot V_{a.}^{\frac{3}{2}}.$$

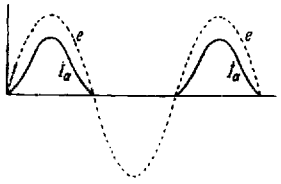
Величина V_s для К. с цилиндрич. электродами определяется ур-ием:

$$V_s \cong \left(\frac{I_s \cdot 10^6 \cdot r}{14{,}68 \cdot l}\right)^{\frac{2}{3}},$$

т. е. она растет с увеличением r и уменьшением l. На фиг. 4 представлена простейшая схема выпрямителя с одним К. Переменная эдс трансформатора T (кривая e на фиг. 5) создает в анодной цепи кенотрона K и во внешней нагрузке R пульсирующий ток (кривая I_a. на фиг. 5). В те полупериоды, когда эдс трансформатора задает аноду,



Фиг. 4.



Фиг. 5.

К. положительный потенциал (относительно катода), испускаемые катодом электроны притягиваются анодом, и в цепи имеет место прохождение тока ($I_{a.} > 0$), направление которого на фиг. 4 указано стрелкой. В полупериоды обратного направления эдс трансформатора $I_{a.} = 0$. Если известны кривая эдс трансформатора, величина падения напряжения в трансформаторе, характеристика К. ($I_{a.}$ и $V_{a.}$) и сопротивление внешней цепи R, то не трудно графич. путем получить форму кривой анодного тока $I_{a.} = f(t)$ и напряжения на аноде К. $V_{a.} = F(t)$, где t—время. В те полупериоды, когда $I_{a.} = 0$, внутреннее сопротивление К. (между анодом и катодом) бесконечно велико, и напряжение на зажимах К. равно эдс трансформатора. При наличии сглаживающей пульсации тока емкости, включенной параллельно R, мгновенные значения напряжения на аноде могут достигать величин, близких к удвоенной амплитуде трансформатора. Это вызывает необходимость высокой изоляции между анодом и катодом. При включении последовательно с R большой самоиндукции напряжение на зажимах К. (как и ток $I_{a.}$) остается почти постоянным и относительно малым.

Далее, графически же могут быть определены: 1) мощность $W_{a.}$, теряемая внутри К. и нагревающая его анод,

$$W_{a.} = \frac{1}{T}\int_0^{T/2} I_{a.} \cdot E_{a.} \cdot dt;$$

2) эффективное значение $I_{эфф.}$ пульсирующего анодного тока

$$I_{эфф.} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{T/2} I_{a.}^2 \cdot dt};$$

3) $I_{ср.}$—его среднее значение

$$I_{ср.} = \frac{1}{T}\int_0^{T/2} I_{a.} \cdot dt;$$

4) полная мощность W_1, выделяемая выпрямленным (пульсирующим) током в сопротивлении R,

$$W_1 = I_{эфф.} \cdot R;$$

5) мощность W_2, выделяемая постоянной слагающей тока в том же сопротивлении

$$W_2 = I_{ср.} \cdot R.$$

В радиотехнике (напр. для питания анодных цепей ламповых передатчиков) чаще применяются выпрямители с 2, 3 или 6 К. Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока пользуются индуктивно-емкостными фильтрами. К., предназначаемые для выпрямления переменных токов сравнительно небольших мощностей (примерно до 10 kW на лампу), обычно изготовляются с молибденовыми или никелевыми анодами, заключенными в стеклянные баллоны; отдача выделяемого на аноде тепла происходит частью за счет теплового излучения, частью за счет охлаждения баллона окружающим воздухом. Иногда для выпрямления обоих полупериодов перемен. тока применяют двойные К.—с одним катодом и двумя анодами в одном баллоне. Более мощные К. изготовляют с медными или железными анодами, охлаждаемыми водой. Выводы нити охлаждаются продуваемым от компрессора воздухом. О конструктивном выполнении К. см. *Лампа электронная*. Нормальные типы К. позволяют получать средний выпрямленный ток силою $\geq (1/4 \div 1/3) I_s$, причем мгновенные значения анодного тока остаются меньшими I_s. При бо́льших нагрузках нагрев анода обычно превышает допустимый предел.

Л. Виторский.

Лит.: см. *Выпрямители* и *Лампа электронная*.

КЕРАМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ряд отраслей промышленности силикатов, занятых изготовлением весьма разнообразных по применению изделий путем соответствующей подготовки и обработки глин или их смесей с другими природными или искусственными минеральными веществами и последующего обжига заформованного полуфабриката.

Керамич. изделия делятся по признаку строения их материала, или черепа, на два обширных класса. Все изделия с б. или м. грубым, пористым и не всегда однородным черепом с крупно- или тонкозернистым изломом образуют класс А — пористой керамики. Изделия с плотным камневидным черепом с б. или м. гладким, раковистым, матовым или глянцевым изломом относятся к классу Б — каменной керамики (каменный череп). Оба класса в свою очередь распадаются на группы в зависимости от окраски черепа и от тщательности подготовки и обработки рабочей массы, идущей для изготовления изделий.

Изделия с мало однородным строением черепа, с большей или меньшей окраской его относятся к грубой керамике; изделия с однородным строением, с белым или лишь слабо и равномерно окрашенным черепом и с ровным изломом образуют группу тонкой керамики. Классификация керамич. изделий приведена в табл. 1.

Достоинства и качества керамич. изделий оцениваются двояко: по внешним признакам их и по свойствам черепа. С точки зрения внешних признаков керамич. изделия строительного и вообще технич. назначения должны обладать правильностью свойственной им формы и размерами, отвечающими стандарту или заданию. Изделия тонк. керамики кроме того должны отличаться декоративностью и художественной выразительностью. Физическ. и механическ. свойства материала (черепа) приведены в табл. 2.

Табл. 1.—Классификация керамических изделий.

	Род продукции	Основное сырье	Состав и особенности рабочей массы (цифры в скобках означают %-ное содержание)	Обжиг, t°
	Класс А—пористого черепа			
Грубая керамика	1. Кирпич обыкновенный (и облицовочный)	Поверхностн. легкоплавкие и тугоплавкие глины, жирн и тощие, дающие после обжига темноокрашенный череп	Глина без или с добавлением песка (10—30)	950—1 020
	2. Кирпич полый, черепица, архитект терракота, облицовочные фасадные плитки и дренажные трубы		Глина значительной пластичности и с умеренной усадкой, иногда отощенная добавлением песка (10—30) или шамота (5—15), без грубых включений	950—1 050
	3. Гончарная посуда со свинцовой глазурью		Глина очень пластич., свободная от грубых включений	850—920
	4. Майоликовые стенные плитки и печные кафели с эмалевой глазурью (Pb-Sn)		Глина с высоким природным содержанием $CaCO_3$ (до 16) или с добавлением мергеля или мела	850—900
	5. Кирпич стеновой с увеличенной пористостью, уд. в. 1,2—1,4		Глина с добавлением опилок и трепела (20—30 в общем)	900—960
	6. То же, максимально пористый, изоляционный, плавающий, уд. в. 0,7—0,9		Высокопластич. глина с максим. добавлением трепела (30—50 и больше), опилок (5—10 и больше) и пробкового порошка	850—980
	7. Искусственный легковесный шлак (пемза) губчатого строения для «теплого» бетона		Низкоспекающиеся глины, богатые разнородн. плавнями и органическими примесями	1 120—1 150
Грубая керамика	1. Шамот	Огнеупорные материалы, природные и искусственные, с $t°_{пл.}$ 1 580—2 400°; частично с высокой твердостью	Огнеупорные глины, преимущественно с высокой t° спекания. То же непластич. (борович. «сухарь» и «кремневка»)	1 200—1 400
	2. Шамотные изделия		Шамот (50—90) и пластич. огнеупорная глина	1 250—1 450
	3. Кварце-глинистый огнеупорный кирпич		Динасовый бой (40—55), шамот (25—15) и огнеупорная пластич. глина	1 300—1 340
	4. Графитовые огнеупорные изделия		Графит, иногда частично кокс, шамот (10—25) и огнеупорная глина с каолином (12—40)	750—900
	5. Динас		Кварцит с добавлением CaO (2,5—3)	1 410—1 500
	6. Магнезитовый огнеупорный кирпич		Обожженный $MgCO_3$, спекающийся за счет содержания в нем Fe_2O_3 (Саткинский з-д на Урале)	1 700
	7. Огнеупорные изделия из муллита, карборунда, корунда, алунда, циркона, наждака		Огнеупорн. материал (90—95) и связка из пластич. глины и щелочных плавней	1 410—1 500
	8. Абразионные изделия; режущие и точильные круги и фрезы		Корунд, наждак, алундум, карборунд, кварцевый песок (85—95) и связка из огнеупорной или легкоплавкой глины, жидкого стекла, полевого шпата и др.	1 300—1 340

Табл. 1.—Классификация керамических изделий. (Продолжение.)

	Род продукции	Основное сырье	Состав и особенности рабочей массы (цифры в скобках означают %-ное содержание)	Обжиг, t°	
	Класс А—пористого черепа			Предв.	Глазур.
Тонкая керамика	1. Глиняный фаянс со свинц. глазурью, посудный, кустарно изготовленный	Огнеуп. светло- или беложгущиеся глины, возможно низкоспекающиеся и пластичные. Отмученные каолины с минимальным содержанием Fe_2O_3 и TiO_2 (0,7—1,0)	Огнеупорная светложгущаяся глина. Шамот (10—20) из боя	—	900—920
	2. Огнеупорная посуда со свинцово-оловянной (или криолит.) эмалевой глазурью, для приготовления пищи и для стола		Огнеуп. глина, спекающаяся (50—60), кремень и шамот (до 40), полевой шпат (до 10)	850—920	1 230—1 280
	3. Фаянс известковый или доломитовый со свинцово-боборной глазурью, посудный		Каолин (0—10), светложгущаяся огнеуп. глина (60—45), кварц (30—40), доломит или мел (20—15)	1 060—1 200	1 000—1 150
	4. Фаянс твердый или шпатовый, со свинцово-шпатовой глазурью, посудный		Каолин (15—30), беложгущаяся огнеуп. глина (55—25), кремень (45—35), полевой шпат (7—3), иногда мел или мрамор (до 3)	1 280—1 320	1 100—1 160
	5. То же, со шпатовой глазурью, санитарно-технич. ванны, умывальники, раковины и др.		Каолин (20—30), беложгущ. огнеуп. глина (50—30), кремень (45—35), полев. шпат (15—8) и мрамор или $MgCO_3$ (0,5—1)	815— 900	1 250—1 320
	Класс Б—каменного черепа				
Грубая керамика	1. Кирпич мостовой—клинкер, плиты тротуарные	Тугопл. и низшей огнеупорности глины и смеси их, плотно спекающиеся без знач. размягчения и с небольшой общей усадкой (8—10). Содержание CaO и MgO д. б. незначительн.; содержание Fe_2O_3 и R_2O возможно высокое	Глина, иногда песок (10—15)	Восстановительный	1 130—1 250
	2. Облицовочный клинкер, трубы канализационные солянно-глазурные		То же, более пластическ. с добавлением отощающего материала (15—25)		1 250— 1280
	3. Кирпич кислотоупорный		То же, с добавкой еще полевого шпата (3—5)		1 180—1 300
	4. Кислотоупорная заводск. посуда и аппаратура, глазурованная солью или глиной	Огнеупорн. глины, богатые R_2O и Fe_2O_3, пластич. и низкоспекающиеся, дающие светло или ярко (п. 2) окрашен. череп	Глина (65—80), шамот (10—30), иногда кварц (10—20), полевой шпат (0—8) или легкоплавкая железистая глина (5—8)	Восстановительный	1 280—1 350
	5. Плитки половые метлахские, сухопрессованные		То же, иногда с добавлением красящих окислов		1 260—1 300
				Предв.	Глазур.
Тонкая керамика	1. Фарфор твердый: посудный, технический и огнеупорный	Отмуч. каолин и пластич. беложгущ. глины с миним. содержанием Fe_2O_3, TiO_2	Каолин (32—43), пластич. беложгущаяся огнеуп. глина (8—15), кварц (22—30) и полевой шпат (20—30)	850—950	1 300—1 530
	2. Фарфор мягкий, декоративный (париан, зегер и др.)	Полевые шпаты, спец. фритты, костяная зола и другие стеклообразующие материалы	Каолин и беложгущаяся пластич. глина (вместе 25—40), кварц (0—50), полевой шпат (28—60) и другие плавни или фритты (0—55)	850—950	1 280—1 300
				Восстановительный	

Указанные в табл. 2 качества материала обожженных керамич. изделий обусловливаются в основном следующими технологич. факторами: химич. и минералогич. составом рабочей массы, наличием компонентов, образующих при нагревании легкоплавкие смеси, степенью измельчения частиц рабочей массы, соотношением количества различных крупностей этих частиц, достаточной высотой и равномерностью обжига всей массы изделия, величиной и характером распределения пор в массе, разницей в величине

Табл. 2.—Примерные физические и механические свойства материала керамических изделий (черепа).

Род изделий	Удельный вес	Объемный вес	Пористость по весу, определяемая водопоглощением	Сопротивление на сжатие в *кг/см²*	Сопротивление на растяжение в *кг/см²*	Сопротивление на изгиб в *кг/см²*	Твердость: Пескодувный прибор	Твердость: Склероскоп	Огнеупорность, SK	t° размягчения	Коэф. линейного расширения	Уд. теплоемкость *между* 17 и 100°	Уд. теплопроводность, по Hütte
Кирпич пористый	—	0,9—1,3	20—40	25—80	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» трепельный	—	0,7—0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,064
» 1-й сорт	1,4—1,6	1,65—1,80	10—20	65—200	—	—	—	—	—	—	—	0,189—0,241	0,45
» облицовочный	—	1,8—1,95	5—10	100—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» клинкер	—	1,9—2,2	1,5—5	300—700	—	—	—	—	—	—	—	0,19	—
Черепица фальц. марс.	—	1,8—1,95	6—12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Дренажные трубы	—	1,7—1,9	10—15	—	—	10—20	—	—	—	—	—	—	—
Канализац. »	2,0—2,2	—	5—8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Кислотоуп. изделия	2,5—2,56	2,1—2,3	0,3—1,75	3 248—5 356	97—100	262—404	4,6—5,6	56—60	26—29	—	$4,3\cdot10^{-6}$—$4,9\cdot10^{-6}$	0,185—0,187	0,9—1,05
Шамотный кирпич	2,5—2,7	1,9—2,2	8,0—11,5	80—300	—	—	—	—	32—35	1 300—1 350°	$1,6\cdot10^{-6}$—$5,7\cdot10^{-6}$	0,190	0,132 (при 200°)
Динас	2,35—2,45	1,65—1,85	9,0—11,0	80—300	—	—	—	—	33—35	1 600°	—	0,219 (17—200°)	—
Магнезит	3,44—3,60	2,35	24,0—30,0	ок. 535	—	246	26,5	30,0	>42	ок. 1 400°	—	—	—
Карборунд. кирпич	2,7—3,2	—	—	400—680	—	—	—	—	>42	>1 700°	$4,5\cdot10^{-6}$—$4,7\cdot10^{-6}$	—	0,00982
Фаянс посудный	1,3—1,6	1,9	19,0—21,0	—	20—50	50—135	—	—	—	—	—	—	—
» санитарный	2,5—2,6	1,96	8,0—11,0	—	67—118	233	5,9—7,2	44—47	30—31	—	$5,4\cdot10^{-6}$—$7,1\cdot10^{-6}$	—	0,684 (при 200°)
Фарфор твердый	2,45—2,50 2,15—2,35	2,27—2,37	—	2 840—7 428	250—500	410—855	2,4—3,3	—	—	—	0,000004	—	—
Стеатит	2,78—2,80	2,42—2,68	—	6 548—7 528	—	851—981	2,1	52—60	—	—	—	—	—

Табл. 3.—Анализы важнейших пластических сырых материалов (по данным Гос. исслед. керамич. ин-та и литерат. сводкам).

Наименование материала и район добычи	Характеристика и сорт	Химический состав: SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	Потери от прокаливан	Примечание
Каолинит, глинистое вещество	Теоретич.	46,5	39,5	—	—	—	—	—	—	—	14,0	
Каолины:												
Ст. Просяная Екат. ж. д. УССР	Отмуч. I с.	46,4—47,4	38,2—38,4	0,3—0,4	0,4—0,6	0,1—0,3	Сл.—0,2	0,1—0,2	0—0,1	—	13,0—13,6	Тонкая керамика. Бумажное производство
Ст. Глуховцы Юг.-Зап. ж. д. УССР	Отмуч. I и II с.	46,4—48,0	37,0—38,9	—	0,2—0,8	0,2—0,6	Сл.—0,1	Сл.—0,2	Сл.—0,04	0,04—0,2	13,2—14,0	Тонкая керамика
Ст. Волноваха Екат. ж. д. УССР	Отложн. сортирован.	46,6—49,8	36,3—38,2	0,7—1,2	0,5—0,9	0,1—0,2	0,01—0,2	0,1—0,5	0,0—0,1	0,0—0,1	12,6—13,5	» »
Огнеупорные глины:												
С. Полошки Глухов. окр. УССР	I—III с.	44,5—51,8	32,8—38,2	0,9—2,1	0,2—1,5	0,4—0,9	0,03—0,9	0,2—0,6	0,1—0,3	0,1—0,5	11,9—17,4	» »
Ст. Латная Моск.-Киево-Воронеж. ж. д., Воронежский окр. ЦЧО	Лучшие сорта	47,4—48,7	34,6—36,1	2,1—2,3	0,9—1,8	0,4—0,8	0,04—0,3	0,04—0,3	0,07—0,2	—	11,5—12,9	Огнеупорные изделия
«Сухарь» Боровическ. окр. Ленинградской обл.	Рядовой	43,6—47,6	35,5—39,6	0,7—2,0	0,9—3,1	0,0—0,3	0,03—0,4	—	—	—	12,8—14,1	Изготовление шамота
«Мыленка» Борович. окр. Ленинградской обл.	»	47,4—48,4	32,7—34,7	1,2—2,1	2,4—3,4	0,3—0,6	0,07—0,4	—	—	—	12,1—12,4	Пласт. добавка к шамоту. Тонкая керамика. Половые плитки. Кислотоупорные изделия
Пласт № 5, ст. Часов-Яр Донецких ж. д. УССР	Разных карьеров	51,5—53,8	31,4—32,6	0,8—1,6	0,7—1,05	0,3—0,9	0,3—0,6	1,0—3,1	0,4—1,6	0,1—1,0	8,0—8,7	
Пласт № 6, ст. Часов-Яр Донецких ж. д. УССР	То же	51,9—53,9	30,2—31,9	1,2—1,6	0,9—1,2	0,8—1,0	0,5—0,6	1,4—2,5	0,3—0,6	0,05—0,1	8,8—11,3	Огнеупорные изделия
Ст. Никалево Северных ж. д.	Рядовой	44,8—55,9	29,3—34,5		2,4—3,9	0,6—1,0	0,3—0,8	0,5—2,2		Следы	8,1—14,0	Пока не добывается

Табл. 4. — Анализы важнейших непластических сырых материалов СССР.

Виды сырья	Сложение	Химический состав									Потери от прокал.	Нежелательные компоненты	Применения
		SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O			
I. SiO_2-материалы:													
Кварц волынский, УССР . . .	Крист.	98,4—99,4	0,2—0,6	—	0,1—0,5	—	0,03—0,3	—	0,3—0,4	0,06—0,1	0,1—0,2	Fe_2O_3	Фарфор. масса. Глазури для фарфора и фаянса. Производство карборунда, непрозрачн. кварц. стекла. Эмали
То же, мурманск., Кар. АССР	»	98,49	0,88	—	0,19	—	—	0,09	—	—	—	Fe_2O_3	
Кварц. песок, ст. Саблино, Ленингр. обл.	»	99,04—99,7	0,1—0,4	—	0,02—0,1	—	—	0,16	—	—	0,1—0,3	Fe_2O_3, слюда	То же. Менее чистые сорта в производстве грубокерамич. изделий. Стекольное производство
То же, ст. Люберцы, Московск. обл.	»	99,1—99,5	0,16—0,5	0,0—0,06	0,02—0,3	—	0,03—0,5	Сл.—0,3	—	—	0,05—0,2	Fe_2O_3, слюда	
Кварцит билимбаевский, Урал	»	97,93	0,39	—	0,7	—	Сл.	0,06	—	—	0,5	CaO, MgO	Футеровка шаровых мельниц. Динас
То же, пантелеймон., очеретин УССР (кремн. песчаники) .	»	98,84	1,46	—	0,55	—	—	—	—	—	—	CaO, MgO	
Кремень, Каменец-Подольск, УССР	Аморф.	86,01	0,99	—	0,5	—	6,05	—	—	—	6,5	Fe_2O_3	Фаянс. масса. Голыши для шаровых мельниц
Инфуз. земля (трепел), с. Дурасовка, Ульяновск. окр. .	»	77,9	9,6	0,45	3,6	—	0,8	1,7	0,9	0,45	4,4	—	Кирпичи с увелич. пористостью: легковесный и изоляционный
То же, ст. Дабужа, Калуж. окр.	»	78,5	10,5	—	3,5	1,3	1,5	—	—	—	4,56	—	
II. Al_2O_3-материалы:													
Корунд, Семиз-Бугу, Казахстан	Крист.	0,0—5,1	85,4—97,5	Сл.—4,4	0,04—3,1	0,2—0,5	0,08—0,2	0,05—0,1	0,2—0,9		1,6—6,8	Fe_2O_3, SiO_2, FeO	После очистки: высокоогнеупорн. и термич. стойкие шамотные и фарфор. изделия. Абраз. изделия
									SO_3 (сл.—1,48)				
Боксит тихвинский, Ленинградской обл.	Аморф.	6—22	44—61	0,8—3,7	8—22	—	0,2—3,5	0,2—0,4	—	—	12—14	Fe_2O_3, SiO_2	Глиноземистый цемент. Спец. высокостойкие огнеупорн. материалы типа «Динамидон»
III. R_2O-материалы:													
Полевой шпат мурманский, Кар. АССР	Крист.	63—66	18—19,5	0—сл.	0,06—0,3	0,0—1,0	0,1—1,5	0,01—0,2	12,4—15,4	0,9—2,5	0,1—1,0	Fe_2O_3, FeO, TiO_2	Фарф. и фаянс. массы. Глазури и эмали. Каменный товар: кислотоуп. изделия, метлахск. плитки. Абраз. изделия
То же, волынский, УССР . . .	»	61,5—65,5	18,7—21,3	—	0,6—1,6	—	0,3—1,3	0,1—0,2	11—16		0,2—0,5	Fe_2O_3, FeO, TiO_2	
То же, южно-уральский . . .	»	64,6—67,1	17,4—22,3	—	0,1—0,3	—	0,1—0,4	0,0—0,2	10,1—13,8	1,5—4,1	0,1—0,7	Fe_2O_3, FeO, TiO_2	
IV. RO-материалы:													
Магнезит саткинский, Урал .	»	0,5—2,5	$+Fe_2O_3$ 1,0—4,0	—	—	—	0,4—1,8	44,0—46,9	—	—	—		Фарф. масса. Глазури. Огнеупорные изделия
									MnO (до 0,3)				
То же, ст. Халилово, Ташкентск. ж. д.	Аморф.	Сл.	$+Fe_2O_3$ 0,4	—	—	—	3,1	44,2	—	—	51,1	—	
Доломит старицкий, Тверской окр.	»	2,9—44	0,0—0,2	—	0,2—0,4	—	28,8—30,9	20,6—21,0	—	—	—	Fe_2O_3, TiO_2	Фаянсовая масса. Глазури
									CO_2 (45,5—47,6)				
То же, озерецкий, Борович. окр.	»	0,55	$+Fe_2O_3$ 1,18	—	—	—	30,78	22,1	—	—	47,9	Fe_2O_3, TiO_2	То же
									CO_2 (до 4,6)				
То же, пустышкинский, Борович. окр.	»	0,77	0,9	—	0,1	—	32,5	18,1	—	—	47,2	Fe_2O_3, TiO_2	То же

коэфициентов расширения макро- и микрочастиц, образующих керамическ. череп, наличием в составе черепа химич. соединений, непрочно связанных (аморфного SiO_2 и др.) и (вследствие особенностей минералогич. состава данной рабочей массы или недостаточности обжига ее) легко растворимых.

Сырье К. п. Сырье К. п. обычно разделяется на пластические разновидности—земли и непластические—камни (табл. 3 и 4). К первым относится большинство глин (см. *Глина*, *Каолин*, *Кирпичное производство*). Ко вторым принадлежат различные природные или искусственные материалы, применяемые в качестве основного огнеупорного или абразионного сырья (динас, магнезитовый кирпич, абразионные изделия) или в виде отощающих добавок к излишне пластическим рабочим массам. К этой же группе относятся разнородные материалы, применяемые в качестве флюсов, или плавней, а также органическ. вещества, добавляемые с целью увеличения пористости изделия. Основными непластич. видами сырья являются: шамот в высокоогнеупорных шамотных изделиях, кварциты в динасовом производстве, магнезит при изготовлении специального огнеупорного кирпича, графит, циркон и глинозем при изготовлении тиглей и других специальных огнеупорных изделий, корунд, наждак, алунд и карборунд при изготовлении абразионных или специальных огнеупорных изделий. В производстве последних применяются также боксит и алюмосиликатные минералы типа силлиманита, андалузита, дюмортьерита, кианита и муллита. Во всех случаях перечисленные здесь горные породы и минералы и искусственные материалы являются количественно преобладающей составной частью рабочей массы, ее о г н е с т о й к и м с к е л е т о м, частицы к-рого скрепляются при обжиге легкоплавкими примесями под названиями: с в я з к и, п л а в н и, ф л ю с ы. Соотношение количеств частиц различных крупностей огнестойкого скелета имеет большое технологическое значение в ряде керамич. отраслей (динас и шамот, санитарный фаянс, изоляционный фарфор, абразионные изделия и др.). Оно должно соответствовать, с одной стороны, размерам, весу и конфигурации готовых изделий, а с другой—количеству добавляемого связующего вещества, влажности рабочей массы и величине механического воздействия при формовании изделий и высоте обжига последних. О т о щ а ю щ и е м а т е р и а л ы влияют на величину пластичности и усадки рабочей массы; они участвуют в физико-химич. взаимодействиях, происходящих в рабочей массе во время ее обжига. Типичными отощающими материалами являются: приготовленный из глины шамот (широко применяется в разнообразных отраслях керамики), кварц (в фарфоровом производстве придает белизну черепу), кремень и доломит (при изготовлении фаянса кремень увеличивает прочность черепа и глазурного покрова), обыкновенный песок в кирпичном производстве и т. д. Для правильности выбора отощающего материала необходимо так. обр. тщательно учесть все особенности химического и минералогического состава основного материала рабочей массы, физические свойства (в особенности же крупность его частиц), а также желаемый характер строения и свойства готовой продукции.

Задачей плавней, или флюсов, кроме закрепления связи между более огнестойкими скелетными частицами рабочей массы (механич. прочность) является уменьшение пористости материала, черепа, т. е. его уплотнение, спекание. Чем выше обжиг, тем значительнее становится качественно и количественно роль уплотняющих примесей, особенно же в случае изготовления каменного товара. Избыток плавких примесей или излишняя высота обжига создают остекловатность, а вместе с ней хрупкость и термическую неустойчивость материала. Присутствие плавней попутно способствует понижению огнеупорности основного скелетного материала рабочей массы. В обыкновенных легкоплавких и огнеупорных глинах, идущих для производства строительных материалов, роль флюсов выполняется преимущественно смесями FeO, Fe_2O_3, TiO_2, CaO, MgO и щелочами, которые вместе с тончайшими частицами SiO_2 образуют легкоплавкие эвтектики. В К. п., применяющих более высокие $t°$ термич. обработки (>1 000°) и более ценное сырье, в качестве плавней идут преимущественно богатые щелочами слюда и полевой шпат. Последний в ряде производств искусственно вводится в состав рабочей массы (фарфор, фаянс).

К в ы г о р а ю щ и м в е щ е с т в а м относятся: древесные опилки, торфяная мука, измельченная пробка, порошкообразный древесный или каменный уголь. Их назначение—придать керамическим изделиям большую пористость после обжига и уменьшить их объемный вес. Величина пор, остающихся после выгорания органических примесей, зависит от крупности частиц последних, количество пор—от процентного содержания примесей.

Основные приемы К. п. Основные приемы К. п. состоят чаще всего из: а) обработки сырья, преимущественно его измельчения; б) приготовления (смешение и увлажнение составных частей) рабочей массы; в) изготовления сырца и формования изделий; г) просушивания последних; д) термич. обработки их, т. е. обжига.

И з м е л ь ч е н и е. Характер и степень измельчения весьма различны для отдельных керамич. отраслей и зависят от свойств сырых материалов, от размера и сложности формы готовых изделий и от принятого способа производства. Чем тоньше измельчение, тем теснее и по бо́льшим поверхностям отдельные частицы будут соприкасаться между собой, тем плотнее будет обожженный материал. Значительная тонкость измельчения сырых материалов, согласованная с их подбором (больше или меньше плавней), обеспечивает в зависимости от класса изделий как максимальное уничтожение пористости черепа в процессе обжига (каменный череп), так и значительную, но весьма тонко распределенную пористость (пористый череп, фаянс). Измельчение, применяемое в отдельных отраслях керамики, весьма различно: от грубого зерна до тончайших пыле-

видных частиц, способных длительно удерживаться в воде во взвешенном состоянии. Наиболее грубое измельчение (максимальный размер частиц от 2 до 5 и даже до 7 *мм*) природных и искусственных материалов имеет место в огнеупорном производстве, в особенности при изготовлении крупных изделий; однако и здесь в составе рабочей массы д. б. не менее 40—60% наиболее тонких частиц от $^1/_2$ до $^1/_4$ *мм* и мельче. В нек-рых случаях избыток пылевидных частиц оказывается вредным для свойств приготовляемых изделий. Наилучшие свойства—механическая, термическая, а возможно и химическая прочность огнеупорных материалов—зависят от правильного подбора в шихте процентного соотношения грубых, средних, мелких и тончайших частиц. В производствах тонкой керамики требуется весьма тщательное измельчение,осуществляемое лучше всего мокрым путем. Готовые, жидко-текучие, фарфоровые и фаянсовые массы контролируются на достаточность помола ситами, отверстия к-рых пропускают лишь частицы величиной от 0,08 до 0,1 *мм*. Достаточность мокрого измельчения глазурей и эмалей определяется ситами с отверстиями диаметром ок. 0,06 *мм*.

Измельчение производят с у х и м или м о к р ы м с п о с о б о м. Мокрый способ тончайшего измельчения твердых материалов имеет существенное преимущество по сравнению с сухим: измельчение идет быстрее, отсутствует пыль; недостаток его—необходимость искусственного удаления значительного количества воды из полученного шлама; поэтому мокрый способ применяется в производствах, где необходимы не только тончайшее измельчение материалов, но и одновременное, весьма тщательное смешение получающихся тончайших частиц разнородных минералов (производства фарфора, фаянса и ответственных кислотоупорных изделий). Процесс измельчения сырья определяется его физическ. свойствами (см. *Дробление*). Из обычных видов сырья наибольшее сопротивление при измельчении оказывают кварц, кварциты и высокообожженный шамот, наименьшее—куски высушенной глины.

Различают три основных вида измельчения: дробление, зернение и тонкий помол. Соответственно этому измельчающие машины разделяются на д р о б и т е л и, з е р н и т е л и и м е л ь н и ц ы. Первые предназначаются для начального, подготовительного измельчения (до $2^1/_2$—6 *см*) особенно твердых пород и материалов или особо крупных кусков менее твердых пород; вторые производят дальнейшее измельчение (до 1—6 *мм*); третьи дают порошкообразный материал—от тонкого до тончайшего с преобладающей массой частиц от 0,1 до 0,01 *мм* и мельче. Измельчающие машины в зависимости от их конструкции и свойств обрабатываемого материала дают шихту непостоянного и неоднородного гранулометрич. состава; твердые и нехрупкие материалы дают более однородное по крупности частиц измельчение с преобладанием крупных частиц над мелкими, и наоборот.

Типичными дробителями в К. п. являются камнедробилки Блека и все чаще применяющиеся в настоящее время кегельные или конич. дробилки (см. *Дробилки*). Обычными машинами для зернения материала являются вальцы: гладкие—для твердых материалов и невязких, умеренно влажных глин и рифленые или зубчатые (дробильные вальцы)—для сильно влажных и вязких глинистых материалов, в особенности содержащих более твердые включения, подлежащие попутно измельчению (см. *Кирпичное производство*). Для постепенного и более равномерного измельчения породы вальцовые установки монтируются в отдельные агрегаты из 2 или 3 пар, расположенных одна над другой, верхняя с наибольшим просветом щели, нижняя—с наименьшим. Для измельчения и частично для смешения вязких пластических глин такие агрегаты имеют наверху, вместо гладких, зубчатые или груборифленые вальцы. При измельчении твердых материалов гладкие вальцы дают остроганное зерно; при этом поверхность вальцов подвергается значительному износу. Большое распространение в К. п. в качестве машин-зернителей имеют *бегуны* (см.), работающие как периодически, так и непрерывно. В противоположность работе гладких вальцов бегуны периодического действия, широко применяемые в динасовом производстве, дают шихту с повышенным содержанием средних и более тонких, вплоть до тончайших частиц. В отраслях тонкой керамики при зернении кварца и шпата под и катки бегунов, во избежание загрязнения материала частицами железа, изготовляют из кварцита или гранита. В новейшее время бегуны для сухого измельчения устраивают с непрерывн. самоотсевом. Бегуны с вращающейся тарелкой хорошо смешивают шихту из грубозернистого сухого материала и небольшого сравнительно количества влажной массы (керамическая связка). Такие бегуны в настоящее время работают непосредственно от мотора.

Бегуны для мокрого измельчения (см. *Кирпичное производство*) предназначаются для переработки смеси различных сортов сырой глины и отощающих материалов при добавлении воды. Они перерабатывают материал значительно интенсивнее, чем вальцовые установки. Большая степень измельчения легче достигается при помощи другого типа машин-зернителей, действующих ударом быстро вращающихся рабочих частей. Таковы *дезинтеграторы* (см.) и м о л о т к о в ы е м е л ь н и ц ы, или п у л ь в е р и з а т о р ы (см. *Дробилки*). Дезинтеграторы находят широкое применение для измельчения достаточно сухой кусковой глины, не содержащей природных или случайных твердых включений — кусков пирита, кварца, железных обломков и т. д., вызывающих искривление и поломку вращающихся штифтов. Молотковые зернители, появившиеся сравнительно недавно, постепенно приобретают все большее распространение для измельчения кусковой глины и других умеренно твердых материалов (мел, гипс, мергель, уголь, кирпичный и черепичный бой). Ударные пластины или молотки машины свободно подвешены на болтах, скрепляющих центральные диски, и, находясь под

действием центробежной силы, принимают во время работы машины радиальное положение. В случае износа они легко сменяются. Степень измельчения материала регулируется величиной щелей (3—25 *мм*) в колосниковой решетке, перекрывающей выходное отверстие. Производительность машины колеблется от 1,5 до 15 *т/ч* и выше при 800—1 600 об/мин.

Машины тонкого и тончайшего помола, применяемые в К. п., весьма разнообразны. Сюда относятся еще сравнительно недавно имевшие значительное распространение жерновые устройства, более современные и наиболее распространенные кольцевые мельницы, а также многообразные шаровые и трубомельницы различных систем, работающие с самоотсевом или в соединении с новейшими отвевающими воздушными устройствами. Кольцевые мельницы применяются с особенным успехом для измельчения материалов более хрупких, умеренной или средней твердости. При измельчении очень твердых материалов, напр. кварцитов, они дают уже более грубый порошкообразный продукт. *Шаровые мельницы* (см.) широко используются для сухого измельчения шамота и высушенной глины, шлаков, гипса и других материалов средней и малой твердости. В тонкой керамике применяются шаровые мельницы периодич. действия для мокрого помола; рабочее пространство их выкладывается кварцитовыми или фарфоровыми камнями и плитами; взамен стальных шаров применяются кремневые голыши. Трубомельницы, одновременно выполняющие работу перемешивания измельчаемого материала, применяются преимущественно при изготовлении каменного товара: облицовочных и кислотоупорных изделий, дренажных и канализационных труб. Применение их весьма целесообразно при массовом изготовлении достаточно тонкого помола кварца, шпата, пегматита и т. д. В последнем случае трубомельницы должны снабжаться также защитной футеровкой. В последнее время в К. п. начали применять конич. мельницы Гардинга.

Разделение по крупности. Обеспечение достаточной степени измельчения м. б. осуществлено тремя способами: 1) измельчающая машина имеет контрольное устройство в качестве нераздельно связанной с ней детали (шаровая мельница Альзинга, дезинтегратор «Кратер» и др.), 2) измельченный материал направляется на устанавливаемое отдельно вслед за зернителем или мельницей вращающееся, качающееся или вибрирующее контрольное ситовое устройство и 3) измельчающая машина ставится в определенные условия работы (однородность сырья, постоянство питания и количества оборотов и т. д.), которые проверяются периодическим просеиванием отдельных проб (например трубомельница). В новейшее время для отделения наиболее тонких частиц помола применяются также специальные устройства, сепараторы и эксгаустеры, работа которых основывается на разделении по крупности в потоке воздуха.

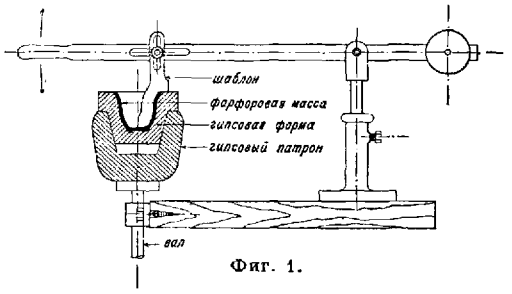
В К. п. применяются три вида ситовых устройств. а) Плоские сотрясающиеся сита, устанавливаемые у выходных отверстий измельчающих машин, служат для отделения крупных частиц от основной массы удовлетворительно измельченного материала. Они применяются в качестве контрольных сит как при сухом, так и при мокром способах измельчения. б) Вращающиеся цилиндрические, конические или многогранные ситовые устройства обычного типа. Удлиненные конструкции их применяют для фракционирования грубого помола при производстве огнеупорных и абразионных материалов. в) «Вибрационные» сита в отличие от плоских сит имеют значительно увеличенный наклон и бóльшую рабочую поверхность. По сравнению с вращающимися вибрационные сита требуют меньше места, расходуют меньше силы и дольше служат без ремонта. Вращающиеся и вибрационные сита, в особенности предназначенные для фракционирования помола, устанавливают обычно выше измельчающего агрегата, обусловливая этим возможность «кругового» процесса измельчения. В случае необходимости выделить из помола наиболее тонкие пылевидные фракции частиц выгоднее применение устройств, работающих по принципу воздушного отмучивания. Таковы воздушные или ветряные сепараторы фирмы Gebr. Pfeiffer, Ateliers d'Arlod и др., а также эксгаустерные устройства с пылеотделительной камерой «Циклон».

Приготовление рабочей массы. Сырые материалы по измельчении подвергаются тщательному смешению для придания им в необходимой степени физич. однородности. Тщательность и полнота смешения частиц часто весьма разнородных материалов имеет, подобно процессу измельчения, чрезвычайно важное значение для развития физико-химическ. явлений при последующей термич. обработке массы. Чем тщательнее произведено смешение этих разнородных по химич. составу, по величине, по уд. в. частиц минералов, тем однороднее по массе и по свойствам получится готовый продукт. Существуют три наиболее часто применяемых способа смешения: сухое, пластическое и мокрое смешение. При сухом способе производится смешение измельченных материалов в порошкообразном состоянии, для чего необходима предварительная сушка всего сырья или части его, к-рая поступает на з-д во влажном состоянии. Необходимый для образования рабочей массы минимум влаги добавляется уже во время или после смешения или обеспечивается неполным просушиванием сырья. Все составные материалы д. б. в одинаковом порошкообразном, достаточно сухом состоянии, иначе будет неизбежно слипание частиц, образование комков и катышков. Этот способ смешения до самого последнего времени имел лишь сравнительно ограниченное применение при изготовлении путем прессования облицовочных изделий: половых плиток метлахского типа, фаянсовых стенных плиток, огнеупорных шамотных материалов и др. Основными сырыми материалами рабочей массы являются здесь обычно глины и, в меньшем количестве, тонко измельченный шамот, шпат, иногда шлаки или при-

родные богатые щелочами камни типа базальтов и т. д. Частично способ сухого смешения находит применение в тонкой керамике, когда оказывается возможным формование изделий посредством штампования при давлении в 25—50 *кг/см*² и больше. В таких случаях к рабочей смеси добавляется во время процесса смешения или после него от 8 до 12% воды или иной жидкости (керосина и т. д.). Сухое перемешивание м. б. периодическим или непрерывным. В первом случае оно осуществляется при помощи вращающихся барабанных смесителей или мялок-мешалок системы Вернера и Пфлейдерера (см. *Глиномятка*). Во втором случае применяются горизонтальные корытные глиномятки ординарного или двойного действия и шнековые устройства. При механич. сухом смешении разнородных измельченных материалов скорости вращательного движения механизмов не д. б. слишком большими, иначе смешение, вследствие неизбежной тенденции частиц распределяться по величине и уд. в., не будет полным и равномерным. Пластическое смешение рабочей массы применяется преимущественно во всех отраслях грубой керамики. Важнейшими машинами этого способа являются различного вида глиномятки и перегонный ленточный пресс. Если материал был измельчен сухим способом (порошкообразный), то смешение идет одновременно с увлажнением. Свежедобытые природновлажные, жирные (вязкие) и тощие (рыхлые) кусковые глины, применяемые для изготовления обыкновенного кирпича, черепицы и родственных им изделий, дополнительно увлажняются и смешиваются с песком и, реже, с соответствующим шамотом в глиномятках после предварительной переработки материала на рифленых или гладких вальцах или на мокрых бегунах. Рабочая масса, подготовленная глиномяткой, поступает для дополнительной обработки чаще всего на горизонтальный ленточный перегонный пресс, к-рый выжимает ее под нек-рым давлением в виде непрерывного бесконечн. пласта (ленты) сечением, соответствующим выходному отверстию пресса. Смешение мокрым путем (при избытке воды) находит обширное применение в промышленности тонкой керамики. Ценность его заключается в том, что он, по сравнению с предыдущими способами, гарантирует наибольшую однородность смешения тончайших частиц материалов. Операция мокрого смешения сырых материалов состоит в длительном взбалтывании смеси кусков сырых или сухих глинистых и порошкообразных каменных (шпат, кварц, кремень) материалов в воде, одновременно размачивающей глину, разлагающей ее агрегаты на тончайшие отдельности и смешивающей последние с частицами других предварительно измельченных компонентов. В результате этой операции, производимой в мешалках-«болтушках», получается б. или м. жидкая текучая масса, так назыв. шлам, или сырая масса.

Каждый из способов смешения обладает как крупными достоинствами, так и существенными недостатками. Поэтому выбор и применение их в каждом отдельном случае д. б. тщательно взвешены. Как правило, первые два способа являются более дешевыми в производстве по сравнению с третьим способом (удаление большого количества воды), к-рый обеспечивает однако однородность и полноту смешения. На практике не всегда применяют указанные способы смешения в чистом виде: нередко оказывается экономически более выгодным и технически целесообразным их комбинирование.

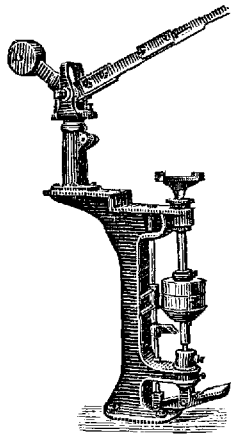
Формование изделий. Чрезвычайное разнообразие форм, размеров, видов применения и свойств готовых изделий, с одной стороны, и разнородность состава и состояния рабочих масс, с другой, обусловливают



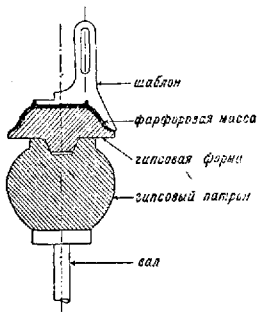
Фиг. 1.

существование также трех основных способов формования керамич. изделий: пластического, сухого или полусухого и мокрого.

Пластический способ—самый старый и наиболее распространенный способ формования изделий из тестообразной значительно увлажненной массы. Сырцовые изделия, заформованные этим способом, дают при высушивании увеличенную усадку, доходящую до 10 и больше % (лин. разм.), вследствие чего при быстрой сушке изделия могут легко деформироваться и растрескиваться. При этом способе используется полностью самое ценное технологич. свойство глины—ее пластичность в увлажненном состоянии. Тестообразная рабочая масса легко поддается формованию не только при помощи машин, но и вручную на гончарном кругу или путем набивания в специальные деревянные и другие формы. Для массового же изготовления изделий на том же гончарном кругу применяется шаблонная формовка в гипсовых формах. Шаблон представляет собою фигурную пластинку, заготовленную в соответствии с внутренним или наружным контуром формуемого изделия и закрепляемую в особом рычажн. устройстве—шаблонодержателе, к-рый устанавливается на столе гончарного станка (фиг. 1). Иногда применяются приводные формовочные станки с шаблонодержателями (фиг. 2). На шпинделе гончарного круга при этом закрепляют


Фиг. 2.

гипсовую форму, приготовленную с учетом очертаний и усадки будущего изделия. Она может иметь или углубления (фиг. 1), если изготовляется полый предмет (чашка, миска), или выпуклый рельеф (фиг. 3), если изделие имеет плоскую форму (блюдце, тарелка). Т. о. каждый раз в образовании наружной и внутренней поверхности изделия участвуют одновременно гипсовая форма и шаблон. Производительность труда и точность размеров изделий при таком способе значительно выше, чем при ручной формовке.



Фиг. 3.

При массовом изготовлении крупных, полых и толстостенных (капсели, тигли) изделий, когда формовка на кругу оказывается уже затруднительной, применяются механические прессы (фрикционные, винтовые, рычажные и др.). Эти прессы применяются также для подпрессовки сырцовых заготовок, «валюшек», получаемых путем ленточного прессования. Задачей подпрессовки является придание сырцовым изделиям большей правильности формы, четкости ребер и углов и нанесение заводского клейма или марки. Подобные прессы работают периодически или непрерывно, автоматически. Их рабочая часть состоит из прессовой коробки с подвижным дном и поршня с матрицей. Кусок массы, чаще всего слегка подвяленной, помещают в коробку и запрессовывают в ней. Необходимая величина прессового давления изменяется в широких пределах в зависимости от рода, величины и веса изделий, от сплошности их материала, от гранулометрич. состава массы и особенно от ее пластичности и степени увлажнения. При нормальной влажности (18—20%) и необходимости обеспечить обычную пористую структуру готовым изделиям величина давления д. б. не более 15—30 *кг/см*^{2}; при влажности в 12—14% давление повышается до 50—60 *кг/см*^{2}.

Важнейшей формовочн. машиной пластического способа изготовления керамич. изделий являются ленточные прессы, применяемые во всех случаях изготовления строительной керамики. В зависимости от формы сменяемых мундштуков можно получать пласты самых разнообразных сечений; пласт вручную или автоматически разрезается на куски определенного размера. Эти куски являются либо готовыми сырцовыми изделиями (строительный кирпич, плоская черепица, дренажные трубы, подовые плиты, специальные полые камни «Hourdis» и др.), нуждающимися лишь в сушке и обжиге, либо служат полуфабрикатом, который должен получить дальнейшую наружную отделку (канализационные трубы, литниковые бруски, огнеупорные трубки из фарфора и т. д.), подвергнуться прессовке с целью получения иной определенной формы (капсели, тигли, пробки) или дополнительной подпрессовке (шамотный кирпич, фасонные изделия, кафели, марсельская черепица и т. д.). Ленточные прессы чаще всего применяются в производствах грубой керамики, где соприкосновение рабочей массы с железом машины не опасно в смысле загрязнения ее ржавчиной (см. *Кирпичное производство*). Для изготовления канализационных, дренажных и кислотоупорных труб крупного размера применяются вертикальные ленточные прессы.

При сухом способе формования содержание влаги в зависимости от тонкости частиц и пластичности массы колеблется в пределах от 2 до 8—10%, вследствие чего формование изделий требует значительного прессового давления. При полусухом формовании влажность повышается до 12—14%, давление же соответственно понижается. Формование осуществляется путем набивания массы в деревянные или металлич. формы вручную (деревянным молотком) или пневматическим трамбованием. При сухом способе предварительная сушка сырцовых изделий перед обжигом является излишней, при полусухом—необходимой, причем воздушная и огневая усадка изделий значительно меньше, чем при пластич. способе. Сухопрессованные сырцовые изделия из богатых SiO_2 масс дают даже некоторое увеличение объема, а при шамотных—лишь сравнительно незначительное уменьшение размеров. Сухой способ формования применяется в фарфоровом производстве при штамповании электротехнич. установочных изделий (штепсели, выключатели, розетки и др.), а также при изготовлении некоторых видов облицовочных строительных материалов, например метлахских половых плиток и более крупных тротуарных плит. Давление прессования составляет в этих производствах от 150 до 300 *кг/см*^{2} в зависимости от степени измельчения и увлажнения рабочей массы и от желаемой плотности черепа готовых изделий. В последнее время сухое прессование вводят при изготовлении огнеупорных материалов и изделий тонкой керамики. Преимущества сухого способа значительны, и его применение взамен мокрого пластического способа во многих случаях обещает значительное упрощение и удешевление производства. Однако спрессованный под большим давлением из обычной влажной глины строительный кирпич (способы изготовления Дорстена и Тиглера) получает уменьшенную пористость и становится, следовательно, более теплопроводным и тяжелым. Огнеупорный кирпич, шамотный или динасовый, приобретая более плотную структуру, становится термически менее прочным. Эти трудности путем соответствующего подбора сырья, рецептуры рабочей массы и приемов производства могут быть преодолены. Полусухое формование применяется: при изготовлении шамотных (большого размера фасонных изделий, например брусьев для ванных печей), динасовых и абразионных изделий, при формовании из огнеупорной глины валюшек для обжига их на шамот и т. д. Указанный способ наиболее выгоден при обработке умеренно влажных от природы глинистых масс.

Мокрый способ формования, литье, известен в тонкой керамике с конца 18 в. Рабочая масса, применяемая для формования отливкой, приготовляется путем отстаивания и удаления излишка воды из керамической массы, приготовленной мокрым измельчением и смешением, или путем разбалтывания с водой вылежавшейся тестообразной массы до получения густой умеренно вязкой жидкости. Этими обоими способами пользуются обычно в фарфоровом и фаянсовом производствах. При изготовлении грубошамотных отливочных масс выгоднее применять сухое смешение составных частей массы с последующим разведением получаемой шихты водой; излишнее количество последней вызывает слишком большую усадку отлитых изделий, увеличивает способность их к деформации при сушке и износ гипсовых форм. Понижение процентного содержания воды достигается добавлением к рабочей массе щелочи, чаще всего кальцинированной соды, в количестве от 0,2 до 0,4% от веса взятой воды для тонких масс и до 1,0% для грубошамотных. Кроме соды добавляется иногда NaOH, поташ, растворимое стекло и тонко измельченные стеклообразные фритты, богатые щелочами. Разжижающее действие оказывают также мыло, дубильная и гумусовая кислоты. Лучше всего поддаются разжижению отощенные керамич. массы, содержащие отмученный каолин, измельченный бисквитный череп и т. п. примеси. Эти массы дают сравнительно небольшую усадку, легко отстают от гипсовой формы и без осложнений высыхают. Трудности разжижения керамич. массы возрастают с увеличением крупности частиц шамота, стремящихся осесть на дно даже из сравнительно густой и вязкой суспензии. В этом случае разжижающее действие щелочи м. б. усилено добавлением гумуса. Слабые концентрации растворов щелочей в настоящем случае уменьшают пластичность глины, тогда как добавка коллоидов (таннин, крахмальный клейстер, декстрин и т. д.) ее увеличивает. Ф. Форстер объясняет явление разжижения глины в присутствии щелочей тем, что отрицательно заряженные ионы OH электростатически расталкивают одинаково с ними заряженные частицы глинистого материала, вследствие чего последние оказываются разделенными водяной пленкой, обеспечивающей им значительную подвижность, а всей массе—текучесть. Опыт показывает, что каждая глина требует для своего разжижения определенного количества щелочи. Избыток последней или нейтрализация массы добавлением к-ты оказывает обратное действие—масса густеет, становится более вязкой и теряет свою подвижность.

Отливка изделий производится в полых гипсовых формах, наполняемых до краев приготовленной массой. Пористые стенки формы впитывают влагу массы, к-рая вследствие этого, густея, оседает по внутренней поверхности формы и образует равномерный сплошной слой материала стенок будущего изделия; когда толщина этого слоя становится достаточной, остальная жидкая масса выливается. Через некоторое время сформованное тело отстает от стенок формы. Толстостенные огнеупорные, кислотоупорные и фаянсовые изделия (ванны, баки, стеклоплавильные горшки и т. д.) отливаются в массивных гипсовых формах, иногда состоящих из двух частей: наружной полой и массивной внутренней (керн). Преимущества формования отливкой перед другими способами—быстрота и простота изготовления изделий и однородность строения черепа в смысле минералогического состава и механического уплотнения.

Отделка сформованных керамич. изделий состоит в обрезке их для соблюдения точных размеров, приставке выпуклых, опущенных при формовании по тем или иным техническим соображениям, частей (носик чайника, ручка чашки, пуговка крышки, крановые и горловые тубусы кислотоупорных баллонов и т.д.), в вырезке отверстий в корпусе их, устройстве винтовой нарезки и т. д. Все эти операции производятся на изделиях предварительно подвяленных, т. е. высушенных до так наз. кожетвердого состояния. В таком состоянии части изделий легче всего поддаются прочному сращиванию, для чего поверхности их по месту будущего сращивания разрыхляют и смазывают небольшим количеством разведенного в воде того же глиняного материала. Фарфоровые и фаянсовые изделия после просушивания протираются наждачной или песчаной бумагой для уничтожения неровностей, остающихся после формования в гипсовых формах. В грубой керамике наибольшее значение отделка имеет при производстве труб и кислотоупорных изделий.

Сушка в той или иной форме производится в каждом К. п. с целью удаления излишней влаги из сырых материалов или сырцовых изделий, приготовляемых полусухим или пластическим формованием или литьем (см. *Сушка в керамическом производстве*).

Глазурование применяется преимущественно в тонкой керамике. При производстве строительных материалов оно встречается лишь в отдельных случаях, например при изготовлении печных кафелей, облицовочных пустотелых фасонных кирпичей, декоративной черепицы, стенных плиток, кислотоупорных изделий, газовых реторт, изредка шамотных изделий. Все изделия строительного назначения глазуруются после достаточного высушивания без утильного обжига путем погружения на короткое время в густо разведенную глазурную суспензию. О глазуровании фарфоровых и фаянсовых изделий и способах приготовления глазурей см. *Глазури*.

Подглазурная живопись. Фаянсовые изделия, включая стенные плитки, декорируются преимущественно подглазурной живописью специальными керамическ. красками (преимущественно окислы металлов) по утильному или, реже, по необожженному черепу. Краски должны обладать высокой кроющей способностью, не должны отставать от черепа или давать трещин и не должны растворяться в вышележащем глазурном покрове во время его расплавления.

Обжиг керамических изделий. Изделия и материалы строительного назна-

чения обжигаются обычно один раз, независимо от того, имеют ли они глазурный покров или нет. В производстве тонкой керамики применяется двукратный, а в случае надглазурной живописи (муфельными красками) трехкратный обжиг изделий. Основы процесса термической обработки см. *Обжиг в керамическом производстве*.

В виду сложности процессов в К. п. необходимо постоянное и систематическое наблюдение заводской лаборатории за каждым звеном производственного процесса.

См. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 196—208, 218—232.

Данные по экономике К. п. см. *Изразцы, Кирпичное производство, Фарфоровое производство, Фаянсовое производство*.

Лит.: Ле-Шателье А., Кремнезем и силикаты, Л., 1927; «Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1926/27», Л., 1928; Будников П., Керамическая технология, Харьков, 1927; «Керамика и стекло», М., с 1925; «МС», с 1926; «СП», с 1923; «Строит. материалы», М., с 1920; «Труды Гос. исследов. керамич. ин-та», М.; «Труды Гос. эксперим. ин-та силикатов», М.; Eitel W., Physikalische Chemie d. Silikate, Lpz., 1929; Rieke R., Die Arbeitsmethoden d. Silikatchemie, Brschw., 1923; Sosman R., The Properties of Silica, N. Y., 1927; Wilson H., Ceramics, Clay Technology, New York, 1927; Bauer E., Keramik, Dresden, 1923; Searle A., The Ceramic Industries Pocket-Book, L., 1920; Searle A., The Clayworker's Handbook, L., 1921; Searle A., The Natural History of Clay, Cambridge, 1912; Yako G., Keramische Materialkunde, Dresden, 1928; Niederleuthner R., Unbildsame Rohstoffe keramischer Massen, W., 1928; Ries H., Clay Occurence Properties a. Uses, New York, 1927; Brogniart A., Traité des arts céramiques, P., 1877; Kerl B., Handbuch d. gesamten Tonwarenindustrie, Brschw., 1907; Hecht H., Lehrbuch d. Keramik, W.—Lpz., 1923; Pukall W., Grundzüge der Keramik, Koburg, 1922; Singer F., Die Keramik im Dienste v. Industrie u. Volkswirtschaft, Braunschweig, 1923; Blanc E., Technologie des concasseurs, broyers et tamiseurs, Paris—Liège, 1924; Berdel E., Einfaches chemisches Praktikum für Keramiker, T. 1—4, Koburg, 1926; Bollenbach H., Beispiele zur Berechnung keramischer Massen und Glasuren, Halle a/S., 1911; Pukall W., Keramisches Rechnen auf chemischer Grundlage an Beispielen erläutert, Breslau, 1927; Kristallglasuren, Koburg, 1911; Solon M., Ceramic Literature, London, 1910; Fachliteratur-Verzeichnis für Tonindustrie, Berlin, 1929; Fachliteratur «Sprechsaal», Koburg, 1928; Bollenbach H., Laboratoriumsbuch f. die Tonindustrie, Halle a/S., 1928; «Tonindustrie-Zeitung», B., ab 1877; «Keramische Rundschau», B., ab 1893; «Sprechsaal», Koburg, ab 1868; «Berichte d. Deutschen keramischen Gesellschaft», B., ab 1922; «British Clayworker», L.; «Transactions of the English Ceramic Society», Stoke-on-Trent; «Transactions of the American Ceramic Society», Ohio; «Brick and Clay Record», Chicago; «The Clayworker», Indianapolis; «Technologic Papers of the Bureau of Standards», Wsh.; «La Céramique», P.

В. Юрганов.

КЕРАМОЛИТ, новый строительный материал, предложенный Институтом силикатов для дешевого огнестойкого строительства взамен глинобитных построек. К. получается обработкой обыкновенной кирпичной глины разбавленной серной к-той (1—2% к-ты от веса глины). От глины К. отличается повышенной водоустойчивостью: в то время как небольшая пирамидка, сформованная из глины и опущенная в воду, разрушается в течение нескольких минут, такие же пирамидки из К. остаются под водой без изменения в течение нескольких дней. Усадка при высыхании меньше, чем у исходной глины. Материал является довольно стойким к резким изменениям температуры (накаливание и последующее погружение в воду). Механические свойства его следующие: временное сопротивление на разрыв 15,7—32,8 *кг/см²*, на сжатие 45—60 *кг/см²*. В настоящее время ведется изучение К. в смысле его широкого практич. применения; вопрос этот не получил еще окончательного решения. К. с добавкой волокнистых материалов (асбест, растительные волокна) носит название керамофазерита; пирамидки из него могут долго сохраняться в воде, не изменяя своей формы. Механические свойства керамофазерита выше, чем у К.

Лит.: Швецов Б., Новые огнестойкие строительные материалы, «СП», 1924, *9*; Петров Д. И., Керамолит как новый дешевый огнестойкий строит. материал, там же, *11*; Швецов Б. С. и Елшанкин К. Г., О водоустойчивости глин, «Труды Государственного экспериментального института силикатов», М., 1926, вып. 21.

Б. Швецов.

КЕРАРГИРИТ, роговое серебро, минерал кубич. системы из группы галоидных солей; встречается в виде примазок, вкрапленников и в сплошных массах; *излом* раковистый; цвет К. голубоватый, зеленоватый, фиолетовый, бурый до черного; совершенно чистый К. бесцветен; блеск жирный, алмазный; черта блестящая; ковок, легко режется ножом; тв. 1,5—2; удельн. вес 5,58—5,60; хим. сост. AgCl (75,3% Ag и 24,7% Cl). Кислоты действуют на К. весьма слабо; в аммиаке он медленно растворяется; перед паяльной трубкой вскипает, плавится в серый, бурый или черный королек, который с содой в восстановительном пламени быстро дает металлическое серебро. К.—одна из самых богатых серебряных руд. Встречается во многих местах: на Алтае (Змеиногорский рудник), Гарце, в Саксонских Рудных горах, США, Перу, Чили, Боливии, Мексике. См. *Серебряные руды* и *Спр. ТЭ*, т. I.

Лит.: Мейстер А. К., Металлические полезные ископаемые СССР, Москва—Ленинград, 1926; Лебедев Г., Учебник минералогии, СПБ, 1907; Fay A., A Glossary of the Mining a. Mineral Industry, Washington, 1920.

КЕРАТИН, главная составная часть шерсти, *волоса* (см.), рогов, копыт, перьев и эпидермиса; по химическ. составу и свойствам принадлежит к белковым веществам—*альбуминоидам* (см.). Средний элементарный состав К. (из шерсти): 50% C, 7% H, 22—26% O, 15—17% N и 2—4% S; ему приписывают эмпирич. формулу $C_{39}H_{65}N_{11}SO_{13}$. Имеются указания на существование нескольких разновидностей кератина, различающихся напр. по их отношению к HNO_3. Химич. строение К. еще не установлено; при гидролизе он дает ряд аминокислот. Гебгард на основании реакций К. считает, что в К. шерсти имеется комплекс атомов, соответствующий антраноилантранилиловой кислоте. $C_6H_4(NH_2)\cdot CO\cdot NH\cdot C_6H_3\cdot COOH$, т. е. что в нем содержатся амидные (NH_2), карбоксильные (COOH) и CONH-группы, обусловливающие амфотерный характер кератина. Однако Сильмен установил, что К. шерсти имеет слабо кислый характер с $P_ц = 4{,}8 \div 4{,}9$. В воде (при обычных условиях) кератин почти или вовсе нерастворим; лишь при нагревании с водой под давлением при 150—200° он гидролизуясь переходит в раствор. В разбавленных кислотах К. тоже нерастворим, но образует с ними солеобразные соединения. Конц. к-ты (H_2SO_4 и др.) действуют на К. разрушающим образом, однако значительно медленнее, чем например на целлюлозу; на этом основана *карбонизация шерсти* (см.). Азотная к-та при нагревании дает с К. ксан-

топротеиновую реакцию, окрашивая его в желтый цвет. Едкие щелочи как концентрированные, так и разбавленные действуют на кератин гидролизующим образом (разрушают и растворяют); напр. уже 0.01%-ный раствор NaOH при кипячении растворяет К. ют газолин, последующие 8—9 кубов дают керосиновый дистиллат, и наконец последние 1—2 куба—легкую солярку. В зависимости от сырья выход керосиновых дистиллатов, $t°_{кип.}$ и удельн. вес их варьируют в значительных пределах, что видно из табл. 1.

Табл. 1.—Температура кипения, удельный вес и выход керосинового дистиллата важнейших нефтей СССР.

Месторождение сырой нефти	Тип нефти	$t°_{кип.}$	Уд. вес при 15°	Выход в %
Биби-Эйбат (Баку)	—	150—275°	0,813—0,831	30—00
Сабунчи, Раманы (Баку)	—	150 275°	0,818—0,835	25—33
Балаханы (Баку)	Легкая нефть	150—275°	0,819—0,830	25—32
» »	Тяжелая »	150—275°	0,835—0,850	12—15
Сураханы »	—	150—275°	0,812—0,820	25—30
Бинагады »	Легкая нефть	150—275°	0,817—0,835	25—40
» »	Тяжелая »	150—275°	0,835—0,848	15—25
Грозный	Парафинистая нефть	160—270°	Ок. 0,800	До 20
»	Слабопарафин. »	160—270°	» 0,807	» 20
»	Беспарафиновая »	160—270°	» 0,825	» 18
Доссор, II и III гориз. (Эмба)	—	150—275°	0,817—0,856	11—31
Макат (Эмба)	—	150—275°	0,860—0,865	2,4—12

шерсти. В то же время отмечено, что крепкие растворы щелочи (NaOH) при действии в течение нескольких секунд на холоду (0°) не разрушают К., а наоборот улучшают его качества: например шерсть после такой обработки увеличивает свою крепость на разрыв. При осторожном гидролизе К. шерсти при помощи $Ba(OH)_2$ образуется лантугиновая кислота, $C_{19}H_{30}N_5O_{10}$. Углекислые щелочи (Na_2CO_3, K_2CO_3) действуют на К. несравненно слабее, чем едкие; достаточно разбавленные растворы соды, поташа и особенно $(NH_4)_2CO_3$ при обычных условиях можно считать практически не действующими на кератин. Соли некоторых металлов (Al, Cr, Fe), действуя на К. шерсти, «протравляют» последнюю, образуя при этом нечто в роде солеобразных соединений, дающих окрашенные лаки при крашении шерсти протравными красителями.

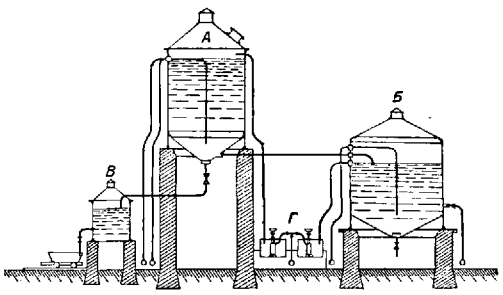
Лит.: Шапошников В., Общая технология волокнист. и красящих веществ, стр. 138—140, М.—Киев, 1926; Петров П., Химич. технология волокнистых материалов животного происхождения, стр. 5, М., 1924; Крайс П., Успехи текстильной химии, стр. 6—7, Л., 1926; Matthews J. M., The Textile Fibers, p. 126—128, N. Y., 1924; Loewenthal R., Handbuch d. Färberei d. Spinnfasern, B. 1, p. 161—182, 2 Aufl., B., 1921. **Д. Грибоедов.**

КЕРМЕК, многочисленные растения семейства Statice (S. coriaria, S. latifolia и др.). К. растет преимущественно в степной полосе Узбекистана, в Акмолинском округе и Закавказьи. Корень и семя К. содержат значительные количества дубильных веществ (напр. корень S. coriaria—21,29% таннидов при 16,47% нетаннидов, а семя его—18,2% таннидов при 4,48% нетаннидов). См. *Спр. ТЭ*, т. III.

КЕРОСИН, нефтепродукт, применяемый главным образом в керосиновых лампах для целей освещения.

Получение. Керосин получают путем очистки керосинового дистиллата, продукта прямой перегонки нефти (см. *Нефти переработка*), получаемого наряду с *газолином* (см.) и *соляровым маслом* (см.) в т. н. керосиновых батареях (непрерывная перегонка), реже—в отдельных перегонных кубах (периодич. перегонка). При 15-кубовой батарее (обычный бакинский тип) с первых 4—5 кубов собира-

Керосиновый дистиллат для получения из него К. подвергают последовательно очистке крепкой серной кислотой (кислотная очистка), затем—едким натром (щелочная очистка) в т. н. мешалках. На фиг. представлена схема расположения приборов для очистки, где *А*—кислотная мешалка, *Б*—щелочная мешалка, *В*—резервуар для кислотных отбросов, *Г*—аппараты, подающие в мешалки щелочь помощью сжатого воздуха. В кислотной мешалке дистиллат освобождается от непредельных и сернистых соединений, в щелочной—от неосевших остатков серной к-ты (кислого гудрона) и от нафтеновых к-т. В тех случаях, когда К. богат ароматич. углеводородами, дающими при сгорании слишком



много копоти, его обрабатывают сернистой к-той (способ Эделеану). Расход серной кислоты ок. 0,5%, едкого натра—ок. 0,2% от веса дистиллата. Потери от очистки не превышают 1,5—2%. После очистки полученному продукту дают отстояться в течение 2—3 дней в отстойных резервуарах. В некоторых случаях для понижения содержания серы и придания К. более приятного запаха его подвергают дополнительной специальной очистке щелочным раствором окиси свинца (плумбитом) и затем фильтрацией через флоридин. Таким способом производится дополнительная очистка передаваемого по керосинопроводу Баку—Батум экспортного К. на специальной очистной станции в Батуме.

Свойства. Технич. нормы на К. в СССР (1929 г.) следующие: уд. в. при 15° до 0,830; цвет, по Штаммеру, не темнее 2,8 (на месте

производства); $t°$ вспышки не ниже 28° (в приборе Абель-Пенского). Кроме того имеются нормы на К. более тяжелый, т. н. пиронафт (маячный К.), для которого: уд. в. при 15° до 0,865; цвет, по Штаммеру, не темнее 3,0 (на месте производства); $t°$ вспышки не ниже 100° (в приборе Мартенс-Пенского). Важнейшее из нормируемых свойств К.—это его $t°$ вспышки, являющаяся мерой его огнеопасности, как следствия нахождения в керосине более легких бензиновых углеводородов. Указанные нормы отнюдь не гарантируют однако полной доброкачественности керосина, который должен удовлетворять еще следующим основным требованиям: К. должен гореть (в лампе с фитилем) ярким спокойным пламенем, без копоти и запаха; сила света лампы не должна заметно спадать по мере сгорания К.; расход К. на единицу силы света д. б. возможно меньше. Чтобы гарантировать эти качества, в нек-рых странах в нормы на К. вводят ряд дополнительных требований. Так например в США нормируются: содержание серы (не свыше 0,135%); конечная точка кипения К. (выше 300°), как гарантия отсутствия в К. более или менее значительного количества легких соляровых фракций; $t°$ помутнения при охлаждении, характеризующая способность К. выделять твердый парафин, кристаллики к-рого, засоряя фитиль, могут понижать силу света; наконец нормируется продолжительность горения различных сортов К. без дополнительной очистки фитиля от нагара. В СССР сорта К., вырабатываемые нашими основными нефтетрестами (Азнефть, Грознефть и Эмбанефть), характеризуются свойствами, которые сведены в табл. 2 (данные 1927 г.).

Лит.: Гурвич Л. Г., Научные основы переработки нефти, М.—Л., 1925; Наметкин С. С., Некоторые сравнительные данные о советских и американских керосинах, «НХ», 1927, *9*, стр. 328; Эммуил Ю. и Завершинская Е., О бакинских керосинах, «АзНХ», 1926, *12* (*60*), стр. 20; Вышетравский С. А., Бензины и керосины нефтей кавказских месторождений, там же, *4* (*52*), стр. 60; Сельский Л. А., Керосины. Итоги исследования грозненских нефтей, «Труды центральной лаборатории Грознефти», М.—Л., 1927, стр. 528; Методы испытаний нефтепродуктов. Библиотека ОСТ, вып. 5, Москва, 1929, ОСТ 537. **С. Наметкин.**

КЕРРА ЭФФЕКТ (электрооптический) состоит в появлении двойного лучепреломления в твердых телах, жидкостях и газах, находящихся в сильном электрич. поле. Диэлектрик внутри плоского конденсатора становится оптически анизотропным, приобретая свойства, аналогичные одноосному кристаллу, ось которого направлена параллельно силовым линиям. Если через такой диэлектрик пропустить линейно поляризован. пучок света с плоскостью поляризации, образующей угол 45° с направлением силовых линий, то вследствие двойного лучепреломления свет выйдет эллиптически поляризованным. При прохождении света, выходящего из конденсатора Керра, через анализатор, повернутый на 90° относительно поляризатора, световой поток будет слабее или сильнее, в зависимости от эллиптичности, приобретенной в конденсаторе. При повышении напряженности поля двойное лучепреломление возрастает, и световой поток, выходящий из анализатора (в случае монохроматичности), периодически возрастает до максимума и падает до нуля (см. фиг.).

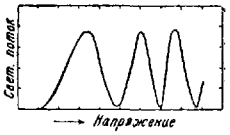


Табл. 2.—Характеристика керосинов, вырабатываемых в СССР.

Керосины	Уд. вес при 15°	Вспышка, по Абель-Пенскому	Внутреннее трение	Цвет, по Штаммеру	Содержание серы в %	$t°$ помутнения (пинке)	Разгонка			
							Нач. кипения	Собрано 40% до $t°$	Собрано 90% до $t°$	Конец кипения
Бакинский для внутр. рынка	0,825	36°	0,01789	3,3	0,04	−20°	139°	170°	288°	322°
» экспортный	0,822	33°	0,01856	2,8	0,03	−20°	142°	164°	286°	310°
Грозненский	0,813	46°	0,01934	3,5	0,02	−15°	162°	187°	285°	313°
Эмбенский	0,826	32°	0,01973	2,6	0,02	−20°	138°	174°	289°	303°

Примечание. Керосин для внутреннего рынка 1929 г. выкипает значительно выше (до 340°).

По сравнению с американскими наши К. мало уступают им в степени очистки, но характеризуются значительно более широкими пределами кипения. Это обусловливается широким применением в Америке при переработке нефти мощных ректификационных колонн, которые на наших нефтеперегонных з-дах только начинают появляться.

Применение. Наиболее широко К. применяется для целей освещения в обыкновенных или керосинокалильных лампах. В США избыток К. употребляется также в качестве материала для крекинг-процесса. Наконец К. находит применение в качестве тракторного топлива, причем такие сорта К. обыкновенно содержат примесь соответствующих погонов крекинга.

Свойства К. э. Опыт показывает, что относительное запаздывание Δ обыкновенного и необыкновенного луча, выраженное в длинах волн λ, зависит от напряженности поля E и длины конденсатора l следующим образом:

$$\Delta = B \cdot l \cdot E^2. \qquad (1)$$

Если мерой двойного лучепреломления считать разницу показателей преломления μ_o и μ_e обыкновенного и необыкновенного лучей, то ур-ие (1) м. б. представлено так:

$$\mu_o - \mu_e = B \cdot \lambda \cdot E^2. \qquad (1')$$

Постоянная B зависит от химич. свойств вещества, температуры и длины волны. Ниже приведены значения B (для желтой линии натрия при температуре 20°) для некоторых твердых тел, жидкостей и газов.

Вещество	$B \cdot 10^{10}$
Шоттовское стекло № 03031	29,3
» » № 5350	138,5
Сероуглерод	3 226
Бензол	595
Нитробензол	$2{,}56 \cdot 10^5$
Нитротолуол	$1{,}21 \cdot 10^5$
Хлороформ	−3 410
Паральдегид	$-2{,}33 \cdot 10^4$
Этилхлорид (давление 1 *atm*)	8,8
Аммиак » » »	0,55
Хлор » » »	0,36
Сернистый газ » » »	−1,56

Как видно, B меняется в очень широких пределах, а иногда имеет и отрицательное значение (т. е. $\mu_e > \mu_0$). Зависимость B от λ для жидкостей с большим электрическ. двойным лучепреломлением и с большой оптич. дисперсией хорошо согласуется с ф-лой, выведенной Хевелоком:

$$B = k \frac{(\mu^2 - 1)^2}{\mu \lambda}, \qquad (2)$$

в к-рой k—постоянная, характерная для вещества и не зависящая от λ и среднего показателя преломления μ. По интерференционным измерениям Экерлейна и Потенье, абсолютное изменение показателя преломления (по крайней мере для сероуглерода и нитробензола) выражается соотношением:

$$\frac{\mu_e - \mu}{\mu_0 - \mu} = -2, \qquad (3)$$

где μ—показатель преломления до наложения поля. Из (1′) и (3) следует:

$$\left.\begin{aligned} \mu_0 &= \mu + \tfrac{1}{3} B \cdot \lambda \cdot E^2 \\ \mu_e &= \mu - \tfrac{2}{3} B \cdot \lambda \cdot E^2 \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

К. э. в жидкостях обладает ничтожно малой инерцией; он наступает во всяком случае не позже, чем через 10^{-8} —10^{-9} ск. после включения поля и с такой же быстротой исчезает после снятия поля. Достоверных, точных измерений скорости возникновения и исчезания К. э. и ее зависимости от $t°$, вязкости, природы жидкости и пр. еще нет.

Теория К. э. Для объяснения двойного лучепреломления в электрич. поле предложено несколько теорий. По Фохту, причина К. э. заключается в том, что связи электронов в молекуле не являются вполне упругими. Когда под действием поля электроны придут в положение равновесия, то при прохождении световых волн они совершают небольшие колебания. Сила, возвращающая электроны обратно к положению равновесия при наложенном поле, не будет однако той же, что в его отсутствии, и колебания перестанут быть одинаковыми как по направлению силовых линий, так и перпендикулярно к ним. Теория Фохта объясняет квадратичность К. э., но противоречит опытному условию (3) и не в состоянии истолковать большой темп-рной зависимости К. э. Она однако сохраняет принципиальное значение при соответствующем переводе на язык теории квантов для понимания явления Штарка и аномального двойного лучепреломления в области тонких линий поглощения паров (напр. паров натрия).

По Ланжевену, К. э. вызывается тем, что молекулы оптически и электрически анизотропны, их «поляризуемость» в таких веществах, как нитробензол, неодинакова в разных направлениях внутри молекулы, вследствие чего при наложении поля в молекулах появляется электрический момент и они стремятся повернуться в положение с минимальной потенциальной энергией. В результате первоначально изотропная среда становится анизотропной. Наводимый момент пропорционален напряженности поля E, с другой стороны, угол поворота диполя также пропорционален E, отсюда квадратичность К. э. Повороту молекул противодействует тепловое движение, двойное лучепреломление должно уменьшаться при повышении $t°$. По Ланжевену:

$$B = \frac{(\varepsilon - 1)(\varepsilon + 2)(\mu^2 - 1)(\mu^2 + 2)}{240 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \mu \cdot R \cdot N \cdot T} \delta_1 \delta_2, \qquad (5)$$

где ε—диэлектрический коэф. жидкости, R—газовая постоянная, N—число молекул в единице объема, T—абсолютная темп-ра, δ_1, δ_2—величины, характеризующие оптическую и электрическую анизотропию молекулы. По измерениям Бергхольма, ф-ла (5) довольно хорошо согласуется с опытом, но не вполне точна. По теории Ланжевена, скорость наступления К. э. связана с вязкостью среды и определяется так наз. временем *релаксации* (см.); чем вязче среда, тем инерция К. э. должна быть больше, что и согласуется, по крайней мере качественно, с опытом. Борн и Дебай приняли во внимание помимо электрич. момента, появляющегося при наложении поля, еще постоянный момент, который может существовать в молекулах. Наконец Лундблад, Раман и Кришнан учли помимо анизотропии молекул, в к-рых возбуждается или существует электрич. момент, еще анизотропию вторичной поляризации окружающей среды. Степень анизотропии молекул, от к-рой зависит К. э., может быть определена другими методами,— напр. по поляризации рассеянного света в молекулярном рассеянии. На основании таких данных удается теоретически вычислить постоянную Керра B в хорошем согласии с опытом (Ганс, Раман и Кришнан).

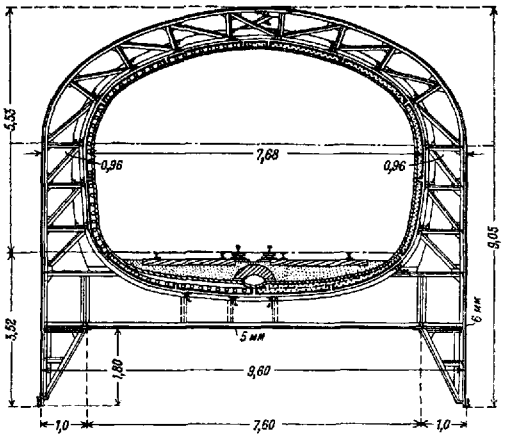
Применения К. э. Конденсатор Керра, помещенный между двумя скрещенными поляризационными призмами, пропускает или не пропускает свет, в зависимости от величины наложенного поля. При этом с точностью по крайней мере до 10^{-9} ск. К. э. следует без задержки и затягивания за изменениями поля. Налагая на конденсатор переменное поле с большой частотой, получаем чрезвычайно быстро и точно работающий прерыватель для света. На этом основано все расширяющееся применение К. э. при физич. измерениях и в технике. Конденсатор Керра с громадными преимуществами заменяет зубчатое колесо Физо при измерении скорости света (Гавиола и Миттельштет). С помощью К. э. может быть точно измерено ничтожное время порядка 10^{-9} ск., протекающее между моментом поглощения света и вторичным излучением его в виде флуоресценции. При помощи конденсатора Керра можно «модулировать» световую волну и получить искусственное уширение или расщепление спектральных линий (Рупп, Бромлей). В технике К. э. применяется с успехом при передаче изображений на расстояние, при телевидении и в *кино звуковом* (см.).

Рабочим веществом служит обыкновенно чистый нитробензол, причем по методу, разработанному Каролюсом, помимо переменного напряжения нитробензол подвергается и постоянному напряжению в 200—400 V; благодаря этому жидкость сохраняется в электрохимически поляризованном состоянии, в к-ром она является прекрасным изолятором с очень малой проводимостью.

Лит.: Voigt W., Magneto- u. Elektrooptik, Leipzig, 1908; Debye P., Handbuch der Radiologie, hrsg. von E. Marx, B. 6, p. 786, Leipzig, 1925; Lundblad R., Untersuchungen über d. Optik d. dispergierenden Medien, Upsala, 1920; Szivessy G., «Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik», Lpz., 1920, B. 16, p. 241; Chaumont M. L., «Annales de physique», P., 1915, sér. 9, t. 4, p. 101, 1916, t. 5, p. 17; Born M., «Ann. d. Phys.», 1918, B. 55, p. 177; Gans R., ibid., 1921, B. 64, p. 481, B. 65, p. 111; «Ztschr. f. Phys.», B., 1923, B. 12, *17*, p. 353; Raman C. V. a. Krishnan K. S., «Philos. Mag. and Journ. of Science», L., 1927, *3*, p. 713; Szivessy G., «Ztschr. f. Phys.», B., 1924, B. 13, *26*, p. 323; Kopfermann H. und Ladenburg P., «Ann. d. Phys.», 1925, B. 78, p. 659; Rupp E., «Ztschr. f. Phys.», Berlin, 1928, B. 18, *47*, p. 72; Gaviola E., «Ztschr. f. Phys.», B., 1926, B. 15, *35*, p. 748, 1927, B. 16, *42*, p. 853; «Ann. d. Phys.» 1926, *31*, p. 681; Schröter F., «Zeitschrift für technische Physik», Leipzig, 1926, Jg. 7, p. 417.

С. Вавилов.

КЕССОННЫЕ РАБОТЫ. К. р. в строительном деле применяются для опускания фундаментов ниже горизонта надземных или подземных вод посредством особых открытых снизу ящиков—кессонов, из к-рых вода вытесняется при помощи сжатого воздуха для возможности производства внутри кессона земляных и каменных работ. Здоровый человеч. организм может выдерживать повышение давления воздуха до 3,5—4,0 *atm* добавочных сверх нормального давления, что соответствует глубине погружения 35—40 *м* ниже уровня воды. Наблюдения над работами в сжатом воздухе показали, что даже небольшие давления (от 0,8 до 1 *atm* добавочной) представляют некоторый вред для здоровья, при повышенных же давлениях этот вред значительно усугубляется; поэтому, с точки зрения охраны труда и здоровья, К. р. не рекомендуются, если их можно избежать по технич. и экономич. соображениям. В плотных глинистых грунтах, в виду большого сопротивления проникновению воды внутрь кессона при том же давлении в 4 *atm* добавочных, можно погрузиться до большей глубины, чем в случае рыхлых песчаных грунтов, которые представляют малое сопротивление проникновению воды и облегчают излишнему воздуху возможность уходить из-под ножа кессона и на нек-рую глубину осушать грунт. Известны случаи погружения кессонов на глубину ок. 40 *м* ниже поверхности воды. Большим преимуществом К. р. является возможность, даже при сильном притоке воды, не вызывая вредного разрыхления окружающего грунта, дойти всухую до материка и непосредственно удостовериться в его качестве. Этим обеспечивается верное достижение надежного грунта для основания и успешное выполнение заложения фундамента на этом основании. Поэтому К. р. применяются в тех случаях, когда является необходимым заложить фундамент ниже уровня воды на сухом основании, а отвод воды обычными средствами (насосы и пр.) невозможен. Далее, когда пользование опускными колодцами, сваями или всякого рода перемычками при большой глубине воды становится невыгодным или затруднительным, приходится прибегать к К. р. В случае наличия в грунте различного рода препятствий (валуны и пр.) или при очень большой глубине залегания материка ниже горизонта воды, К. р. являются особенно экономичными по сравнению с опускными колодцами



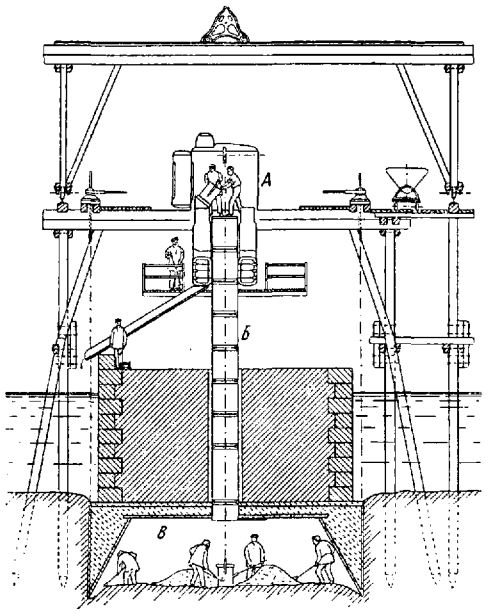
Фиг. 1.

или со свайными основаниями. Также в случае устройства под водой больших фундаментов, к-рые нельзя с достаточной обеспеченностью выполнить путем погружения бетона, кессонные работы наиболее применимы. Кессоны имеют широкое применение при сооружении тоннелей для подземных дорог при пересечении рек (фиг. 1).

Различаются два рода К. р.: при помощи погружаемого кессона, остающегося в массе фундамента, и при помощи съемного кессона, удаляемого по окончании работ. В первом случае кессон опускается до надежного плотного грунта, врезается в него на достаточную глубину и, по заполнении его камеры кладкой, составляет одно целое с остальной, находящейся над ним частью фундамента. Этот способ применяется б. ч. в случае отдельных фундаментов малых или средних размеров (фундаменты мостовых опор, плотин, голов шлюзов и пр.) или для отдельных опор расчлененных фундаментов, к-рые поверху связываются между собой балками или сводами. Второй случай, т. е. применение съемного ящика, имеет место тогда, когда материковый грунт лежит почти непосредственно под водой и поэтому выемка земли в камере кессона ограничивается до минимума. В камере кессона, или съемного ящика, как его называют в этом случае, производится б. ч. только расчистка и выравнивание грунта, на к-ром предположено заложить фундамент, и затем под защитой съемного ящика выводится каменная кладка. По окончании работ съемный ящик поднимается из воды и м. б. опять применен на другом месте.

Основные элементы кессона составляют (фиг. 2): 1) шлюзы *A*, представляющие особые камеры, служащие для входа рабочих в кессон и выхода из него и для удаления грунта, 2) шахтные трубы *Б*, соединяющие шлюзы с внутренностью кессона, и 3) рабочая камера *В*, представляющая закрытое с боков

и сверху пространство достаточных размеров, в котором непосредственно производится выемка грунта. Далее необходимыми приспособлениями являются: 4) установка для производства сжатого воздуха и для подачи его в шлюзы и в камеру кессона, 5) приспособления для подъема и удаления грунта из



Фиг. 2.

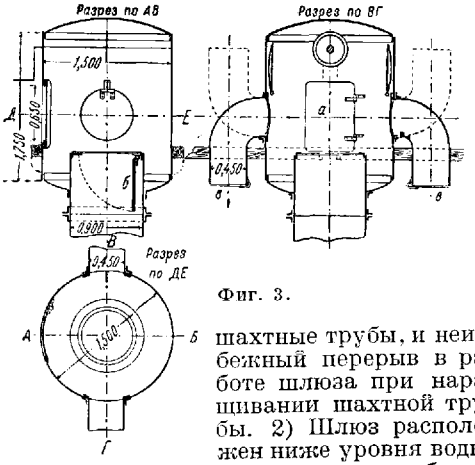
кессона, 6) оборудование кессона освещением, вентиляцией и сигнализацией и 7) при добавочном давлении свыше $1^1/_2$ *atm* лечебный шлюз для лечебных целей.

Ш л ю з ы изготовляют из литого котельного железа толщиной обычно в 9—16 *мм* в зависимости от внутреннего давления воздуха. Соответственно назначению различают рабочий и материальный шлюзы. Первый служит для впуска и выпуска рабочего персонала, второй—для удаления грунта, поднимаемого из камеры кессона, а равно для спуска в нее материалов для заполнения камеры по окончании опускания. Функции рабочего и материального шлюзов м. б. объединены в одном шлюзе, но это создает нек-рые технич. затруднения при работе и излишнюю трату сжатого воздуха, так что обычно более целесообразным является сосредоточить впуск и выпуск рабочего персонала в одном шлюзе, а удаление грунта в другом. В основе шлюз представляет герметически плотную камеру достаточных размеров, соединяющуюся с шахтной трубой, ведущей в рабочую камеру кессона. Шлюзная камера имеет два дверных отверстия: одно соединяет ее с наружным воздухом, другое—с рабочей камерой посредством шахтной трубы. Оба эти дверных отверстия закрываются при помощи герметически плотных дверей, открывающихся внутрь, т. е. в полость повышенного давления, с резиновой прокладкой по периметру соприкасания. Непременной принадлежностью шлюза являются два воздушных крана: один соединяет внутренность шлюза с наружным воздухом, другой соединяет внутренность шлюза с шахтной трубой или с рабочей камерой кессона.

Операция входа в кессон или выхода из него называется ш л ю з о в а н и е м. Обычно для меньшей траты сжатого воздуха и для удобства шлюзования к шлюзу присоединяют особую камеру меньших размеров; этих камер бывает одна или несколько; по числу камер шлюз называется однокамерным, двукамерным и многокамерным. Каждая камера имеет одну дверь, соединяющую камеру с наружным воздухом и открывающуюся внутрь, и другую дверь, соединяющую камеру со шлюзом и открывающуюся также внутрь шлюза; все двери на герметических прокладках. Шлюзование при входе в кессон состоит из следующих последовательных операций: 1) дверь из шлюзовой камеры в шлюз закрыта; дверь из камеры наружу открыта; оба воздушных крана закрыты; 2) рабочий входит в камеру, закрывает наружную дверь и открывает кран, соединяющий камеру со шлюзом, вследствие чего через кран из шлюза в камеру поступает сжатый воздух до тех пор, пока давления в камере и в шлюзе не сравняются; как только давление в камере начинает повышаться против нормального, открыть наружную дверь не представляется возможным; 3) когда же давления в камере и в шлюзе сравняются, внутренняя дверь без труда открывается, и рабочий переходит в шлюз, а оттуда по шахтной трубе спускается в рабочую камеру кессона. Шлюзование при выходе из кессона состоит из трех следующих операций: 1) рабочий поднимается из камеры кессона по шахтной трубе в шлюз и переходит в камеру шлюза, если дверь в камеру открыта; если дверь в камеру закрыта, что м. б. в тех случаях, когда в камере давление меньше, чем в шлюзе, или наружная дверь камеры открыта, то рабочий условными звуковыми сигналами дает знать дежурному при кессоне о необходимости закрыть наружную дверь, затем он открывает кран, соединяющий шлюз с камерой, и давление в камере повышается до давления в шлюзе, после чего дверь легко открывается; 2) войдя в камеру, рабочий закрывает внутреннюю дверь, через к-рую он вошел, и открывает кран, соединяющий камеру шлюза с наружным воздухом; 3) как только давление в камере сравняется с наружным давлением, наружная дверь легко открывается; рабочий закрывает наружный кран и выходит из камеры шлюза. Сжатый воздух подводится к кессону по особым трубопроводам и подается обыкновенно в рабочую камеру кессона, а иногда и в шлюз, откуда по шахтной трубе он поступает в камеру кессона и вытесняет из нее воду. Когда давление в камере будет соответствовать весу наружного столба жидкости, то вся камера будет освобождена от воды и излишний воздух будет выходить на поверхность воды в виде бурляших пузырей. С этого момента в камеру могут спуститься рабочие и приступить к разработке и выемке грунта.

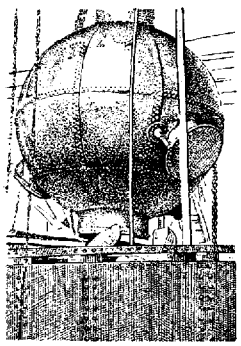
Взаимное расположение шлюза, шахтной трубы и камеры кессона может быть двояким: 1) шлюз расположен выше уровня воды, шахтная труба помещается между шлюзом и камерой кессона. В этом случае имеет место

наибольшая безопасность, так как шлюзу не грозит затопление и кроме того шлюз м. б. использован несколько раз для К. р. Недостатками такого расположения являются: большая утечка сжатого воздуха, т. к. он заполняет не только шлюзы и камеру, но и



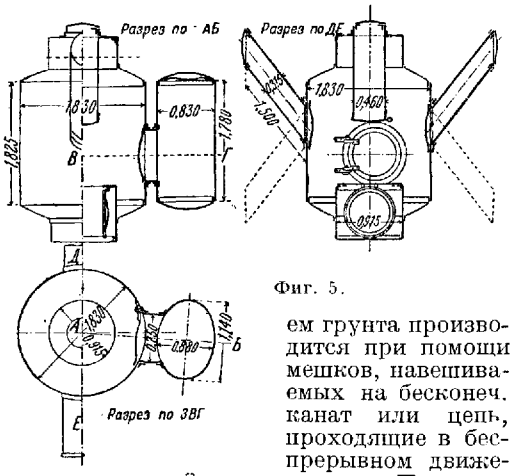
Фиг. 3.

шахтные трубы, и неизбежный перерыв в работе шлюза при наращивании шахтной трубы. 2) Шлюз расположен ниже уровня воды, у потолка камеры кессона, шахтн. труба находится над шлюзом и выводится из шлюза наружу выше уровня воды. Преимущества такого расположения в следующем: малая утечка сжатого воздуха, который должен заполнять только шлюз и камеру кессона; спуск и подъем в шахте производится при нормальном атмосферном давлении; непрерывность работы в шлюзе, т. к. наращивание шахтных труб не требует съемки шлюза; возможность надзора за работой в кессоне из шахтной трубы через особые застекленные люки. Недостатки этого способа расположения: опасность затопления шлюза; однократность применения шлюза, т.к. по окончании работ шлюз приходится оставлять заделанным в камен. кладке. Т. о., с точки зрения безопасности работ, расположение шлюза выше уровня воды является более приемлемым. Для устранения перерыва в работах при наращивании шахтных труб в этом случае применяются два комплекта шлюзов, наращивание под к-рыми производится в разное время.



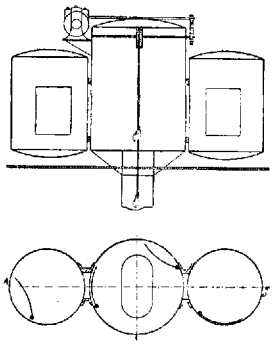
Фиг. 4.

Конструкция шлюзовых камер находится в зависимости от производительности работ, от способа подъема грунта и от глубины заложения фундамента. Минимальные размеры шлюзовых камер для людей определяются требованиями высоты не менее 1,85 *м* и минимального объема на одного шлюзующегося человека—0,75 *м*³. На фиг. 3 представлена схема однокамерного шлюза. Шлюз имеет одну наружную дверь *а*, открывающуюся внутрь шлюза, и внутреннюю дверь *б*, открывающуюся внутрь шахтн. трубы. Для выпуска грунта шлюз снабжен двумя рукавами *в*, к-рые применяются и для бетонирования после перестановки их вверх. На фиг. 4 представлен однокамерный шлюз с 2 патрубками для выкидывания грунта. Благодаря больш. объему камеры процесс шлюзования при входе и гл. обр. при выходе из кессона не м. б. произвольно ускорен, что является нек-рым предохранением от кессонных заболеваний; поэтому подобные камеры с точки зрения кессонной профилактики наиболее желательны при больших давлениях. Большой объем камеры позволяет одновременно шлюзовать относительно большее количество рабочих, чем при шлюзах других систем; недостатком подобного рода шлюза является задержка выкидки грунта во время шлюзования. Схема однокамерного шлюза с боковой камерой изображена на фиг. 5. Патрубки для выпуска грунта и для бетонирования расположены в основной камере. Схема двукамерного шлюза простого типа (шлюз Струве) изображена на фиг. 6. Подъ-



Фиг. 5.

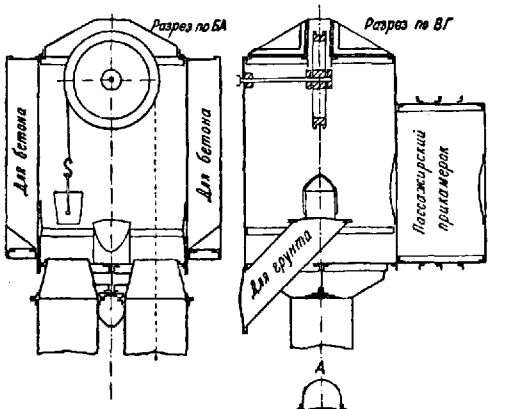
ем грунта производится при помощи мешков, навешиваемых на бесконеч. канат или цепь, проходящие в беспрерывном движении из кессонной камеры в шлюз. Поднятые мешки опорожняются в одну из боковых камер, а оттуда удаляются наружу; через другую свободн. боковую камеру может производиться шлюзование рабочих. При передвижении рабочих по шахтной трубе подъемный канат д. б. остановлен. При этом типе шлюза наблюдался высокий процент заболеваний при опусканиях на глубину 20 *м* и более в глинистых напластованиях, что находится в связи с недостаточной вентиляцией. Наиболее удобным в гигиенич. и в технич. отношениях является подъем грунта при помощи бадьи.



Фиг. 6.

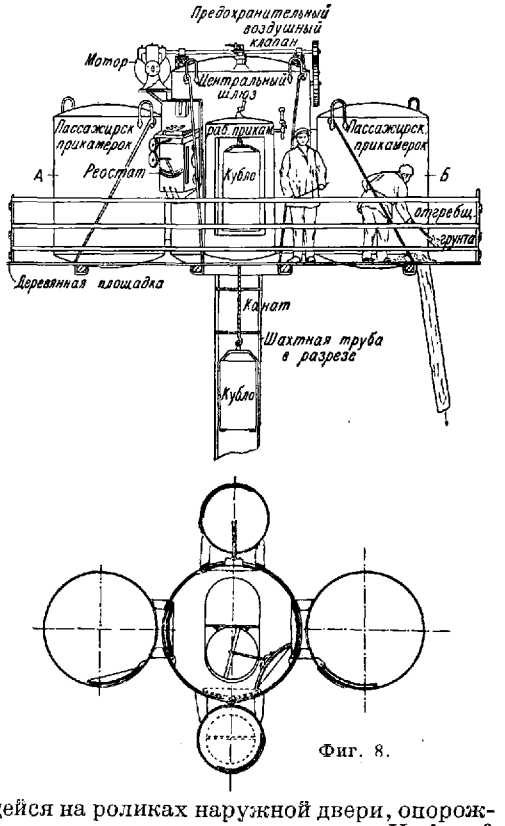
На фиг. 7 представлена схема подобного рода шлюза. Грунт поднимается при помощи бадьи по одной из двух шахт, а выплюзовывается наружу через особую трубу. Для шлюзования рабочих имеется особый при-

камерок. На фиг. 8 представлена схема шлюзов, примененных для опор моста через р. Северный Донец (Юго-Восточная ж. д.),

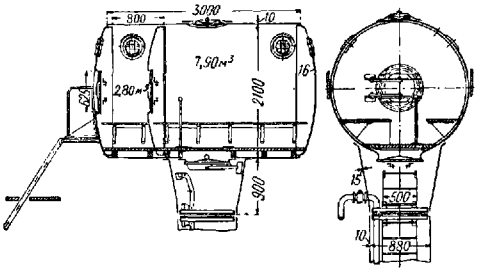


Фиг. 7.

приспособленных для выемки грунта также при помощи бадьи, которая после подъема в шлюз подвешивается на рычагах к дверям прикамерка и т. о. подается в него, а затем, после шлюзования и открытия отодвигающейся на роликах наружной двери, опорожняется наружу через откидное дно. На фиг. 9 представлен шлюз для рабочих, в виде горизонтального цилиндра, имеющий два отделения: одно объемом 7,9 $м^3$ для шлюзования рабочих, другое объемом 2,8 $м^3$ для шлюзования меньшего количества людей (для агентов технического надзора). Оба отделения имеют скамьи, благодаря чему большее отделение м. б. использовано как лечебный

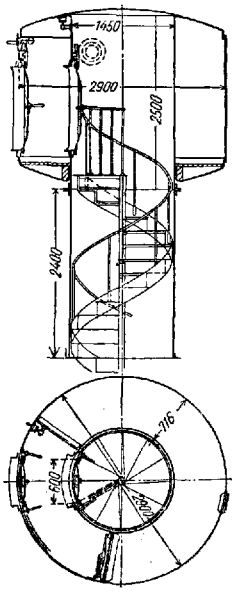


Фиг. 8.



Фиг. 9.

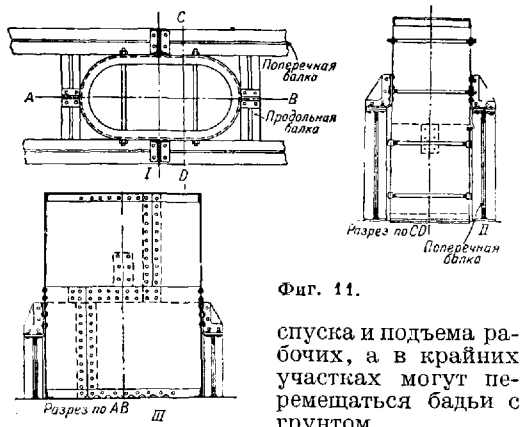
шлюз. Посредством конич. патрубка шлюз опирается на шахтную трубу. На фиг. 10 представлен подобный же шлюз, но в виде вертикального цилиндра, непосредственно опирающегося на шахтную трубу. В данном случае для спуска в шахту устроена винтовая лестница, что является весьма целесообразным в отношении безопасности при больших глубинах, так как применяющиеся обычно вертикальные лестницы очень утомительны и поэтому служат иногда причиной несчастных случаев, в особенности если неисправна изоляция проходящих в шахте электрических проводов.



Фиг. 10.

Шахтные трубы для сообщения с кессонной камерой изготовляются из котельного железа обычно толщиной 10 *мм*. В плане они имеют круглую или же овальную форму. Применяемые только для перемещения материалов шахтные трубы делают круглого сечения диам. от 600 *мм*. Если шахтная труба предназначена для перемещения и рабочих и материалов, то ее диаметр принимается не менее 850 *мм*. В этом случае более удобной является овальная форма в виде двух полуокружностей, сопряженных плоскими стенками. Шахты изготовляются отдельными звеньями, длиной от 1 до 2 *м* и более, которые соединяются между собой внутренними фланцами из углового железа с герметич. прокладками и скрепляются болтами. Наращивание шахтных труб производится по мере погружения кессона. Нижнее звено шахтной трубы жестко прикрепляется к потолку рабочей камеры кессона в клетке из продольных и поперечных балок потолка (фиг. 11). Для возможности наращивания шахты без выпуска воздуха из рабоч. камеры

кессона в уровне потолка имеется приспособление для глухой заделки отверстия шахты. Для придания плоским стенкам должной устойчивости в шахте устанавливаются два ряда распорных болтов диам. ок. 25 *мм*, к-рые составляют две вертикальные лестницы в шахте. Средняя часть шахты служит для

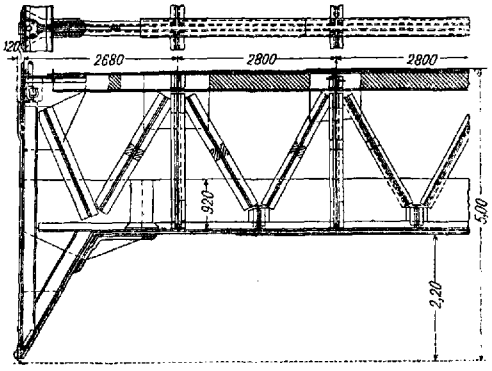


Фиг. 11.

спуска и подъема рабочих, а в крайних участках могут перемещаться бадьи с грунтом.

Основным элементом кессона является рабочая камера. Она представляет собою опрокинутый вверх дном ящик, очертания которого в плане в большинстве случаев соответствуют плану опирающейся на него опоры. Дно этого ящика называется потолком кессона и служит опорой для кладки, возводимой на нем во время процесса опускания кессона. Потолок опирается на боковые стенки кессона, которые должны также сопротивляться боковому давлению грунта. По низу боковые стенки имеют укрепление в виде ножа, облегчающее опускание кессона в грунт. Прочность и устойчивость боковых стенок обеспечивается особыми консолями, соединяющими их с потолочными балками. Наименьшая высота рабочей камеры от низа ножа до потолка—2,2 *м*. Если бадья с грунтом для передвижения внутри камеры подвешивается к особой тележке, бегающей по рельсу, прикрепленному к потолку камеры, то высота должна быть не менее 2,5 *м*.

В зависимости от местных условий и наличия материалов кессон изготовляется из металла, железобетона, камня или дерева. Съемные кессоны изготовляются исключительно из металла. Материалом для металлич. кессона служит сортовое мостовое или котельное железо. Железный кессон состоит из жесткого скелета, покрытого листовым железом изнутри для образования рабочей камеры кессона и снаружи для создания гладкой поверхности трения о грунт. Это покрытие д. б. воздухонепроницаемо и водонепроницаемо. При обычной прямоугольной форме кессона основными элементами конструкции скелета металлич. кессона являются поперечные жесткие балки потолка, идущие параллельно наименьшему измерению кессона в плане. Перпендикулярно к поперечным балкам и между ними расположены продольные балки. Поперечные и продольные балки у стены кессона имеют консоли, которые поддерживают боковые стенки кессонной камеры. По своей конструкции поперечные и продольные балки представляют сплошные или сквозные фермы одностенчатого двутаврового сечения. Для установки шахтных труб между продольными и поперечными балками укрепляют дополнительные балочки. Листовое железо, к-рым покрывается этот скелет изнутри и снаружи, имеет толщину 8—10 *мм*; стыки железных листов перекрывают накладками. Нижний край боковой стенки по всему периметру для более свободного проникания в грунт снабжают ножом, к-рый состоит из пакета вертикальных железных полос шириной 100—150 *мм* и толщиной 15—25 *мм*, расположенных напуском одна над другой, и уголков, укрепляющих нижний край стенки (фиг. 12). Пазухи консолей между наружными и внутренними стенками и объем над обшивкой потолка обычно заполняют бетоном для обеспечения водонепроницаемости и для большей жесткости кессона. Для большей плотности и непроницаемости в заклепочных швах укладывают прокладки из пропитанного суриком полотна, а швы покрывают цементным раствором. Иногда внутреннее покрытие стен камеры листовым железом считают нецелесообразным, т. к. это вызывает излишний расход металла и кроме того по заполнении камеры кладкой последняя является отделенной от основной массы кладки выше



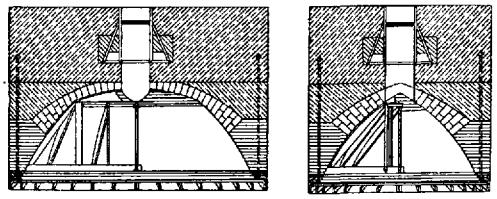
Фиг. 12.

воздвигнутой опоры, вследствие наличия металлической обшивки; это облегчает проникновение воды в основную массу опоры, что особенно нежелательно при небольшом возвышении опоры над потолком кессона. В этих случаях вместо внутренней обшивки потолка в балочных клетках укладывают кирпичные сводики или бетонные плиты. Точно так же и в консольных пазухах иногда внутренняя обшивка не применяется, и пазухи заполняются плотной кладкой или бетоном. В таком случае, для непроницаемости, образованную таким образом внутреннюю поверхность потолка и стенок тщательно промазывают жирным цементным раствором. Совершенная непроницаемость камеры также имеет свои недостатки, именно—ухудшение гигиенич. условий работы вследствие затруднения вентиляции, что может отразиться на повышении заболеваемости рабочих. Поэтому рациональнее применять более мощные компрессоры для компенсации нек-рой доли утечки воздуха через неплотности в кессоне, благодаря чему

улучшаются условия работы, в особенности в тяжелых глинистых грунтах. Кессоны больших размеров, для уменьшения давления на отдельные балки потолка и для уменьшения давления, к-рому подвергается нож кессона, разделяют внутри камеры на всю высоту разделительными стенками, которые, как и боковые стенки, имеют консоли и нож. Эти стенки обычно не обшивают листовым железом. В случае заполнения их. для большей жесткости, кладкой или бетоном в них оставляют отверстия для сообщения между отдельными частями камеры.

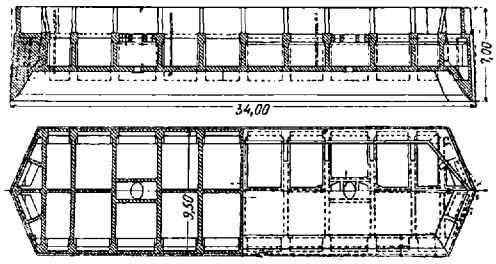
При недостатке металла применение его для изготовления кессона, который используется только один раз и навсегда оставляется в толще кладки, является неэкономичным в тех случаях, когда исключена возможность появления непредвиденных напряжений в кессоне при опускании. Более целесообразным является применение для кессонов вместо металла более дешевых материалов: железобетона и дерева и только в крайнем случае—бетона и камня. В тех же случаях, когда проходимый грунт включает препятствия или кессон имеет большие размеры и сложное очертание в плане, предпочтительным является кессон металлич. или железобетонный.

Каменный кессон обычно или представляет самостоятельн. конструкцию или же



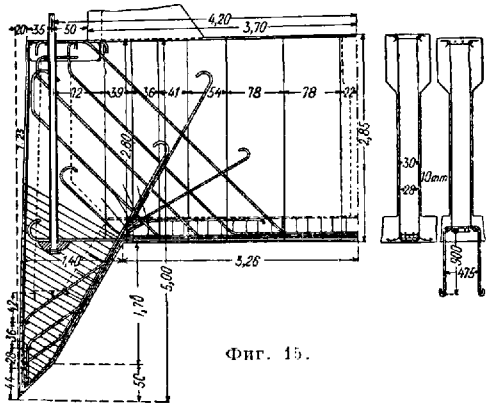
Фиг. 13.

преобразовывается из каменного опускного колодца, когда, вследствие большого притока воды и встретившихся препятствий, работа в опускном колодце обычными способами становится невозможной. В этом последнем случае на заранее подготовленных пятах, опирающихся на стенки колодца, возводится свод, образующий потолок камеры. В отверстии в потолке камеры укрепляется нижнее звено железной шахтной трубы, на верхнем конце к-рой устанавливается железный шлюз. Так. обр., опускной колодец превращается в каменный кессон. В случае устройства каменного кессона как самостоятельной конструкции, потолок камеры также делается сводчатым. Железный нож, на к-рый опирается каменная кладка боковых стен, связывается при помощи металлическ. тяжей с надпотолочной кладкой. Шахтная труба укрепляется в надпотолочной кладке при помощи консольного кольца, приклепанного к нижнему звену шахты (фиг. 13). Внутренняя поверхность д. б. тщательно обмазана жирным цементным раствором, т. к. кирпичная кладка очень проницаема для сжатого воздуха. Сводчатый потолок является ненадежным местом в каменном кессоне вследствие появления трещин при неизбежных сотрясениях и перекосах во время опускания кессона; поэтому в каменных кессонах вместо свода иногда применяют для потолка плоские железобетонные покрытия, оставляя все остальное устройство из каменной кладки. Большой вес каменного кессона при спуске с подмостей также представляет некоторые трудности. При значительных размерах каменного кессона рабочая камера перекрывается купольными сводами, опирающимися на поперечные металлическ. связи. В настоящее время неармированный каменный кессон является устаревшим.



Фиг. 14.

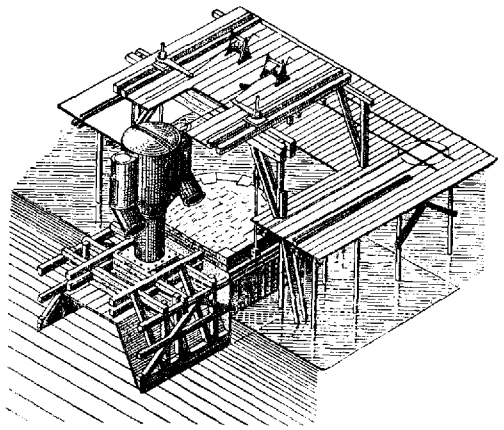
Все большее применение получает железобетонный кессон. Он может быть применен при самых сложных очертаниях фундамента и значительно уменьшает расход металла, сохраняя вследствие однородности материала хорошую связь между всей массой кессона и кладкой опоры. При малых размерах железобетонный кессон представляет монолитный ящик, состоящий из потолка и стенок. При больших размерах железобетонный кессон представляет сложную конструкцию из рам ребристых балок и плит, которые здесь имеют то же назначение, что балки с консолями и металлическ. обшивка в железном кессоне. Потолок камеры обычно представляет сплошную неразрезную плиту, опирающуюся на потолочные балки, к-рые передают вертикальную нагрузку потолка на боковые стены, заканчивающиеся в нижней части в форме ножа. На



Фиг. 15.

фиг. 14 представлен железобетонный кессон значительных размеров (длиною 34 *м*, шириной 9,5 *м*). Потолок рабочей камеры состоит из сплошной плиты, опирающейся на отдельные поперечные потолочные балки. Для большей продольной жесткости эти поперечные балки связаны между собой посредством средней продольной балки. На фиг. 15 представлена схема арматуры боко-

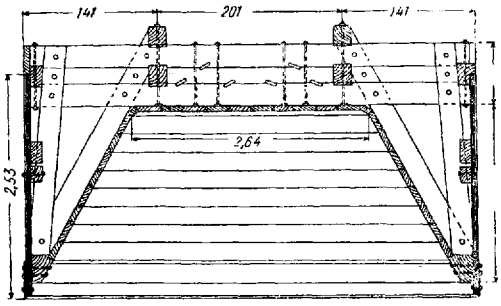
вой стенки и поперечной балки этого кессона. Для подвешивания кессона при опускании его с подмостей, в тело кессона заделаны



Фиг. 16.

тяжи. Нижний край стенки армирован в виде ножа. В случае сложного очертания опоры железобетонный кессон при рациональной конструкции представляет наиболее экономичное решение задачи.

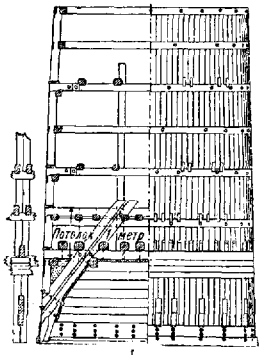
В местностях, богатых лесом, часто применяют деревянные кессоны, т. е. рабочая камера и самый кессон делаются из дерева, а шахты и шлюзы—из железа (фиг. 16). Такие кессоны получили наибольшее распространение в Америке и в России (Сибирская ж. д.). В местностях, бедных лесом, деревянные кессоны применяются только тогда, когда требуется возможно меньший вес кессона. Недостатком деревянных кессонов является пожарная опасность, к-рая особенно велика выше грунтовых вод, т. к. сжатый

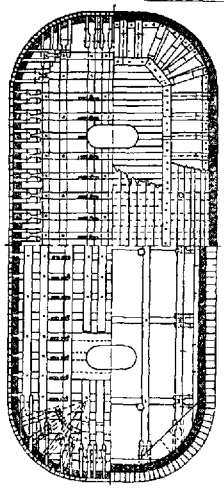


Фиг. 17.

воздух высушивает дерево и возбуждает тягу. Обычно остов деревянного кессона составляется из сквозных брусчатых рам, обшитых снаружи и внутри шпунтованными досками для уменьшения утечки воздуха (фиг. 17). Для обеспечения непроницаемости широко применяется конопатка, а внутренность рабочей камеры окрашивается соответствующими составами. Надпотолочное пространство и пазухи боковых стенок заполняются бетоном. Деревянные кессоны, применявшиеся на Сибирской железн. дор., имеют наружн. боковые стенки, составленные сплошь из вертикальных брусьев, продолжающихся значительно выше потолка кессона с уклоном 0,03 и образующих над ним таким образом понтон (фиг. 18). Потолок над рабочей камерой кессона образован из ряда составных поперечных балок, уложенных на расстоянии 0,75 *м* одна от другой. Брусья, составляющие консоли, верхним концом врублены в потолочные брусья, а нижними—в брусья стенки. Внутренняя поверхность рабочей камеры обшита досками. Нижний край стенки укреплен железным ножом, составленным из вертикальных полос и уголков. Деревянные кессоны так же, как и железобетонные, вследствие большей экономичности, в особенности при недостатке металла, получают все большее распространение.

Расчет основных элементов металлич. или деревянного кессона обычно ограничивается расчетом потолочных балок и консолей. Толщина общивки принимается около 8 *мм* без расчета. Для расчета надпотолочная нагрузка предполагается расположенной по одной из трех схем, представленных на фиг. 19, в зависимости от состава надпотолочной кладки. Поперечные балки рассчитываются в 2 предположениях: 1) в случае быстрого падения давления воздуха в камере; 2) в случае погружения камеры в грунт при отсутствии сжатого воздуха. В первом случае вес надпотолочной кладки принимается без учета потери веса в воде. Второй случай может оказаться более неблагоприятным; тут потеря веса в воде учитывается. Допустим во втором случае (фиг. 20): g—вес половины кладки, передающийся на потолочную балку, с учетом потери веса в воде; G—вес остальной части половины надпотолочной кладки, за вычетом веса g, с учетом потери веса в воде; R—нормальная составляющая реакции грунта на внутреннюю стенку; μR—возникающая от реакции грунта сила трения; S—длина внутренней стенки, подвергающаяся давлению грунта; тогда





Фиг. 18.

$$g + G = R\sin\alpha + \mu R\cos\alpha = R(\sin\alpha + \mu\cos\alpha),$$

$$d = \frac{b}{2}\cos\alpha - h_1\sin\alpha,$$

$$c = \frac{b}{2}\sin\alpha + h_1\cos\alpha - \frac{S}{2}.$$

Изгибающий момент, действующий в середине поперечной балки, в сечении, прохо-

дящем через точку M, определится из ур-ия:

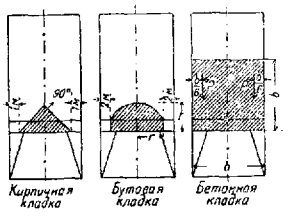
$$M_{(M)} = g\frac{\frac{b}{2}-\delta}{3} + G\frac{b-\delta}{2} - Rc - \mu Rd,$$

где для данного случая нужно принять $\delta = 1{,}00$ *м*. Наименее благоприятный случай нагрузки консоли представлен на фиг. 21. Пусть g'—вес кладки, заполняющей консоль, с учетом потери веса в воде; тогда изгибающий момент в сечении, проходящем через точку A консоли, равен

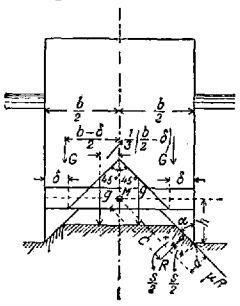
$$M_{(A)} = R\left(\frac{f}{\cos\alpha} - \frac{a}{2}\sin\alpha - \frac{S}{2}\right) - \mu R\frac{a}{2}\cos\alpha - g'\frac{a}{6}.$$

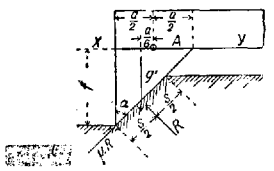
Для расчета каменного или железобетонного кессона нагрузка принимается по вышеуказанным схемам, если рабочая камера имеет плоский потолок. При сводчатых покрытиях расчет производится как для свода.

Мощность оборудования, подающего сжатый воздух, должна быть такова: 1) чтобы объем всех пустот в кессоне, предназначенных для сжатого воздуха, мог быть осушен в течение определенного промежутка времени при наибольшей глубине погружения кессона; 2) чтобы рабочее пространство после осушения, несмотря на потери воздуха через неплотности или вследствие выхода воздуха под ножом и расхода воздуха при шлюзовании, продолжительное время оставалось сухим, и 3) чтобы рабочее пространство в достаточной мере снабжалось свежим воздухом для предотвращения вредного накопления углекислоты (не более 0,001). Пусть V—объем воздуха в $м^3$ при атмосферном давлении, всасываемый воздушными насосами в час, G—площадь основания в камере кессона в $м^2$, U—периметр камеры в *м*, h—высота камеры в *м*, J—общий объем кессона, шахт, шлюзов и воздухопроводов в $м^3$, J'—частичный объем вышеуказанных элементов в $м^3$, заполненный водой



Фиг. 19.


Фиг. 20.


Фиг. 21.

перед осушением, H—глубина ножа кессона от горизонта воды в *м*, F—вся внутренняя поверхность стен объема, закладываемого кладкой до железных шахт, в $м^2$, S—число шлюзов. Тогда потребный для осушения в течение x часов теоретический объем воздуха в час V_1 определится из соотношения:

$$xV_1 = \frac{JH}{10{,}33} + J'.$$

Для поддержания сухого состояния требуется объем воздуха для оснований в песчаных и хрящеватых грунтах: 1) для железных и деревянных кессонов:

а) при $G < 30$ $м^2$

$$V_2 = [0{,}17(G + 10Uh) + 3S + \mu U]\left(1 + \frac{H}{10{,}33}\right);$$

б) при $G \geqslant 30$ $м^2$

$$V_2 = [0{,}17(G + 10Uh) + \mu U]\left(1 + \frac{H}{10{,}33}\right),$$

где μ принимается равным от 1 до 3 и тем больше, чем меньшее уплотнение производит нож; 2) для каменных, бетонных и железобетонных кессонов:

а) при $G < 30$ $м^2$

$$V_2 = [0{,}67F + 3S + \mu U]\left(1 + \frac{H}{10{,}33}\right);$$

б) при $G \geqslant 30$ $м^2$

$$V_2 = [0{,}67F + \mu U]\left(1 + \frac{H}{10{,}33}\right).$$

В этих равенствах μ следует брать тем больше, чем больше проницаемость грунта. В глине и глинистых грунтах μ м. б. принято равным нулю. Для предотвращения вредного накопления углекислоты при добавочном давлении до 0,5 $кг/см^2$ требуется

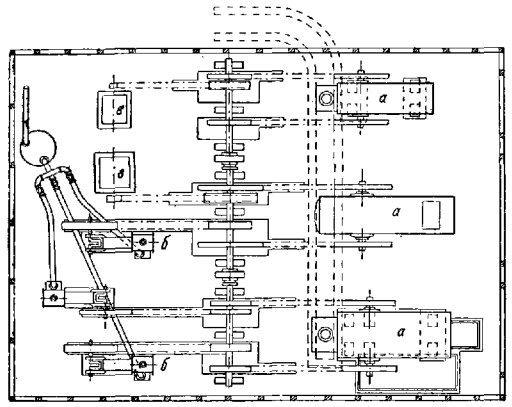
$$V_{3_{min}} = 20A\ м^3/ч;$$

при более высоком давлении

$$V_{3_{min}} = 30A\ м^3/ч,$$

где A—число рабочих в кессоне. Полученный на основании этих соотношений наибольший объем кладется в основу расчета мощности воздушного оборудования. Свежий воздух, поступающий в воздушные насосы (компрессоры), должен вводиться через особые воздухопроводы, отверстия в к-рых д. б. устроены т. о., чтобы воздух поступал совершенно чистый, что достигается особыми фильтрами. Нагревающийся вследствие сжатия воздух должен искусственно охлаждаться, чтобы $t°$ воздуха в кессоне была не свыше 20°. Для смазывания компрессоров должны применяться смазки, не имеющие запаха. Перед поступлением в рабочую камеру и шлюзы сжатый воздух должен очищаться маслоотделителями. Для обеспечения бесперебойного снабжения воздухом каждая рабочая камера должна обслуживаться минимум одной эксплоатационной компрессорной установкой и одной вспомогательной с независимыми приводами. Если имеются всего два компрессора, то каждый в отдельности д. б. в состоянии давать и поддерживать требуемое давление в рабочей камере. Если установка имеет более двух компрессоров, то две трети любых из них д. б. в состоянии поддерживать требуемое давление в рабочей камере. Приводы к компрессорам д. б. независимы друг от друга. На фиг. 22 представлена локомобильная компрессорная установка (*а*—локомобили, *б*—компрессоры) с двумя динамо *в* для освещения кессона; на фиг. 23—паровая, где пар из котлов *а* приводит в действие компрессоры *б*. Сжатый воздух поступает в сборный котел, а оттуда по железным воздухопроводам направляется в кессон и впускается в шлюз или в рабочую камеру, но лучше—в шлюз, чтобы из-под ножа кессона не уходил свежий воздух. При подходе к кессону в воздухопровод д. б. включен гибкий рукав из резины с втопленной стальной проволочной спи-

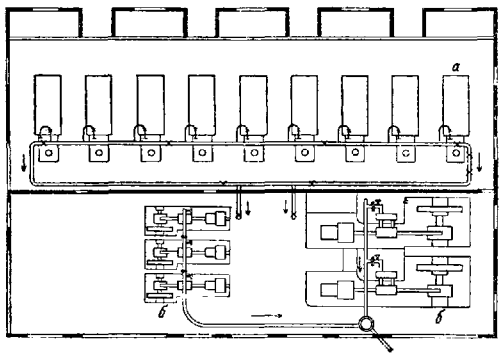
ралью, чтобы при осадках кессона обеспечить нек-рую эластичность воздухопровода. Наконечник воздухопровода, входящий в кессон, д. б. снабжен предохранительным клапаном, препятствующим выходу воздуха назад через воздухопровод при случайном падении давления в последнем. Для соблюдения потребной $t°$ воздуха в кессоне летом воздухопроводы и шлюз охлаждаются водой, к-рой орошаются рогожи и брезенты, покрывающие шлюзы и воздухопроводы; зимой воздухопроводы отепляются войлоком.



Фиг. 22.

Освещение в кессоне, шахтах и шлюзах д. б. электрическое, лампами накаливания. На 1 $м^2$ поверхности рабочей камеры требуется 1 свеча. Ток для освещения внутри кессона и снаружи (при ночных работах) подается обыкновенно от специальной динамо. Изолировка электрическ. проводов д. б. водонепроницаема и очень тщательно исполнена, чтобы исключить возможность короткого замыкания.

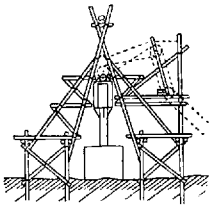
Вентиляция в кессоне имеет целью удалить гл. обр. CO_2. Для этой цели устраивают вытяжные сифоны, высасывающие воз-



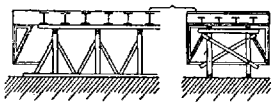
Фиг. 23.

дух у низа камеры. Содержание CO_2 в воздухе рабочей камеры должно ежедневно контролироваться. Испарения грунта также влияют очень вредно на рабочих, поэтому при илистых грунтах с гниющими органич. остатками вентиляция д. б. усилена.

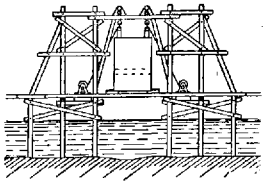
Производство К. р. заключается в следующих последовательных операциях: 1) сборка рабочей камеры кессона, 2) опускание ее с подмостей на землю, 3) установка шахтных труб и шлюзов на камере, 4) погружение собранного кессона до мощного грунта (до проектной отметки), 5) заполнение камеры кессона бетонной или бутовой кладкой, 6) снятие шахтных труб и шлюзов, 7) заполнение шахтных колодцев бетоном. При этом в отношении устройства подмостей, связанного со сборкою и опусканием кессона, м. б. нижеследующие характерные случаи. 1) Место опускания кессона не покрыто водой (береговые быки мостов и пр.). Устраивают сравнительно легкие подмости (фиг. 24), с которых можно было бы производить установку шахтных труб и шлюзов, а также в дальнейшем наращивание шахтных труб и снятие их по окончании опускания кессона. Место опускания кессона (внутри подмостей) планируется. Кессон собирается на спланированной площадке или на дощатом настиле, уложенном на лежнях, если сборку кессона начинают с ножа, или на настиле, уложенном на козлах (фиг. 25), если сборку кессона начинают с потолочных балок. 2) Место опускания кессона покрыто водою на глубину до 3 $м$, и вода имеет слабое течение. При таких условиях, чтобы не устраивать тяжелых дорого стоящих подмостей, часто бывает экономически выгоднее насыпать на месте опускания кессона горизонтальную площадку так, чтобы ее верх был выше горизонта воды не менее чем на 0,5 $м$. Затем на площадке устраивают такие же легкие подмости, как и в первом случае, и сборка кессона производится так же, как указано выше. 3) Место покрыто водою на глубину от 3 до 6 $м$, и в дно можно забивать сваи. В таком случае для сборки и спуска кессона устраивают подмости на сваях, на к-рых устраивают настил для сборки кессона и с к-рых опускают на цепях кессон на дно (фиг. 26). 4) Место опускания кессона покрыто водою на глубину свыше 6 $м$, или же глубина воды меньше 6 $м$, но грунт настолько тверд, что сваи даже и с башмаками забить нельзя. В таком случае для сборки и опускания кессона устраивают пловучие подмости (фиг. 27) и в частности, если глуб. не более 4—5 $м$, устраивают подмости на больших тяжелых козлах, устанавливаемых на дно реки с загрузкою их камнем. При сборке металлич. кессона требуется самая тщательная клепка, такая же, как и на судовых работах, с последующей расчеканкою заклепок и кромок листов. С целью достижения большей непроницаемости кессона, после его сборки производится смазка цементным раствором всех заклепок и стыков



Фиг. 24.

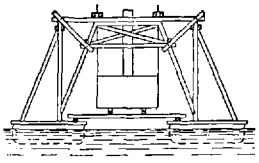


Фиг. 25.



Фиг. 26.

снаружи и внутри. Смазка производится 3—4 раза, сначала совсем жидким раствором, а в конце более густым. Для того чтобы цементная смазка лучше пристала к железу, нужно, чтобы оно не было проолифлено и не имело жирных пятен. После обмазки т. о. всех швов в кессоне потолок его заливают цементным раствором состава 1 : 1 слоем толщиною в 4—6,5 *см*, после чего в 1-м и 2-м случаях приступают к разборке из-под кессона подмостей и постановке его непосредственно на землю таким образом, чтобы оси кессона совпадали с осями, нанесенными на подмостях и после этого приступают к заполнению бетонною кладкою междуконсольного пространства и потолка. Далее ставят первые шахтные трубы и на них шлюзы (при 2 шахтах).



Фиг. 27.

В зависимости от плотности грунта кессон от собственного веса погрузится на некоторую величину в грунт. В ненасыпном сухом грунте кессон может погрузиться немного, а в насыпном может погрузиться почти под самый потолок, что затруднит работу по выемке грунта; поэтому при насыпном грунте нож кессона следует ставить не прямо на грунт, а на деревянные обрубки, положенные на землю, которые затем, по мере осадки кессона, постепенно удаляют. Когда кессон установится, т. е. перестанет опускаться сам по себе, в камеру его опускаются рабочие и начинают удалять из него грунт по шахтным трубам через шлюз *наружу*, а *на потолке кессона каменщики* производят кладку. Затем к уголку, окаймляющему верх потолка кессона, заподлицо с наружной обшивкой его камеры прикрепляют железную или деревянную обшивку, идущую затем до обреза фундамента. Железная обшивка выше потолка делается из листов толщиной 3 *мм* или из досок толщиною 30—40 *мм*. Эта обшивка не является непроницаемой, а служит лишь направляющей для правильного возведения кладки, а также и для уменьшения трения между грунтом и кладкою. Верх обшивки всегда д. б. выше кладки. Первое время, когда кессон опускается в сухом грунте, выемка грунта производится без сжатого воздуха, в условиях открытого котлована. Когда же нож кессона погрузится в мокрый грунт, шлюз закрывают, в кессон пускают сжатый воздух, и дальнейшая выемка грунта происходит при сжатом воздухе. В начале опускания кессона, обыкновенно в слабых грунтах, кессон опускается сравнительно легко, поэтому грунт в кессоне приходится брать в середине кессона, не подрывая ножа, а наоборот—поддерживая его подкладками. Когда же кессон достигает грунта средней плотности, то для равномерного опускания кессона поступают след. обр.: сначала снимают по всей площади кессона слой земли толщиною 0,21—0,45 *м*, оставляя нетронутою полосу вдоль всего ножа кессона шириною ок. 1 *м*, а затем приступают к снятию остальной полосы вдоль ножа отдельными участками. Для избежания неравномерных осадок кессона в течение всего времени его опускания должна производиться по ножу кессона зондировка щупом на глубину до 2 *м*. Также во все время опускания кессона должна проверяться горизонтальность кессона внутри рабочей камеры помощью ватерпаса, прикладываемого к потолку камеры в разных направлениях; по указанию ватерпаса усиливают подборку грунта из повышенной части ножа кессона. Кроме того правильность опускания кессона должна проверяться по нанесенным краскою на обшивке кессона осевым линиям с показанием на них глубины опускания, считающейся от низа ножа кессона. Указатели осевых линий прикрепляются обыкновенно к подмостям, но т. к. при опускании кессона подмости тоже несколько опускаются, то эти указатели на подмостях должны проверяться по реперам, установленным на прочном основании в стороне от опускания.

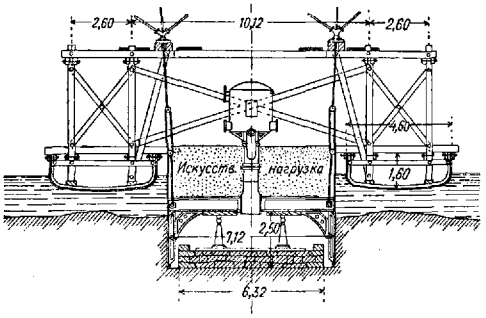
Опускание кессона с постоянных подмостей (фиг. 26) производится несколько иначе. Здесь приходится кессон спускать на цепях на воду, предварительно забетонировав на подмостях междуконсольное пространство и потолок. Опустив кессон в воду на такую глубину, чтобы потолок возвышался над поверхностью воды на высоту ок. 1 *м*, ставят обшивку и приступают к бутовой кладке на потолке. По мере производства кладки кессон опускают на цепях до тех пор, пока он не врежется ножом в дно до такой степени, что натянутость цепей значительно ослабнет. Затем пускают в кессон сжатый воздух, выдувают из кессона воду и первым делом производят исследование грунта в кессоне помощью ручного щупа. *Исследовав грунт*, пускают туда рабочих, устанавливают метод подборки грунта и продолжают работать, как уже было выше описано. Когда убедятся, что кессон стоит на достаточно твердом грунте, цепи снимают. Опускание кессона с пловучих подмостей (фиг. 27) является более трудной работой, в особенности же при глубокой воде и сильном течении. Кроме того здесь вследствие большой глубины воды приходится делать кессон с глубоким понтоном, с жесткою и водонепроницаемою обшивкою. Кладка на потолке кессона в таком случае ведется с таким расчетом, чтобы кессон на плаву медленно вошел на нек-рую глубину в дно. В таком случае при глубине 6—10 *м* кладка, пока кессон не станет прочно на дно, будет ниже уровня воды. После того, когда убедятся в правильном положении кессона, его начинают быстро загружать кладкою. Затем пускают в кессон сжатый воздух, и работа продолжается по предыдущему.

Погружение кессона в обычно встречающихся грунтах характеризуется след. обр. а) Погружение кессона в песке происходит легче всего. Погружение—обыкновенно равномерное, если только в песке не встречается отдельных валунов или других препятствий в виде бревен, карчей и т. п. Скорость опускания в песке в сутки: вначале—от 1,4 *м*, под конец—от 0,30 до 0,2 *м*. При песчаном грунте получается лучшая вентиляция в кессоне, требующая большого расхода

воздуха. б) Погружение кессона в глине несравненно труднее и медленнее, чем в песке, вследствие того, что глина, прилипая к стенкам кессона, препятствует его опусканию вниз. Бывают случаи, когда вода, попавшая в кессон, не м. б. вытеснена под нож. В таком случае удаление воды м. б. осуществлено помощью сифона. При толстом сухом слое глины для возможности погружения кессона приходится делать промывание водою в толь наружн. поверхности обшивки помощью железных труб с давлением воды до 4—5 *atm*. В глинистом грунте вентиляция плохая; в таких случаях приходится вентилировать через особую трубу, которая служит также и сифоном для вытеснения из кессона воды. в) Погружение кессона в скале является по затрате рабочей силы самым трудным. В мягких породах грунт подрывают кирками, ломами, в более твердых—стальными долотами и клиньями и в породах твердых—помощью взрывчатых веществ. Взрывы лучше воспламенять электрической искрой. Рабочие на время взрыва д. б. удаляемы из кессона. Когда кессон дойдет до проектной отметки, производится освидетельствование грунта и определение отметки низа ножа кессона. После освидетельствования основания кессона приступают к заполнению самой камеры бетоном или каменною кладкою. Заполнение рабочей камеры кессона производится всегда от периметра ножа кессона к середине кольцевыми рядами. При забутке камеры кессона следует обратить внимание на тщательную подбивку кладки под потолок, т. е. чтобы потолок упирался в кладку. После забутки камеры кессона осторожно снимают в самом низу шахтных труб фланцевые болты. Снятие болтов должно происходить при таком давлении воздуха, чтобы оно уравновешивалось весом всех шахтных труб и шлюза. Если же этого веса бывает недостаточно, то тогда шлюз временно нагружают тяжестями. После срыва с места шахтных труб последние опять ставятся на прежнее место, но уже, конечно, без болтов. Затем снимают с них шлюз, а после шлюза—постепенно шахтные трубы. После снятия шахтных труб бетонируются шахтные колодцы до верха кладки—этим и заканчиваются К. р.

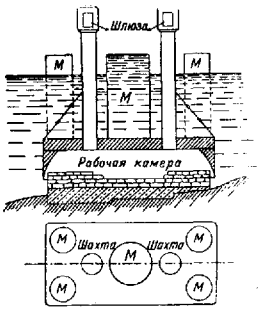
К. р. при каменных, железобетонных или деревянных кессонах производятся аналогичным образом, изготовление же самого кессона в этих случаях выполняется соответственно правилам производства каменных, железобетонных или деревянных строительных работ.

Съемный кессон (съемный ящик, пловучий кессон) представляет по существу усовершенствованный водолазный колокол и применяется с целью производства под водою фундаментных работ при неглубоком залегании материкового грунта под дном реки. Съемный кессон изготовляется исключительно из железа, и рабочая камера его мало отличается от рабочей камеры обычного, оставляемого в грунте кессона. Конструкция съемного кессона м. б. легче, чем для обыкновенного кессона, т. к. на потолке съемного кессона не возводится кладка и кроме того отсутствуют различные дополнительные усилия, связанные с глубоким погружением в грунт. Конструкция шлюзов и шахт—та же, что для обыкновенных кессонов. Так как собственного веса бывает недостаточно для погружения съемного кессона под воду, то последний подвергается специальному нагружению при помощи балласта из бетона или воды, для чего устраивают в съемном кессоне соответственные балластные камеры. Съемный кессон м. б. погружен в грунт до глубины, при к-рой возможно преодолеть трение грунта при подъеме съемного ящика наверх. На практике



Фиг. 28.

принято допускать погружение съемного кессона на глубину, равную полной высоте рабочей камеры кессона. Съемный кессон является только вспомогательным орудием для возможности производства работ под водой при неизбежности таковых. В противоположность обычному кессону, съемный кессон по окончании работ не оставляют в массе фундамента, а удаляют, и он м. б. затем неоднократно применен в других местах. При небольших размерах фундамента работы с помощью съемного кессона производят при неподвижных подмостях, конструкция которых такая же, как в случае обыкновенного кессона. При значительной поверхности фундамента опускание съемного кессона производится с пловучих подмостей. Схема подобного рода работ представлена на фиг. 28. При совершенно спокойной воде иногда применяются пловучие съемные кессоны без подмостей (фиг. 29). Путем соответствующей регулировки нагрузки резервуаров *M* водой подобный съемный кессон может погружаться или подниматься наверх.



Фиг. 29.

Сжатый воздух оказывает заметное физиологическое действие на человеческий организм, усиливающееся с повышением давления. При процессе повышения давления (входное шлюзование) возникают болезнен. ощущения в ушной области, барабанная перепонка вдавливается и может прорваться при быстром повышении давления. При постоянном повышенном давлении болезнен-

ные явления в ушной области исчезают, но начинается насыщение тканей и крови газами, гл. обр. азотом. Пока организм находится под повышенным давлением (до 5 *atm*), насыщение тканей и крови газами не проявляется болезненно на жизни организма. При обратном процессе уменьшения давления (выходное шлюзование) газы, насыщающие кровь и ткани, стремятся выделиться наружу, а при недостаточно медленном понижении давления газы не успевают выделиться через легкие, часть их выделяется через кровеносные сосуды, производя закупорку и разрывы последних, что вызывает кровоизлияния, грозящие иногда смертью. Барабанная перепонка выпячивается наружу и может разорваться.

В целях профилактики кессонных заболеваний К. р. подчинены определенным правилам, которые должны точно выполняться. Главную роль здесь играют время входного и в особенности выходного шлюзования, а также продолжительность пребывания в рабочей камере кессона. В РСФСР действуют изданные Наркомтрудом «Правила безопасности при кессонных работах». По этим правилам при входе в кессон повышение давления в шлюзе должно производиться с расчетом времени по следующей таблице.

До 1 *atm*	. . . . .	в течение	5 м.
» 2 »	. . . . .	» »	8 »
» 3 »	. . . . .	» »	10 »
» 4 »	. . . . .	» »	12 »

При этом в начале шлюзования впуск воздуха должен производиться постепенно. При производстве К. р. нормальная продолжительность работы (а для работ при добавочн. давлении свыше 2 *atm*—наибольшая допустимая) должна соответствовать нижеприведенным нормам, не считая времени, необходимого для входа в шлюз и выхода из него.

Нормы продолжительности кессонных работ.

Число рабочих часов и смен	Добавочное давление в *atm*					
	до 1,5	1,5—2	2—2,5	2,5—3	3—3,5	свыше 3,5
Общее число рабочих часов в сутки в сжатом воздухе . . .	7½	6½	5	4	2	1½
Наименьшее допустимое число смен в сутки для одного рабочего	2	2	2	2	2	2
Наибольшее допустимое число часов беспрерывной работы (т. е. продолжительность одной смены)	4	3½	2½	2	1	¾
Наименьшее время перерыва между сменами одной и той же группы рабочих в часах	1	1½	3	5	6	6

Продолжительность шлюзования лиц, работавших в кессоне, при выходе из него должна определяться по следующей таблице.

От 1	добавоч.	*atm*	до 0	. . . .	в	течение	5	м.
» 1½	»	»	» 0	. . . .	»	»	10	»
» 1½	»	»	» 0	. . . .	»	»	20	»
» 2½	»	»	» 0	. . . .	»	»	30	»
» 3½	»	»	» 0	. . . .	»	»	45	»
» 4½	»	»	» 0	. . . .	»	»	1	ч.

Для ускорения шлюзования при выходе предложен «этажный» способ шлюзования, заключающийся в том, что давление сначала быстро понижают наполовину, а далее его понижают т. о., чтобы давление ни в одной части тела не превышало давления окружающей атмосферы больше, чем вдвое. Следует отметить, что даже исполнение всех профилактич. мероприятий не гарантирует от кессонных заболеваний. В случае наступившего кессонного заболевания применяется лечение сжатым воздухом. К ряду мер предосторожности, которые д. б. принимаемы при К. р., следует отнести испытание гидравлич. давлением шлюзов и шахтных труб согласно правилам, установленным на этот предмет. При опускании кессона ведется журнал работ, в к-рый заносятся данные: глубина погружения кессона, высота кладки над потолком, число рабочих разных категорий, число поднятых бадей грунта и т. п. Для большей наглядности нек-рые цифровые данные журнала работ выражают графически.

Лит.: Рейнер К. И., Кессон и его изготовление, спуск и погружение, М., 1892; Бреннеке Л. И., Устройство оснований и фундаментов, пер. с нем., СПБ, 1901; Федорович О. М., О применении съемных ящиков для заложения свайных оснований, М., 1909; Курдюмов В. Н., Краткий курс оснований и фундаментов, 2 изд., СПБ, 1897; Цишевский И. А., Кессонные работы по сооружению моста через р. Бузан Астраханской ж. д., СПБ, 1909; Скрябин В. А., Теоретич. основания опускания кессонов, М., 1910; Лентовский А. Н., Каменные кессоны и бетонные кессоны с плоскими железобетонными перекрытиями, СПБ, 1913; Гуща А. А., Кессонные заболевания и санитарный очерк кессонных работ при сооружении опор Дворцового моста через р. Неву в Петрограде, П., 1915; Джекоби и Девис, Основания и фундаменты мостов и зданий, М., 1921; Дмохowский В. К., Курс оснований и фундаментов, М.—Л., 1927; Бронников Д. В., Материалы по изучению кессонных работ, вып. 1, Новочеркасск, 1928; Meyer G., Der Grundbau unter d. Ausschluss d. Druckluftgründungen, Leipzig, 1896; Heller K., Die Caisson-Krankheit, Zürich, 1912; Lückemann H., Der Grundbau, 2 Auflage, Berlin, 1913; Durée A., Fondations à l'air comprimé, Paris, 1883; Boycott G., Compressed Air Work a. Diving, L., 1909; Jacoby H. a. Davis R., Foundations of Bridges a. Buildings, N. Y., 1925; Probst E., Vorlesungen über Eisenbeton, B. 2, Berlin, 1922; Franzius O., Der Grundbau, B., 1927; Brennecke L., Der Grundbau, B. 1, 4 Aufl., Berlin, 1927.

Н. Герливанов.

Кессонные заболевания и их профилактика. Профессиональные вредности работы в кессонах в основном сводятся к повышенному давлению и метеорологическим воздействиям. Первый момент связан с самой сущностью К. р., второй—с теми условиями $t°$, влажности и обмена воздуха, какие существуют в кессоне.

При переходе из нормального давления к повышенному в зависимости от быстроты этого перехода и состояния здоровья рабочего могут наступить серьезные патологич. изменения в его организме. Последние сводятся гл. обр. к вдавливанию внутрь барабанной перепонки, что сопровождается довольно интенсивными болевыми ощущениями в ушах. При быстром повышении давления или наличии патологич. изменений в слуховом аппарате и носоглоточном простран-

стве, препятствующих уравнению давлений на барабанную перепонку, последняя по достижении известной силы наружного давления может даже перфорироваться. Поэтому повышение давления должно производиться медленно и осторожно и в кессон не должны допускаться лица с заболеванием слухового аппарата и носоглоточного пространства.

Когда рабочий благополучно подвергся прямому шлюзованию и перешел в существующее в кессоне рабочее давление, то во все время пребывания там, если данное лицо находится в совершенно здоровом состоянии, у него обычно не наступает никаких расстройств. Однако в этом периоде организм в целом, все его соки и ткани подвергаются глубокому изменению в отношении условий своего существования, приспосабливаясь к изменившемуся давлению. Это приспособление заключается в восприятии этого давления, в насыщении организма воздухом, главн. обр. азотом (так как кислород усваивается организмом). При переходе от высокого давления к нормальному (обратное шлюзование) организм, стремясь освободиться от избыточного давления, выделяет газ по тем же путям, по каким происходило насыщение, т. е. через кровь, которая отдает избыток азота легким, а эти последние при выдохе в окружающее пространство. Освобождение крови и тканей от избыточного газа (десатурация) будет происходить в общем с той же скоростью, с какой происходило насыщение (сатурация).

Если декомпрессия происходит медленно и в соответствии с десатурационными способностями организма, то последний успевает освободиться от избыточного газа без заметных расстройств. Если же декомпрессия форсируется или же в силу свойств данного организма десатурация его значительно отстает от декомпрессии, то избыточный газ накопляется в кровяном русле, образовывает воздушные пробки (эмболы) в кровеносных сосудах и вызывает закупорку их, последствием чего м. б. местное поражение в суставах, мышцах, костях, коже и т. д., поражение спинного мозга с параличами, или же смерть от эмболии крупных и легочных сосудов; из легких форм наиболее часто встречаются случаи поражения суставов (кессонный ревматизм, «заломай» русских кессонщиков).

Законодательство всех стран строго нормирует время пребывания под давлением и способы декомпрессии, а также предъявляет строгие требования в отношении состояния здоровья лиц, допускаемых к спуску в кессоны. В настоящее время еще нет таких строго научных данных, которые позволили бы установить с бесспорностью нормы продолжительности пребывания под высоким давлением в зависимости от его величины. Точно так же вопрос о наиболее целесообразных методах декомпрессии, по крайней мере при К. р., все еще находится в стадии разработки и не может считаться окончательно разрешенным.

Для борьбы с кессонными заболеваниями имеет большое и непосредственное значение вопрос о температурных условиях, условиях влажности и вентиляции кессона. Так как в кессоне влажность неизбежно очень высока и часто близка к полному насыщению, то строгое нормирование $t°$ в кессоне особенно важно. Однако, вследствие того что воздух при сжатии значительно нагревается, а также вследствие нагревания его, шлюзов и трубопроводов солнцем, $t°$ в кессоне нередко достигает высоких значений, что при высокой влажности создает особо тягостные условия для пребывания и в особенности для работы в кессоне. В зимнее время, когда трубопровод недостаточно хорошо изолирован и не изолирован промежуточный резервуар, в кессон может подаваться холодный воздух, что создает особо благоприятные условия для быстрого охлаждения тела. В обоих случаях создаются условия, способствующие расстройству регуляции тепла в организме. Это состояние организма тем более неприемлемо, что оно, помимо общего значения своего, непосредственно и в резкой степени понижает десатурационные способности его. Поэтому постоянной заботой д. б. поддержание $t°$ в кессоне в пределах, благоприятных (при данных условиях влажности) для организма. Во всяком случае $t°$ не должна выходить за пределы 17—22°. Это достигается путем надлежащей изоляции промежуточного резервуара и трубопровода; кроме того в необходимых случаях д. б. обеспечено нагревание или охлаждение подаваемого в кессон воздуха. Особенно важно обеспечить надлежащую $t°$ в шлюзе во время редукции давления. По выходе людей из шлюза необходимо перевести их тотчас же в расположенное тут же помещение для отдыха, где можно переменить обычно влажную одежду и промокшую обувь, выпить горячего чаю или кофе для возбуждения сердечно-сосудистой системы и отдохнуть. Наконец имеет большое значение и надлежащее вентилирование кессона. Подачей воздуха в кессон в размере до 60 $м^3/ч$ на 1 чел. можно обеспечить соответствующий вентиляционный эффект в кессоне. Это особенно важно при повышении $t°$ в кессоне и при загрязнении воздуха в нем. Чтобы подаваемый в кессон воздух был чистым, необходимо в соответствующих случаях ставить в промежуточном резервуаре фильтр. При проведении всех указанных выше мероприятий и при правильном образе жизни кессонщиков можно достигнуть больших результатов в деле предупреждения кессонных заболеваний. Если же заболевания наступили, то в легких случаях м. б. достаточны местные процедуры (грелки, ванны и т. д.), в случаях же более серьезных необходимо тотчас же прибегать к рекомпрессии, т. е. к возвращению заболевшего в давление, при котором он работал. Рекомпрессия всегда действует благотворно, нередко почти чудодейственно, почему возможность воспользоваться ею при всяких условиях обязательно д. б. обеспечена. Для этой цели обычно служит лечебный шлюз, который иногда м. б. заменен шлюзом на кессоне (при невысоких давлениях). **М. Якобсон.**

КЕТМЕНЬ, ручное почвообрабатывающее орудие, сходное с мотыгой, широко распространенное в Узбекистане. Рабочая часть К.

имеет вид вогнутого диска—круглой, овальной или яйцевидно-продолговатой формы; первый тип—ташкентский, второй—бухарский и третий—андижанский. Длина диска 30÷45 *см*, ширина в самом широком месте ~ 25 *см* и толщина в самом толстом месте до 2,5 *см*; противоположная заостренной рабочей части К. сторона (затылок) сильно утолщена и загнута кромкой внутрь. Вблизи этого края вклепана в виде втулки особая трубочка длиной до 7 *см* для насадки на рукоятку. Рукоятка имеет длину до 1 *м* при 5 *см* толщины; угол между диском и рукояткой ~80°. Вес кетменя различен и колеблется от 1 до 5 *кг*.

В Узбекистане К. применяется для самых разнообразных работ: для мотыжения и окучивания хлопка, кукурузы, джугары и огородных овощей, для копания оросительных канав и арыков, для корчевки деревьев и рубки дерна, разбрасывания навоза, посадки хлопка, картофеля, утрамбовки мягкой почвы и пр.; затылком кетменя разбивают крупные комья после вспашки почвы омачом или плугом и т. д. **Б. Криль.**

КЕТОНОКИСЛОТЫ, кетокислоты, органич. соединения, характеризующиеся присутствием карбоксила, COOH, и кетонного карбонила, т. е. CO-группы, связанной с углеродными атомами двух органическ. радикалов. По числу карбонильных групп CO К. делятся на моно-, ди- и поликетонокислоты; по числу карбоксилов — одно-, двуосновные К. и т. д.; по виду радикала различают предельные и непредельные, жирные и ароматические кетонокислоты; наконец по взаимному положению групп CO и COOH различают α-К., типа R · CO · COOH, β-К., типа R · CO · CH_2 · COOH, γ-К., типа R · CO · CH_2 · CH_2 · COOH, и т. д.

Благодаря содержанию групп CO и COOH, К. характеризуются двойственной функцией, совмещая свойства кетонов и карбоновых кислот (см. *Кислоты органические*). Подобно *кетонам* (см.) К. присоединяют гидразины (в особенности легко фенилгидразин), образуя хорошо кристаллизующиеся трудно растворимые соединения; как кетоны К. легко соединяются с щелочными бисульфитами, присоединяют синильную к-ту, образуя нитрилы оксикислот, с гидроксиламином дают оксимы. Вообще К. отличаются высокой реакционной способностью и служат для синтеза многих органич. соединений. Из монокетонокислот α- и γ-К. так же, как и их производные, являются довольно прочными соединениями, между тем как β-К. распадаются уже при обыкновенной $t°$, и прочными являются только их эфиры.

В α-К. группа CO непосредственно соединена с группой COOH; они соответствуют α-оксикислотам, в к-рые и переходят при восстановлении; обратно, α-К. получаются из α-оксикислот путем окисления:

$$\underset{\alpha\text{-оксикислота}}{R \cdot CH(OH) \cdot COOH} \longrightarrow \underset{\alpha\text{-кетонокислота}}{R \cdot CO \cdot COOH};$$

кроме того α-К. получаются из хлорангидридов кислот действием на них цианистого серебра, AgCN, и последующим обмыливанием полученного нитрила крепкой соляной кислотой.

a) $R \cdot COCl + AgCN = R \cdot CO \cdot CN + AgCl$;

b) $R \cdot CO \cdot CN + 2H_2O + HCl = R \cdot CO \cdot COOH + NH_4Cl$.

Наиболее важная из α-К.—пировиноградная (или пирувинная) к-та, названная так вследствие того, что впервые она была получена сухой перегонкой виноградной к-ты (см. *Винные кислоты*), которая переходит при этом сначала в глицериновую кислоту (причем отщепляется CO_2), а последняя, теряя воду, переходит сперва в ненасыщенную оксикислоту, к-рая, изомеризуясь, образует пировиноградную к-ту:

$$COOH \cdot CH(OH) \cdot CH(OH) \cdot COOH \xrightarrow{-CO_2} \xrightarrow{-H_2O} CH_2OH \cdot CH(OH) \cdot COOH \longrightarrow CH_2{:}C(OH) \cdot COOH \longrightarrow CH_3 \cdot CO \cdot COOH.$$

Кроме того пировиноградную к-ту можно получить обычным способом получения α-К. из хлорангидрида уксусной к-ты. Пировиноградная к-та—жидкость с запахом уксусной кислоты, уд. в. 1,27 (при 20°), смешивающаяся с водой. При нагревании с H_2SO_4 в запаянной трубке до 150° она распадается на уксусный альдегид, $CH_3 \cdot CHO$, и CO_2.

β-К. и их соли легко выделяют CO_2 и переходят в соответственные кетоны. Ацетоуксусную к-ту, $CH_3 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot COOH$, можно получить осторожным обмыливанием ее эфира водой; уже при обыкновенной $t°$ она разлагается на ацетон и CO_2. *Ацетоуксусный эфир* (см.) имеет важное значение для синтеза органических соединений.

Из γ-К. левулиновая кислота, $CH_3 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$, получается кипячением гексоз (левулезы, фруктозы и др.) с разведенными кислотами; листоватая кристаллическая масса с $t°_{пл.}$ 37,2° и $t°_{кип.}$ 250°; $D_4^{15} = 1{,}1447$; легко растворима в воде, спирте и эфире. Левулиновая кислота служит в ситцепечатании растворителем для индулинов и нигрозинов.

Простейшей двуосновной К. является мезоксалевая кислота, $COOH \cdot CO \cdot COOH$, которая известна лишь в гидратной форме $COOH \cdot C(OH)_2 \cdot COOH$; получается она действием воды на диброммалоновую кислоту:

$$COOH \cdot CBr_2 \cdot COOH + 2H_2O = 2HBr + COOH \cdot C(OH)_2 \cdot COOH.$$

При восстановлении она образует тартроновую кислоту (оксималоновую), $COOH \cdot CH(OH) \cdot COOH$; при кипячении мезоксалевой кислоты с водой отщепляется CO_2 и получается глиоксиловая кислота:

$$COOH \cdot CO \cdot COOH \xrightarrow{-CO_2} CHO \cdot COOH.$$

В ароматических К. группы CO и COOH могут занимать соседнее положение только в боковой цепи; ароматические γ-К. получаются действием хлористого алюминия на смесь ангидрида янтарной к-ты с ароматическим углеводородом:

$$\begin{matrix} CH_2 \cdot CO \\ CH_2 \cdot CO \end{matrix}\!\!>\!O + C_6H_6 = C_6H_5 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH.$$

Дикетонокислоты получаются из натриевых производных эфиров β-К. путем замещения Na радикалами к-т и кетонов:

$$CH_3 \cdot CO \cdot CHNa \cdot COOC_2H_5 + CH_3COCl = NaCl + \underset{\text{диацетоуксусный эфир}}{(CH_3CO)_2 \cdot CH \cdot COOC_2H_5}.$$

Непредельные К. еще мало исследованы.

Лит.: Чичибабин А. Е., Основные начала органич. химии, 2 изд., М.—Л., 1929; Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. org. Chemie, 2 Aufl., B. 1, B.—Lpz., 1922—23. **Н. Ельцина.**

КЕТОНЫ, группа органич. соединений, характеризуемых присутствием *карбонила* (см.). Все К. отвечают общей ф-ле RCO R, где углеводородные радикалы R могут быть одинаковыми (простые, симметрические К.) или различными (смешанные К.). При наличии двух и более CO-групп, соответственно связанных с радикалами, К. носят название дикетонов и поликетонов. К. с небольшим числом углеродных атомов (не более 10) — жидкости; высокомолекулярные К.—твердые кристаллич. тела. Низшие К. растворимы в воде; с повышением мол. в. растворимость падает; высшие К. практически нерастворимы в воде; все К. растворяются в спирте и эфире. Специфическим физич. свойством жирных К., по сравнению с другими соединениями алифатич. ряда, является их способность поглощать энергию лучей Тесла, превращая ее в свет. Химич. свойства К. обусловливаются гл. обр. свойствами CO-группы. К., подобно *альдегидам* (см.), способны присоединять водород, синильную к-ту, бисульфиты щелочных металлов и другие вещества, образуя соответственно вторичные алкоголи, оксинитрилы, кристаллич. бисульфитные соединения и т.д. Другие реакции К. основаны на замещении кислорода CO-группы определенными атомами или атомными комплексами; так, при действии PCl_5 образуются двугалоидозамещенные углеводороды; с гидразином, гидроксиламином и семикарбазидом К. дают характерные гидразоны, оксимы и семикарбазоны. К. легко конденсируются с аммиаком и аминами. От альдегидов К. отличаются своим отношением к окислителям: со слабыми окислителями (напр. с аммиачным раствором серебра) они не реагируют, при действии же сильных окислителей (хромовой кислоты, перманганата) распадаются, образуя соединения (кислоты) с меньшим числом углеродных атомов, чем в исходном веществе.

Наиболее употребительными способами получения К. служат: а) окисление вторичных алкоголей или каталитическая дегидрогенизация их; б) нагревание кальциевых солей карбоновых кислот (разлагающихся на $CaCO_3$ и кетон) или разложение самих к-т в парах над окисями двувалентных металлов при нагревании; в) присоединение воды (в присутствии солей ртути) к гомологам ацетилена (напр. $CH_3 \cdot C{:}CH + H_2O = CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$); г) действие магнийорганич. соединений на нитрилы (I) или амиды к-т (II) с последующим разложением получен. продукта водой:

I. $$R \cdot CN + R'MgJ = \underset{R'}{\overset{R}{>}}C{:}N \cdot MgJ \xrightarrow{+2H_2O} \underset{R'}{\overset{R}{>}}CO + Mg(OH)J + NH_3;$$

II. $$R \cdot C(=O)NH_2 + 2R'MgJ = R'H + R \cdot C(=NMgJ)R'$$

$$R \cdot C(OMgJ)(R')NHMgJ \xrightarrow{+2H_2O} R \cdot C(=O)R' + NH_3 + 2Mg(OH)J;$$

д) гидролитическое расщепление эфиров *β*-кетонокислот (синтезируемых через ацетоуксусный эфир) действием разбавленных щелочей или кислот.

Наиболее важным представителем К. жирного ряда является *ацетон* (см.), $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$; гомологи его находятся в ацетоновых отходах—кетоновых маслах, а также в остатках после ректификации древесного спирта (древесноспиртовых маслах). Из ароматич. К. техническ. значение имеет *бензофенон* (см.), $C_6H_5 \cdot CO \cdot C_6H_5$; из смешанных жирно-ароматических — *ацетофенон* (см.), $CH_3 \cdot CO \cdot C_6H_5$.

Лит.: Чичибабин А. Е., Основные начала органич. химии, 2 изд., М.—Л., 1929; Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. organischen Chemie, 2 Aufl., B.1, B.—Lpz., 1922—23. **С. Медведев.**

КИАНИТ, дистен, минерал триклинной системы; кристаллы имеют вид длинных и широких призм. Спайность по (100) весьма совершенная; блеск стеклянный, перламутровый; кианит бесцветен, но чаще окрашен в желтоватый, сероватый, зеленоватый, красноватый и особенно в синий цвета; тв. 5÷7; уд. в. 3,56÷3,68; хим. сост. $Al_2O_3 \cdot SiO_2$. Перед паяльной трубкой К. не плавится; в фосфорной соли растворяется при выделении скелета кремнезема; к-ты на него не действуют; при выветривании К. дает слюду. При прокаливании (1 335÷1 410°) К. превращается в муллит с выделением избыточного SiO_2 в форме стекловатого кремнезема или же кристобалита. Кианит может применяться только после предварительного обжига, так как при обжиге значительно расширяется. Прибавка 30% К. к смеси каолина, полевого шпата и кремния дает материал сходный по своим физич. свойствам с искусственным силлиманитом.

К. встречается в виде широколучистых, жилковатых, тонколучистых агрегатов, вросших в кристаллич. сланцы (особенно в слюдяной), а также во многих россыпях в форме галек. Главное месторождение хороших кристаллов находится на Монте-Кампионе, близ Файдо, на С.-Готарде; черный К. (ретицит) встречается в Тироле (Грейнер, Пфиталь), Богемии (близ Петшау); крупные месторождения К. в толщах кварцита находятся в Швеции (близ Херресберга), а также в США (близ Кларксвиля в штате Георгии, в Калифорнии, Виргинии). В СССР месторождения К. довольно многочисленны: на Урале, Памире, Мурмане, в Карелии, Забайкальи, Якутии; месторождения эти пока не изучены. В последнее время К. обнаружен в кварцитах из зоны контактов с гранитными интрузиями в Уральской обл. (Свердловский окр., район Каслинских озер). К. применяется как добавка при приготовлении керамических масс высоких огнеупорности и кислотоупорности. Темносиний К. красивых тонов идет в огранку; нередко его пускают в обращение под видом сапфира.

Лит.: Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1926/27 г., Л., 1928; «НИ», т. 1, 1926; Лебедев Г., Учебник минералогии, СПБ, 1907; Fay A., A Glossary of the Mining a. Mineral Industry, Wsh., 1920; Ladoo R., Non-Metallic Minerals, New York, London, 1925.

КИЗИЛ, дерен, Cornus mas, кустарник или дерево (до 6 *м* высотой) семейства Cornaceae. Область распространения его в пределах СССР охватывает преимущественно ю.-з. его часть, Крым и Кавказ. Кизил отличается медленным ростом. Древесина К.

очень красивая, упругая, плотная и тяжелая (уд. в. 0,97), раскалывается с трудом, с темным ядром и белой заболонью, сердцевина круглая. Древесина ценится в токарном деле и столярном производстве, из нее выделывают рукояти для инструмента, трости, мельничные зубья, обручи, чубуки, шомполы, тычины и т. п.

Листва К. дает значительный выход дубильных веществ (12—17,6%), легко экстрагируемых (см. *Спр. ТЭ*, т. III). Плод К., продолговатая красная костянка, обладает приятным кислым вкусом и употребляется для варенья, кондитерских изделий, изготовления ликеров и в качестве приправы к кушаньям. К. пригоден для живых изгородей, т. к. хорошо переносит стрижку. Он размножается семенами, черенками и корневыми отпрысками.

Дерном называют иногда также Cornus alba (белый дерен), кустарник родом из Сибири и сев. Китая, и Cornus sanguinea (красный дерен), небольшой кустарник, растущий дико по всей Европ. части СССР, начиная с Ленинградской обл. к югу, а также в Сибири, Крыму и на Кавказе. **Н. Кобранов.**

КИЛ, кеффекилит, глинистый продукт, жирный наощупь, часто пластичный и обладающий, благодаря большому содержанию щелочей и окисей щелочноземельных металлов, способностью омылять жиры и поглощать их. Название кеффекилит было дано еще в 18 веке минералогом Кронштедтом и связано было с тем, что около Феодосии в Крыму (Kaffa) отмечались месторождения своеобразн. мыльного камня, к-рый был известен местному населению под именем кила. Это название применялось очень редко и в начале настоящего столетия, по инициативе американских геологов, было заменено термином бентонит или бентонитовая глина. К бентонитовым глинам относится очень больш. группа веществ, называемых в литературе и промышленности различными именами: бентонит, ардморит, вилькинит, монтмориллонит, сапонит, кеффекилит, кил, нефедьевит, мыловка и пр. До создания современной промышленности по очистке масел именно к этой группе мылоподобных продуктов и прилагался термин сукновальных глин, к-рые широко применялись в различных странах (Мексике, Малой Азии, Персии, на юго-востоке России, в Туркестане, Монголии) для мытья тела и белья и в качестве медицинского средства. В настоящее время их использование тесно переплетается с глинами флоридинового типа. По внешнему виду К.-бентониты представляют жирные наощупь мылоподобные вещества, обычно серовато-зеленого (иногда розового или желтоватого) тона, с типичным коллоидальным и очень редко криптокристаллич. строением. Блеск жирный, восковой. Легко поглощают воду, распускаясь в мыльный порошок. Состав бентонитов отвечает общей ф-ле:

$$R_2O_3 \cdot RO \cdot 5\,SiO_2 \cdot (5 \div 6)\,H_2O,$$

где под R_2O_3 разумеется Al_2O_3 и Fe_2O_3, а под RO—CaO, MgO, FeO и щелочи. Встречаются бентонитовые глины преимущественно в породах осадочного происхождения, мергелях и известняках (особенно меловых и третичных), в которых они образуют прослойки мощностью иногда в 1 *м*. По своему происхождению они связаны с химич. изменением пеплов или вулканич. пород, почему нередко заключают листочки биотита.

Употребление бентонитовой глины весьма разнообразно, но в первую очередь она применяется в бумажном и мыловаренном производствах, при обработке кожи, как заместитель и замедлитель схватывания гипса. Во многих отраслях промышленности бентонит вытесняет тальк, что связано, в отличие от обычных сукновальных глин, с его большою пластичностью. Удачны опыты по применению смесей бентонита с асфальтом для изготовления водонепроницаемых материалов (особые сорта бумаги, полотна и пр.). В связи с этим стоит и использование его в строительном деле. Кроме того бентонит заменяет трепел при изготовлении динамита. Частично он применяется и для замены флоридина при очистке нефти (после обработки серной кислотой) и в медицине. Однако главное применение бентонит находит как наполнитель для мыл в мыловаренном производстве, где он может замещать до $^1/_4$ жировых веществ без ухудшения технических свойств мыла. Очень характерна способность К. мылиться в морской воде, чем обусловливается его широкое применение на Востоке для мытья в море. Очень ценно его использование при кустарном приготовлении ковров (на Востоке). За последние годы растет потребление К. для смягчения жестких вод и в бумажном деле, где прибавка его удерживает глину в бумаге, и выявляется также возможность ряда других его применений. Бентонитовые глины СССР не имеют промышленного применения, за исключением местных производств и местного использования, где они (например в Крыму и на Кавказе) с успехом конкурируют с дешевыми сортами мыла.

Лит.: Ферсман А., Русские месторождения сукновальных глин и близких к ним веществ, [СПБ, 1915, *1*]. «Матер. для изуч. естеств. производит. сил СССР»; его же, Бентонитовые глины, «НИ», 1926, т. 1, стр. 295 и 1929, т. 4, стр. 309 (с полной лит.); Kausch O., Das Kieselsäuregel u. die Bleicherden, p. 1—292, B., 1927. **А. Ферсман.**

КИЛЕКТОР, портовое судно, специально приспособленное для постановки и уборки мертвых якорей и подъема со дна грузов. К. снабжается мощными шпилями и прочной балкой впереди носовой части; на конце балки имеется один или несколько шкивов, через которые и проходят подъемные лопари от шпилей.

КИЛОВАТТ, единица мощности, равная одной тысяче ватт. Обозначение: kW или квт. В абсолютной системе MTS киловатт равняется мощности в 1 стэн-метр в ск. В технике К. постепенно вытесняет другие единицы измерения мощности, напр. «лошадиную силу», и притом не только для электрических машин, но и для механических двигателей.

КИЛОВАТТ-ЧАС, единица для измерения энергии, применяемая главным образом для учета потребляемой электрической энергии. Обозначение: kWh или квтч.

1 kWh равен $3{,}6 \cdot 10^6$ абсолютных джоулей, т. е. равен работе 1 kW в течение 1 часа.

КИЛОВОЛЬТ, 1 000 V, единица измерения электрического напряжения, применяемая в электротехнике. Обозначение: kV, или кв. Иногда неправильно киловольт обозначают и символом квт, принятым для обозначения киловатта.

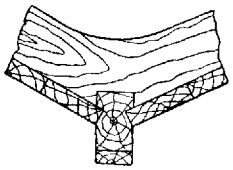
КИЛОВОЛЬТ-АМПЕР, единица электрич. мощности, равная 1 kW. Обозначение: kVA или ква. Применяется гл. обр. для измерения кажущейся мощности (а также и реактивной мощности). См. *Вольт-ампер.*

КИЛОЦИКЛ, точнее килоцикл в секунду, или цикл в миллисекунду, килогерц, наиболее принятая в радиотехнике единица частоты, равная 1 000 циклов (периодов) в секунду. Обозначение: КС или русское кц. В связи с наметившимся в международном порядке переходом в практике исчислений величин, характеризующих процесс волны ($\lambda = cT = c : f$), от длины волны λ к частоте f—термин К. в последние годы получил широкое распространение; практическая ф-ла перехода:

$$f = \frac{300\,000}{\lambda},$$

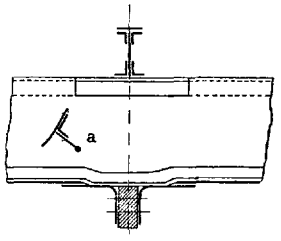
где f в кц., а λ в *м*. Радиотехника длинных и средних волн оперирует с частотами от 10 до 3 000 кц. Короткие волны лежат в диапазоне $f = 3\,000 \div 30\,000$ кц. Для ультракоротких волн кроме кц. часто вводят также термин *мегацикл* (см.).

КИЛЬ, основная продольная связь корпуса судна, расположенная в самой нижней части диаметральной плоскости корабля.

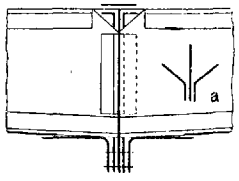


Фиг. 1.

Назначение киля: 1) наряду с другими продольными связями К. уравновешивает внутренними напряжениями усилия, возникающие от продольного изгиба корабля, давления воды, постановки в док, собственного веса, веса частей корабля (переборок, механизмов и пр.) и грузов; 2) соединяет части поперечного набора, наружную обшивку, внутреннее дно и переборки в одну целую конструкцию, заканчивая корабль снизу и переходя в оконечностях в фор- и ахтерштевни; поэтому постройку судна начинают с



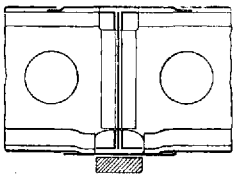
Фиг. 2.



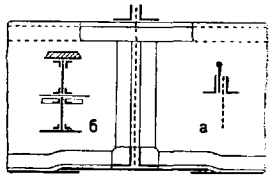
Фиг. 3.

киля, склепывая при закладке два листа последнего. По конструкции нижней части различают К. двух типов: 1) выступающий К. (фиг. 1—3)—у малых и парусных судов и 2) плоский К. (фиг. 5—8)—обычно применяемый. К первому типу относятся: а) брусковый К. (фиг. 1 и 2) и б) слойчатый К. (фиг. 3)—малоупотребительный, вследствие трудности сборки и клепки; для малых судов конструкция упрощается (фиг. 3, а).

Выступающий К. сообщает короткому судну устойчивость на курсе и защищает днище корабля от соприкосновения с грунтом. На парусных судах такой К. уменьшает дрейф (см. *Парусность*), поэтому на парусных яхтах делают выдвижной К.; на боковой качке он уменьшает размахи, почему иногда делают на скуле специальные боковые К.

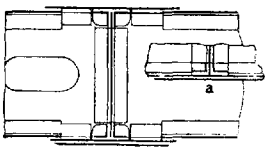


Фиг. 4.



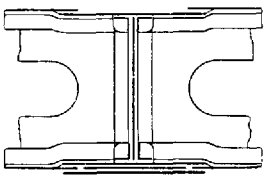
Фиг. 5.

(фиг. 2, а). Недостатком этого типа К. является увеличение осадки судна, поэтому на больших паро- и теплоходах делают плоские К., к к-рым относятся: а) плоский брусковый К. (фиг. 4) и б) горизонтальный К. (фиг. 5); последний часто усиливают добавочным листом снаружи киля (фиг. 6) или изнутри (фиг. 6, а), или же с обеих сторон (фиг. 7).



Фиг. 6.

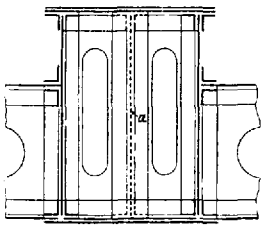
Средняя часть К., отсутствующая на малых судах с поперечным набором, обычно образуется вертикальным листом, идущим до верхней кромки поперечного набора (фиг. 4, 6, 7), а иногда (фиг. 5, а) перепускаемым выше, и называется вертикальным К. Последний непрерывен по длине корабля, в противоположность разрезан. между шпангоутами листу интеркостельного кильсона (фиг. 5), являющегося вторым типом конструкции средн. части киля. Верхняя часть киля образуется: на малых и парусных судах средним кильсоном (фиг. 2), устанавливаемым над поперечным набором, или—у больших судов—листом второго дна (фиг. 4, 6, 7). Конструкция кильсона, состоящего из клепаных профилей и листов, бывает б. или м. сложной (фиг. 2, 5, 5, а и 5, б).



Фиг. 7.

Кроме приведенных, существуют особые типы К. Для самогрузных (насыпных) судов применяется конструкция днища по системе Мак-Интайра (MacIntyre), в которой над поперечным набором и К. обычного типа (фиг. 2 и 5) располагают высокие кильсоны в форме клепаных двутавровых балок (фиг. 5, б), образующие продольный набор и перекрываемые вторым дном. В наливных судах, построенных по системе Ишервуда (Isherwood), вертикальный лист К. делается вдвое выше обычного и образует нижний пояс продольной переборки. На военных су-

дах К. обычно состоит из вертикального листа (внутренний К.), горизонтального К. и листа внутреннего дна, скрепленных уголками, иногда с накладным листом внизу. На линейных кораблях, для постановки их в док по мальтийскому способу (на киль), конструкция киля усиливается, образуя килевую балку (фиг. 8), внутренность которой может быть использована для судовых надобностей; поперечн. диафрагмы, через определенные интервалы, делают глухими и водонепроницаемыми, и между ними вставляют разрезные средние листы *a* (фиг. 8). Килевую балку, более упрощенной формы и не разделяемую на водонепроницаемые отсеки, начинают использовать также и в торговых судах, что дает возможность удобного размещения трубопроводов.



Фиг. 8.

Соединение листов К. между собой по длине делается на накладках, реже в накрой; брусковые К. соединяются на замках или свариваются. Соединение частей киля с поперечным набором делают угольниками, как показано на схемах; там же приведены различные способы соединения К. со шпунтовыми поясами днища и с внутренним дном. Размеры элементов К. для торговых судов выбирают по таблицам классификационных обществ, в зависимости от размеров судна; в особо сложных и новых конструкциях, а также для военных судов конструкцию К. поверяют расчетом прочности. Наибольшие размеры и прочность К. имеет у миделя, к окончностям его делают более слабой и упрощенной конструкции.

Основной расчет прочности производят для переменной нагрузки на волне, при нормальной осадке корабля. Обозначим общий изгибающий момент всего корабля в поверяемом сечении на вершине волны через M_1 (см. *Военные суда*, расчет прочности) и момент сопротивления эквивалентного бруса через W_1—тогда напряжение в К. от продольного изгиба корпуса судна

$$\sigma_1 = \frac{k \cdot M_1}{W_1},$$

где k—коэф-т прочности. Аналогично на подошве волны получим:

$$\sigma_2 = \frac{k \cdot M_2}{W_2}.$$

Величины W_1 и W_2 д. б. вычислены с учетом редукционных коэф-тов всех продольных связей корабля, как это показано ниже для К. Напряжение σ_3 от местного изгибающего момента части К. между переборками в рассматриваемом сечении:

$$\sigma_3 = \frac{k \cdot M_3}{W_3},$$

где W_3 — момент сопротивления К., а $M_3 = \frac{1}{12} pl$ (p—приведенная равномерно распределенная нагрузка на К. как веса, так и опорных давлений листов наружной обшивки, l—расстояние между переборками). Наружный лист испытывает, кроме указанных, еще и местное напряжение σ_4 от прогиба прилегающих к К. пластин днища, ограниченных опорным контуром—К., шпангоут, стрингер, шпангоут,—и рассчитывается по методам строительной механики и теории упругости для изгиба тонких пластин (см. *Пластины*). Наибольшего значения σ_4 достигает в средней шпации или у среднего шпангоута, где и следует брать расчетные сечения. Если $\sigma_э$.—Эйлерово напряжение листа горизонтального К. и $\sigma_э < \sigma_1 + \sigma_3 + \sigma_4$, то площадь листа следует вводить в величину W_1 с редукционным коэфициентом:

$$p = \frac{\sigma_э - \sigma_3 - \sigma_4}{\sigma_1},$$

о чем упоминалось выше. Для горизонтального листа имеем:

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_3 + \sigma_4;\ \sigma_{min} = \sigma_2 - \sigma_3 - \sigma_4;$$

величина приведенного допускаемого напряжения определится из ф-лы:

$$\sigma_д = 0{,}75\,\sigma_k \left(1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}\right),$$

где $\sigma_д$.—допускаемое напряжение и σ_k—предел упругости материала. Условие прочности будет:

$$\sigma_{max} \leqslant \sigma_д.$$

Подобные расчеты производят для всех элементов К., повторяя их для сечений у переборки и по крайней шпации, где σ_3 меняет знак и, вместе с σ_1, величину. Кроме того производят поверку на местные касательные напряжения по ф-ле

$$\tau \leqslant \tau_д.,$$

где $\tau_д. = 0{,}6\sigma_k$, а величина τ определяется по обычн. формулам. Этим заканчивают поверку продольных напряжений. Кроме того необходимо произвести: 1) поверку поперечных напряжений при постановке в док, которые не должны превосходить 60% от предела упругости материала; 2) поверку случайных нагрузок во время испытания водонепроницаемости и аварии—для этих случаев напряжение не должно превосходить 80% σ_k.

Сложность расчетов не позволяет определять наивыгоднейших размеров расчетом—это достигается путем последовательных проб и поверок. Мерой выгодности конструкции можно считать величину:

$$\eta = \frac{2 \cdot I}{F \cdot h \cdot e},$$

где I—момент инерции К. (клепаной балки), F—площадь сечения, h—высота К., e—отстояние нейтральной оси от нижней кромки конструкции. Обычно η м. б. доведено до 0,7. Повторяя расчет сечения К. в нескольких местах по длине корабля и учитывая существующий сортамент, определяют все необходимые размеры К., после чего переходят к расчету *заклепочных соединений* (см.).

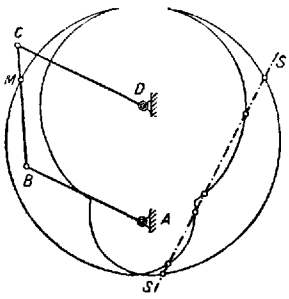
Лит.: Шершов А. П., Практика кораблестроения, ч. 1 и 2, СПБ, 1912; Шлезингер Г., Курс корабельной архитектуры, т. 1, СПБ, 1900; Шиманский Ю. А. и Гарденин М. Ф., Справочная книга для корабельных инженеров, Петроград, 1916; Бонштедт Б., Практич. судостроение, пер. с нем., СПБ, 1912; Johows Hilfsbuch f. d. Schiffbau, 5 Aufl., B. 2, B., 1928; Walton Th., Present Day Shipbuilding, 2 ed., L., 1921; Germanischer Lloyd. Vorschriften f. Klassifikation u. Bau v. flusseisernen Seeschiffen, B., 1926; Lloyd's Register of Shipping. Rules a. Regulations, L., 1923. **Р. Тишбейн.**

КИНЕМАТИКА, см. *Механика теоретическая.*

КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМОВ, наука, занимающаяся изучением кинематич. свойств механизмов. Она тесно связана с теоретич. кинематикой и является приложением ее законов к механизмам. К. м. состоит из учения: 1) о структуре механизмов, 2) о траекториях точек механизма, 3) о методах определения путей, скоростей и ускорений точек механизма и 4) из кинематического исследования передач.

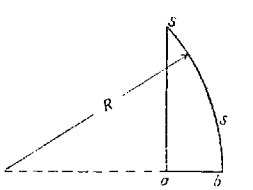
Учение о структуре механизмов охватывает собой вопросы, касающиеся устройства механизмов, т. е. звеньев, из которых они состоят, и способов сцепления этих звеньев между собою (кинематическ. пары). Здесь решаются задачи на составление кинематическ. схемы механизма по данной его конструкции, определяется число степеней свободы у кинематическ. цепи, проводится структурный анализ механизмов и излагаются методы синтетич. построения схем новых механизмов по данным условиям. Для решения этих задач применяется преимущественно формальный арифметическ. метод подсчета числа переменных параметров и условий связи, которыми определяется движение механизма.

Траектории точек механизмов лишь в редких случаях исследуются аналитическим методом. Объясняется это тем, что у механизмов траектории точек обыкновенно выражаются уравнениями высоких степеней. Уже точка шатуна простого плоского четырехзвенного механизма $ABCD$ описывает кривую 6-го порядка. Для примера на фиг. 1 показана одна из многих таких кривых, причем секущая SS, как видно, пересекает траекторию точки M в 6 точках. Если бы был взят механизм посложнее, то порядок кривой траектории получился бы еще выше. Отсюда проистекает большая трудность аналитич. построения уравнений траекторий точек механизмов. Графический метод построения траекторий при помощи простых засечек циркулем дает вполне удовлетворительные результаты. При этом, если для построенной кривой требуется дать уравнение, его составляют приближенно при помощи рядов Фурье, пользуясь для определения коэфициентов ряда особым прибором—гармоническим анализатором (см. *Гармонический анализ*), или же при помощи таблиц Ципперера. Когда перемещения точек очень малы, а в построении траекторий требуется значительная точность, как напр. при исследовании пароораспределительных механизмов, то пользуются методом круговых линеек, причем схема механизма вычерчивается в небольшом масштабе, траектории же точек сносятся к одному месту и выполняются в крупном масштабе. Вместо

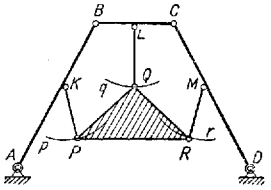


Фиг. 1.

засечек радиусами больших кругов в этом случае применяются круговые линейки-лекала (фиг. 2), у к-рых ss—дуга круга данного радиуса R, а кромка ab идет по направлению к центру этого круга. Бывают еще



Фиг. 2.



Фиг. 3.

случаи, когда методом простых засечек задача просто не решается и требуется прибегать к сложным геометрич. построениям. Тогда целесообразно применение шаблонов, которые легко вырезаются из картона. На фиг. 3 показана схема механизма $ABCD$, к к-рому тремя поводками KP, LQ и MR присоединено так наз. трехповодковое звено PQR. Если известны все размеры механизма и дана скорость кривошипа AB, то для каждого положения точки B засечками легко находится соответствующее положение точки C, так как ее расстояния от B и D постоянны. Вместе с тем определятся также положения точек K, L и M. Однако дальнейший переход к точкам P, Q и R затрудняется тем, что для засекания каждой из этих точек нехватает данных. В этом случае целесообразно изготовить шаблон треугольника PQR, прочертить окружности p, q и r и затем вместить этот шаблон соответствующими вершинами на указанных окружностях. Тогда определится его положение, а вместе с тем и положение искомых точек P, Q и R.

Определение путей, скоростей и ускорений точек механизмов производится разными методами — аналитическим, графическим и смешанным (графо-аналитическим). В аналитическом методе нужно установить функциональную зависимость перемещений точки от времени: $s=f(t)$ для линейных перемещений и $\alpha=\varphi(t)$ для угловых. Диференцированием получаем следующие скорости:

$$v=\frac{ds}{dt} \quad \text{и} \quad \omega=\frac{d\alpha}{dt}.$$

Соответственно ускорения равны:

тангенциальное

$$j_t=\frac{dv}{dt}=\frac{d^2s}{dt^2};$$

нормальное

$$j_n=\omega^2\varrho=\frac{v^2}{\varrho},$$

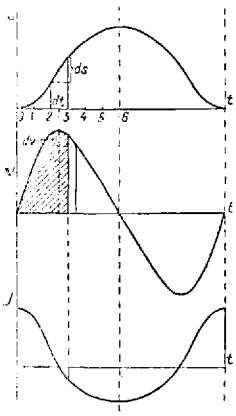
где ϱ—радиус кривизны траектории точки;

угловое

$$\omega'=\frac{d\omega}{dt}=\frac{d^2\alpha}{dt^2}.$$

Гораздо чаще применяется графич. метод, состоящий в построении кинематич. диаграмм (графиков): s, t; v, t; j, t. Для построения этих диаграмм сначала строят траекторию точки, затем разбивают ее на интервалы, соответствующие равным промежуткам времени, промеряют траекторию по этим интер-

валам и составляют первую диаграмму s, t (фиг. 4). Графическим диференцированием с этой диаграммы снимают приращения ds за каждый интервал времени dt. Отношение $\frac{ds}{dt} = v$ в выбранном масштабе откладывают в средине интервала как среднюю скорость и так. обр. получают вторую диаграмму v, t.



Фиг. 4.

Из этой второй диаграммы аналогичным способом снимают приращения dv за каждый интервал времени и составляют третью диаграмму j, t. Нужно заметить, что при криволинейном движении точки мы можем получить описан. методом не полное ускорение точки, а только тангенциальную составляющую его. Во многих случаях этого бывает достаточно. Если же требуется знать полное ускорение по величине и по направлению, то пользуются методом планов скоростей и ускорений. Обратная задача состоит в графическом интегрировании. Она заключается в следующем. Из $v = \frac{ds}{dt}$ следует, что $s = \int_0^v v\,dt$. Таким образом путь точки за известный промежуток времени является площадью на графике скоростей за этот промежуток. Измеряя эту площадь, напр. при помощи планиметра, получим путь s. Этим приемом хорошо пользоваться в том случае, когда скорости движения точки заданы, а требуется найти перемещения ее. Подобным же образом из ускорений получаются скорости; именно: $j = \frac{dv}{dt}$, откуда $v = \int_0^j j\,dt$, и следовательно площадь на графике ускорений соответствует скорости точки. Планы скоростей и ускорений строятся графич. приемами на основании геометрич. соотношений, которые устанавливаются между векторами скоростей и ускорений разных точек механизма. Т. к. при построении планов скоростей и ускорений наряду с графич. построениями проделывается значительная вычислительная работа, то метод этот следует считать графо-аналитическим.

Кинематическое *исследование передач* охватывает собой учение о передачах: фрикционной, зубчатой, гибкой связью, кулаками и эксцентриками, а также стержневой пространственной и в частности шарниром Гука. У всех этих передач устанавливают отношение скоростей между сцепленными деталями; кроме того находят форму правильно построенных очертаний зубцов зубчатых колес, кулаков и эксцентриков. Обратная задача состоит в том, что по данной форме этих деталей определяют закон движения.

Лит.: Зернов Д. С., Прикладная механика, Л., 1925; Левенсон Л. Б., Кинематика механизмов, М., 1923; Мерцалов Н. И., Кинематика механизмов, М., 1916; Радциг А. А., Прикладная механика, М.—П., 1923; Рузский Д. П., Кинематика машин, Ленинград, 1924; Смирнов Л. П., Кинематика механизмов и машин, М.—Л., 1927; Столяров Я. В., Теория механизмов, Харьков, 1926; Ассур Л., Исследование плоских стержневых механизмов с точки зрения их структуры и классификации, ч. 1, СПБ, 1914, ч. 2, П., 1915; Малышев А. П., Анализ и синтез механизмов с точки зрения их структуры, Томск, 1923; его же, Прикладная механика, вып. 1—Структура и синтез механизмов, Томск, 1923; Кирпичев В. Л., Построение путей, описываемых точками плоского механизма, Собр. сочинений, т. 1, П., 1917; его же, Построение картины скоростей и картины ускорений для плоских механизмов, там же; Ассур Л. В., Картины скоростей и ускорений точек плоских механизмов, СПБ, 1911; Альбицкий В. И., Цилиндрич. зубчатые колеса, их теория, расчет и вычерчивание, 2 изд., Харьков, 1892; Берлов М. Н., Детали машин, Сокращ. руководство по расчету и проектир., ч. 1—2, 2 изд., М., 1929; Малышев А. П., Передача гибкой связью при некруглых шкивах, «Изв. Моск. текстильного ин-та», М., 1928; Burmeister L., Lehrbuch d. Kinematik, Lpz., 1888; Bouasse H., Théorie des vecteurs. Cinématique des mécanismes, P., 1921; Heck R. C., Mechanics of Machinery. Mechanism, N. Y., 1923; Grübler M., Lehrbuch d. technischen Mechanik. B. 1—3, B., 1921; Ham C. W. a. Crane E. J., Mechanics of Machinery, N. Y., 1927; Reuleaux F., Theoretische Kinematik, B. 1, Brschw., 1875, B. 2, Brschw., 1900; Grübler M., Getriebelehre, B., 1921; Stribeck, Versuche mit Schneckengetrieben, «Z. d. VDI», 1897; Flanders R., Gear-Cutting Machinery, N. Y., 1910; Buhle, Der Renolds-Kettentrieb, «Glückauf», Essen, 1904; Buckingham E., Spur Gears, N. Y., 1922; Hiscox G., Mechanic. Appliances. Mechanical Movements, 5 ed., L., 1925; Brown H., Bewegungsmechanismen, Lpz., 1925. **А. Малышев.**

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД в строительной механике, применение принципа возможных перемещений к решению вопросов теории сооружений; в более узком смысле—применение этого принципа к определению усилий в шарнирно-стержневых фермах от действия неподвижной и подвижной нагрузок. Основная идея К. м., разработанного гл. обр. трудами Мюллера-Breслау и Мора, состоит в следующем: путем удаления одной или нескольких связей сооружение обращается в кинематическ. цепь, имеющую одну или несколько степеней изменяемости; искомые свойства сооружения получаются из рассмотрения свойств движения и условий равновесия этой цепи.

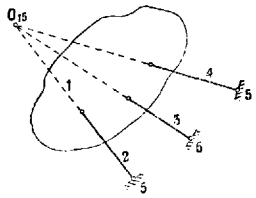
В настоящей статье рассматриваются исключительно применения кинематики к плоским сооружениям. Применение кинематики к сооружениям пространственным разработано пока очень мало.

Поверка неизменяемости сооружений. Необходимое условие статическ. определимости и неизменяемости сооружения заключается в том, что кинематич. цепь, получаемая из сооружения при удалении каких-либо связей, должна иметь степень свободы, равную числу этих удаленных связей (стержни сооружения считаются абсолютно жесткими). Отсюда выводится соотношение между числом стержней C и числом шарниров $Ш$ шарнирно-стержневой плоской статически определимой и неизменяемой фермы: $2Ш - C = 0$ (здесь C—полное число стержней, включая и опорные). Отсюда же можно вывести и соотношение между числом звеньев (неизменяемых систем) n и приведенным числом шарниров p любого плоского статически определимого сооружения:

$$3n - 2p - 3 = 0:$$

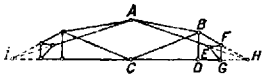
приведенное число шарниров получается, если каждый шарнир, соединяющий i звеньев, считать за $i-1$ простых шарниров.

Всякое сооружение, статически определимое, неизменяемое и неподвижное в общем виде, может, при нек-ром специальном подборе длины стержней, потерять свою неизменяемость или неподвижность, т. е. превратиться в кинематич. цепь. Если эта цепь допускает лишь бесконечно малые перемещения, сооружение называется мгновенно изменяемым. Мгновенно изменяемое сооружение непригодно для практ. целей, так как от действия ничтожно малых внешних нагрузок в нем могут возникать большие деформации и большие внутренние усилия. Система уравнений статики, которая служит для определения всех усилий и реакций такого сооружения, имеет детерминант, равный нулю, и поэтому получает решение неопределенное или бесконечное. Мгновенная изменяемость вскрывается проще всего К.м.: нужно удалить одну связь, рассмотреть возможное перемещение полученного механизма и выяснить, противоречит ли удаленная связь этому перемещению; если противоречия нет, то данное сооружение несомненно обладает мгновенной изменяемостью.



Фиг. 1.

На фиг. 1 показана неизменяемая фигура, обозначенная цифрой *1* и опирающаяся на неподвижную систему *5* при помощи опорных стержней *2*, *3* и *4*. Удалив один из стержней, получим мгновенный центр вращения звена *1* в точке пересечения остальных двух O_{15}; в том случае, когда все три стержня пересекаются в одной точке, движение (бесконечно малый поворот звена *1* вокруг точки O_{15}) оказывается возможным и при наличии всех трех опорных стержней. Свойство мгновенной изменяемости сохраняется и в том случае, когда три стержня, пересекающиеся в одной точке, служат для взаимного соединения каких-либо двух неизменяемых частей сооружения, как это изображено например на фиг. 2, где соединительные стержни пересекаются по три: в точках H и I. Случай параллелизма трех соединительных стержней должен рассматриваться как частный случай пересечения трех стержней в одной точке.



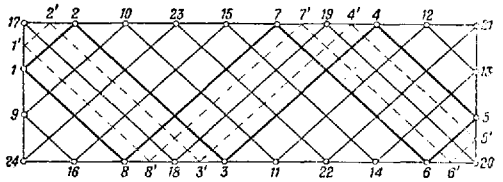
Фиг. 2.

Если какие-либо два звена (обозначим их цифрами *1* и *2*) или два стержня соединены между собой шарниром, то разъединив звенья в этом шарнире, получим два механизма и в каждом из них найдем мгновенный центр вращения одного из названных звеньев относительно их общего звена; если шарнир и эти два мгновенных центра лежат на одной прямой, то данное сооружение мгновенно изменяемое. На фиг. 3 точка A играет роль мгновенного центра *17* (т. е. звена *1* относительно звена *7*), точка C—центра *27*. следовательно сооружение является мгновенно изменяемым. Из этого примера следует, между прочим, что трехшарнирная арка с шарнирами, расположенными по одной прямой, мгновенно изменяема.

Для раскрытия мгновенной изменяемости пользуются также планами скоростей. Если по удалении какого-либо стержня сооружения можно построить план скоростей (изображающую фигуру), все линии которого параллельны соответствующим стержням данной цепи (в том числе и удаленному стержню), то сооружение мгновенно изменяемо; в противн. случаэ—неизменяемо. Теорема одинаково справедлива при пользовании полярным или неполярным планами скоростей. Пример такого решения задачи показан на фиг. 4, в применении к ферме



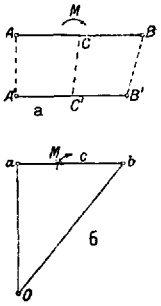
Фиг. 3.



Фиг. 4.

Мертенса, имеющей один лишний стержень и тем не менее мгновенно изменяемой. Пунктирный зигзаг представляет собою неполярный план скоростей и изображает такое перемещение, при котором узлы изображаемого зигзага перемещаются, в то время как остальные узлы остаются неподвижными.

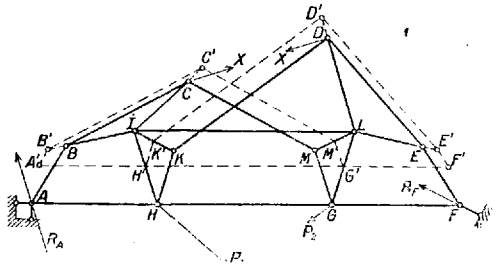
Кинематический способ определения усилий от неподвижной нагрузки представляет собою непосредственное применение статики механизмов и многократно изменяемых кинематич. цепей (т. е. цепей с большей степенью свободы, чем у механизма). Основные теоремы статики механизмов, вытекающие из принципа возможных перемещений, наиболее удобно выражаются при помощи полярных и неполярных планов скоростей. На неполярном плане каждая точка A механизма (фиг. 5, а) изображается в виде нек-рой точки A', а каждая прямая AB, не изменяющая своей длины во время движения,— некоторой прямой $A'B' \parallel AB$. Скорость или перемещение любой точки A выражается в одном и том же (произвольном) масштабе вектором $\overline{AA'}$; направление перемещения перпендикулярно к этому вектору. При равновесии механизма сумма статических моментов всех внешних сил относительно точек, которые служат изображениями точек приложения соответств. сил, равна нулю. На полярном плане скоростей (или перемещений)



Фиг. 5.

изображение a каждой точки A получается (фиг. 5, б) как конец вектора $\overline{Oa}$, проведенного из постоянной точки O—полюса плана скоростей—перпендикулярно к перемещению точки A; свойство параллелизма неизменяемой прямой AB и ее изображения ab сохраняется и здесь. Условие равновесия механизма: сумма статическ. моментов всех сил, перенесенных на план скоростей, относительно полюса O равна нулю. Иными словами, если мы примем план скоростей за одно звено, имеющее неподвижную точку вращения в полюсе плана и нагруженное всеми перенесенными силами, то это звено окажется в равновесии. Если в числе нагрузок имеется сосредоточенная пара с моментом M, действующая на какое-либо звено AB (фиг. 5, а), то при пользовании неполярным планом нужно ввести в упомянутое выше ур-ие статических моментов выражение $M\left(1-\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}\right)$, где отношение $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ положительно при одинаковом течении векторов $\overline{A'B'}$ и $\overline{AB}$ и отрицательно при взаимно противоположных направлениях. При пользовании полярным планом следует вводить выражение $M\cdot\frac{ab}{\overline{AB}}$, причем дробь $\frac{ab}{\overline{AB}}$ положительна при одинаковом течении векторов $\overline{ab}$ и $\overline{AB}$.

На фиг. 6 показана ферма, для которой обычное построение усилий (без замены стержней) затруднительно. Кинематическое построение состоит в следующем: удаляем стержень CD, заменяем его двумя равными



Фиг. 6.

и противоположными силами X и строим неполярный план скоростей, приняв за неподвижное звено стержень IL. Ур-ие равновесия будет иметь вид:

$$P_1k_H+P_2k_F+R_Ak_A+R_Fk_F+ +Xk_C+Xk_D=0,$$

где k_H—плечо силы P_1 относительно точки H' и т. д. и где сумма моментов берется конечно алгебраически. После того как сила X будет найдена, усилия во всех остальных стержнях легко найдутся обычным путем.

На фиг. 7 изображена трехъярусная рама, состоящая из трех шарнирных арок, поставленных одна на другую. Требуется определить изгибающий момент в сечении F от действия горизонтальной силы. Вставим в сечении F звена BC шарнир, превращающий полуарку BFC в два звена, и нагрузим это сечение двумя моментами, равными M. Построив неполярный план скоростей, показанный пунктиром, получим:

$$P\cdot KK'-M\left(1-\frac{\overline{B'F'}}{\overline{BF}}\right)+M\left(1-\frac{\overline{F'C'}}{\overline{FC}}\right)=0,$$

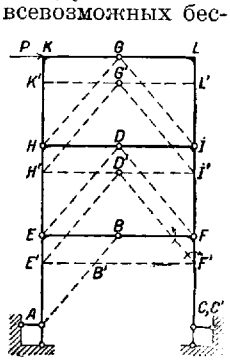
откуда

$$M=\frac{P\cdot KK'}{\frac{\overline{F'C'}}{\overline{FC}}-\frac{\overline{B'F'}}{\overline{BF}}}.$$

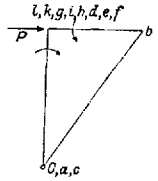
На фиг. 8 показан полярный план для того же механизма; он состоит из одного тр-ка, так как в одной вершине f сливается изображение многих точек. Уравнение равновесия имеет вид:

$$P\cdot Of+M\frac{fc}{\overline{FC}}-M\frac{bf}{\overline{BF}}=0,\quad\text{или}\quad M=\frac{P\cdot Of}{\frac{bf}{\overline{BF}}-\frac{fc}{\overline{FC}}}.$$

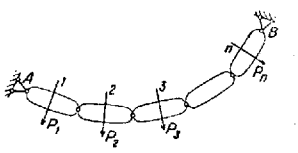
Кроме механизмов можно пользоваться также двукратно изменяемыми кинематич. цепями, основываясь на следующих свойствах таких цепей: 1) при всевозможных бесконечно малых перемещениях цепи геометр. местом мгновенных центров взаимного вращения каких-либо двух звеньев служит прямая; 2) если в системе, имеющей две степени свободы, задано направление скорости какой-нибудь точки A, то, при возможных перемещениях этой системы, изображения всех ее точек на полярном и неполярном планах скоростей перемещаются по прямым линиям. Удалив из сооружения две связи, рассматривают два различных возможных перемещения получен. цепи, строят для каждой из них план скоростей и приходят к вышеуказанным уравнениям равновесия. Из этих двух уравнений и определяются усилия в обеих устраненных связях. Легко подобрать два таких движения, при к-рых в каждом уравнении остается лишь по одному неизвестному. Пользование двукратно изменяемой цепью оказывает большие услуги при решении особо сложных по своей геометрической структуре сооружений. Тот же принцип приводит к пользованию многократно изменяемыми кинематическ. цепями, т. е. цепями, обладающими n степенями свободы, где $n>2$. Нужно лишь, чтобы n возможных перемещений, для к-рых строятся планы скоростей и применяются уравнения равновесия, были все независимыми друг от друга (т. е. чтобы ни одно из них не было линейной функцией остальных).



Фиг. 7.



Фиг. 8.

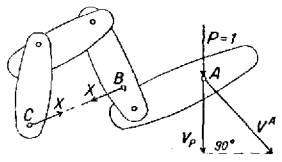


Фиг. 9.

Частным случаем многократно изменяемой кинематической цепи является веревочный многоугольник, теория которого общеизвестна. Обобщением веревочного мн-ка является дисковый многоугольник (фиг. 9), состоящий из

звеньев, нагруженных между шарнирами. Для его равновесия необходимо и достаточно, чтобы существовал веревочный мн-к, соответствующий данной внешней нагрузке и обладающий тем свойством, что его стороны проходят через соответствующие вершины дискового мн-ка. Теория равновесия замкнутого дискового кольца автоматически вытекает из теории равновесия дискового многоугольника как ее частный случай.

Построение линий влияния (инфлюентная линия). Пусть требуется определить линию влияния усилия X в каком-нибудь стержне или связи фермы. Удалим этот стержень и заменим его силами X, как показано на фиг. 10; движущийся груз обозначим через P. Ур-ие работ при возможном перемещении этого механизма может быть представлено в виде:



Фиг. 10.

$$1 \cdot v_P - X v_X = 0,$$

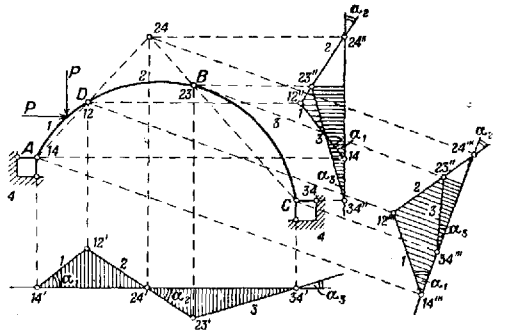
где v_X—скорость изменения расстояния CB или, в более общей формулировке, скорость того перемещения, на котором работают силы X. Отсюда:

$$X = \frac{v_P}{v_X}.$$

Знаменатель этой дроби, как скорость определенной точки или группы точек сооружения, можно считать постоянным, числитель же, по самой природе своей,—переменный. Полученная ф-ла приводит к следующему замечательному выводу: для получения инфлюентной линии усилия любой связи статически определимой фермы следует удалить эту связь, сообщить образовавшемуся механизму бесконечно малое перемещение и для всех точек сооружения, по которым должна перемещаться точка приложения груза $P=1$, построить проекции скоростей на направление, параллельное этому грузу; полученная диаграмма скоростей и будет выражать собою в некотором масштабе искомую инфлюенту.

При бесконечно малом перемещении механизма каждое звено его поворачивается около своего мгновенного центра вращения, а скорость любой точки звена пропорциональна ее расстоянию до этого мгновенного центра. Отсюда вытекает следующий ряд важных выводов. 1) Участок всякой инфлюентной линии, соответствующей движению груза по одному звену механизма, представляет собою прямую линию. 2) Нулевая точка (т. е. точка пересечения с осью абсцисс) каждой из прямых, составляющих инфлюенту, представляет собою проекцию мгновенного центра вращения соответствующего звена по направлению движущейся силы. 3) Точка пересечения двух прямых инфлюенты представляет собою проекцию мгновенного центра взаимн. вращения соответствующих двух звеньев; если последние движутся друг относительно друга поступательно, то обе прямые оказываются параллельными между собою. 4) Если ось абсцисс инфлюентной линии перпендикулярна к направлению проекций v_P, то тангенс угла наклона любой прямой к оси абсцисс выражает собою в выбранном масштабе угловую скорость вращения соответствующего звена относительно неподвижного; этот угол следовательно не зависит от направления ординат v_P.

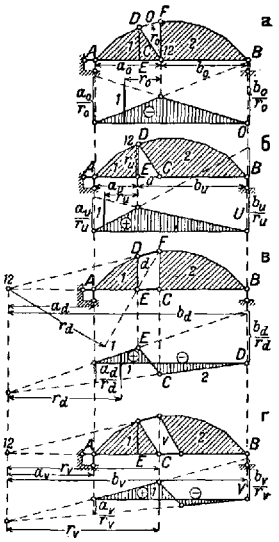
Эти основные теоремы вполне достаточны для построения любой статически определимой инфлюентной линии. Они же позволяют с недостижимой для друг. методов наглядностью сразу, без каких-либо предварительных вычислений, представить себе весь характер и очертание инфлюентной линии, а также проверять результаты построений, сделанных друг. способами. Масштаб ординат инфлюенты показан на фиг. 11. Для определения усилия в стержне AB, соединяющем два звена, находим мгновенный центр O_{12} взаимного вращения этих звеньев и опускаем из него перпендикуляр r на стержень AB; любая ордината d, заключенная между прямыми *1* и *2*, выражает собою проекцию v_P относительной скорости под грузом и следовательно выражается формулой $d = \frac{a}{r}$; на расстоянии r от точки M инфлюентной линии отрезок ординаты между прямыми *1* и *2* должен быть равен единице. Отсюда следует, что ординаты продолжения прямых, проведенных через мгновенные центры *13* и *23* вращения этих звеньев относительно неподвижного, имеют показанные на чертеже величины $\frac{a_1}{r}$ и $\frac{a_2}{r}$. При построении инфлюентной линии момента следует принимать $r=1$. Повернем звенья


Фиг. 12.

1 и *2* на фиг. 11 так, чтобы сила P, стоящая в какой-либо точке, совершила положительную работу. Если при этом расстояние AB увеличится, то ордината под этой точкой положительна—таково правило знаков.

На фиг. 12 показано кинематическое построение инфлюентных линий изгибающего момента в сечении D трехшарнирной арки ABC при трех различных направлениях движущегося груза; равные углы обозна-

чены на всех трех инфлюентных линиях одинаковыми буквами. Для построения всех этих инфлюент достаточно найти мгновенный центр *24*, к-рый лежит на пересечении прямых *AD* и *CB*.

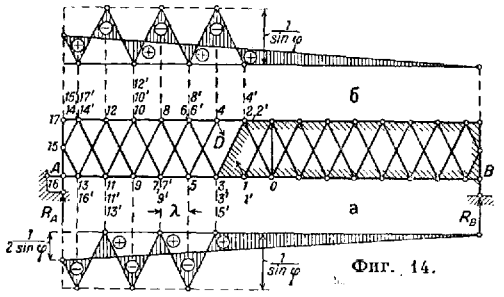


Фиг. 13.

На фиг. 13 показано построение инфлюентных линий для различных стержней балочной фермы при помощи мгновенных центров вращения; все масштабы выписаны на чертеже. На фиг. 14 показано применение неполярного плана скоростей для той же цели. Части а и б фигуры представляют собою инфлюентные линии усилия в раскосе *D* соответственно при езде понизу и поверху; заштрихованное же звено считается неподвижным. Изображение *4'* точки *4* помещаем в точке *2*; изображения всех остальных узлов строятся без всякого труда; как видно по надписям, целый ряд изображений совпадает между собой. Сближение точек *4* и *1* выражается проекцией вектора $\overline{4'4}$ на направление, перпендикулярное к *D*, т. е. $v_X = \lambda \sin\varphi$, где λ—длина панели и φ—угол наклона раскоса *D* к поясу. Отсюда получаем масштаб:

$$\lambda \sin\varphi = 1.$$

Вертикальная скорость v_P точек *5*, *9*, *13* равна $\overline{55'} = \overline{99'} = \overline{13} - \overline{13'} = \lambda = \frac{1}{\sin\varphi}$. В точке *A* получаем ординату $\overline{16} - \overline{16'} = \frac{\lambda}{2} = \frac{1}{2\sin\varphi}$. В остальных узлах ординаты инфлюенты



Фиг. 14.

равны нулю. Т. о. получается зигзагообразная инфлюента (фиг. 14, а), у которой крайняя правая ордината равна нулю, а крайняя левая $= \frac{1}{2\sin\varphi}$. После этого изменяем неподвижное звено, для чего достаточно провести ось абсцисс так, чтобы крайние ординаты обратились в нуль.

Применение кинематики к решению статически неопределимых задач. Простейшее применение заключается в определении линейных перемещений узлов и узловых перемещений стержней в рамных сооружениях. Для решения этой задачи следует поместить во всех без исключения узлах сооружения шарниры, считать все стержни абсолютно жесткими и для полученной т. о. кинематич. цепи построить план скоростей. Если цепь имеет *n* степеней свободы, то следует взять *n* независимых друг от друга возможных перемещений и для каждого из них построить отдельный план скоростей. Из этих планов и определятся графически линейные и узловые перемещения, фигурирующие в статически неопределимой задаче при решении ее по методу деформаций.

Другое более важное применение заключается в чисто графическ. решении статически неопределимых рамных сооружений. По известной теореме Мора, перемещение любой точки стержня по любому направлению м. б. представлено как изгибающий момент от фиктивной нагрузки, выражаемой эпюрой $\frac{M}{EI}$, где *M*—действительный изгибающий момент в любой точке. Эта фиктивная нагрузка должна считаться приложенной к каждому элементу *ds* по его оси и иметь направление, параллельное интересующему нас перемещению. С изменением направления перемещения необходимо соответственно переменить и направление всех фиктивных сил.

Фиктивная нагрузка действует на фиктивное сооружение: в неподвижной точке данного сооружения фиктивный изгибающий момент равен нулю; в неподвижном (защемленном) сечении фиктивная поперечная сила равна нулю. Фиктивное сооружение, получаемое на этом основании, имеет шарниры в точках, соответствующих неподвижным точкам действительного сооружения, и свободные концы—в защемленных концах действительного сооружения. Построение эпюры моментов сводится к уравновешиванию фиктивной нагрузки на фиктивной кинематич. цепи или на фиктивном дисковом мн-ке.

Лит.: Рабинович И. М., Кинематич. метод в строит. механике в связи с графич. кинематикой и статикой плоских цепей, М., 1928.

Тимошенко С. П., Курс статики сооружений, Л., 1926; Прокофьев И. П., Теория сооружений, ч. 1, М., 1926; Мюллер-Breслау Г., Графич. статика сооружений, т. 1, пер. с немецкого, 2 изд., стр. 391—453, СПБ, 1908. **И. Рабинович.**

КИНЕТИКА ХИМИЧЕСКАЯ, отрасль теоретич. химии, изучающая скорости химич. реакций. В основе опытной методики этого изучения лежит определение концентрации прореагировавшего либо появляющегося вещества в функциональной зависимости от времени. Различают кинетику обратимых и необратимых реакций. К необратимым относятся те реакции, к-рые практически протекают лишь в одном направлении; это имеет место в случаях, когда продукты, к-рые образовались в результате химич. процесса, удаляются из сферы реакции и тем самым лишаются возможности обратного взаимодействия, или когда обратная реакция протекает лишь с незначительной скоростью. В случае обратимых реакций продукты вступают между собой во взаимодействие, давая исходные вещества; при

этом результирующая скорость определяется как разность скоростей прямой и обратной реакции. Далее, различают кинетику гомогенных реакций, протекающих в одной фазе (напр. когда все участвующие в реакции вещества газообразны), и гетерогенных, протекающих в разных фазах. К последним относятся реакции, сопровождающиеся образованием газообразных продуктов из твердых, переходом твердых веществ в раствор и т. п. Строго гомогенных реакций известно весьма мало; детальное исследование часто обнаруживает, что т. н. гомогенные реакции протекают на стенках сосуда и что их течение зависит от материала сосуда, а также от примесей твердых веществ, на поверхности к-рых может происходить адсорбция или, в общем случае, такое изменение свойств, которое делает молекулы активными, т. е. реакциеспособными (см. *Катализ*).

Скорость реакции зависит от числа столкновений соответствующих молекул, поскольку химич. силы проявляются лишь на расстояниях порядка молекулярных размеров (10^{-8} *см*). В связи с этим основная закономерность К. х. может быть выражена так: скорость реакции, т. е. убыль первоначального (или прибыль конечного) вещества во времени (или, иначе, производная концентрации по времени) пропорциональна числу столкновений наличных молекул. Согласно кинетич. теории, число столкновений n различного рода молекул пропорционально общему числу молекул в n-ной степени. Если реакция протекает по ур-ию:

$$nA + mB \rightarrow D + \ldots$$

и если к моменту времени t концентрации молекул A, B и D соответственно равны C_1, C_2 и C_3, то скорость реакции v выражается ур-ием:

$$v = \frac{dC_3}{dt} = k_1 \cdot C_1^n \cdot C_2^m . \qquad (1)$$

Ур-ие (1) показывает, что скорость реакции с течением времени уменьшается по мере уменьшения числа молекул A и B. Постоянной величиной, не зависящей от концентрации, является k_1—константа скорости реакции. Только изменение энергетич. условий, например повышение $t°$, влияет на величину k_1.

В зависимости от того, сколько молекул должно столкнуться для элементарного акта взаимодействия, различают реакции 2-го, 3-го и т. д. порядков. Известны однако случаи, когда нельзя сделать непосредственного вывода о необходимости столкновений для осуществления реакции и когда элементарный акт реакции заключается как бы в самопроизвольном распаде молекулы. Классическим примером такого процесса является распад N_2O_5, причем скорость реакции пропорциональна наличной концентрации данного вещества в первой степени и в значительных пределах не зависит от примесей посторонних газов. Если начальная концентрация равна C, а ко времени t прореагировало количество вещества x, то

$$\frac{dx}{dt} = k_1(C - x), \qquad (2)$$

или

$$x = C(1 - e^{-k_1}). \qquad (3)$$

В случае, когда для реакции необходимо n столкновений, уравнение (2) приобретает вид:

$$\frac{dx}{dt} = k_n (C - x)^n \qquad (4)$$

и

$$x = C\left\{1 - [1 + (n-1)\, k_n C^{n-1} \cdot t]^{\frac{1}{1-n}}\right\}. \qquad (5)$$

Наблюдая течение реакции во времени, находят путем подбора такое значение для n, при к-ром концентрация, как ф-ия времени, выражается ур-ием вида (5) при постоянном k. Так. обр. находят порядок химич. реакции. Опытные исследования показывают, что реакции высоких порядков весьма редки. Это находит себе объяснение в том, что одновременные столкновения большого числа молекул мало вероятны и происходят гораздо реже, чем парные или тройные соударения. Много реакций протекает по ур-иям кинетики 1-го и 2-го порядков.

Исследование скорости реакций позволяет выяснить их механизм. Обычное стехиометрич. ур-ие реакции означает только баланс начальных и конечных веществ, составленный так, чтобы зная—что́ реагирует и что́ получается, подобрать такие коэфициенты, при к-рых выполняется закон сохранения материи. Однако нет веских оснований для предположения, что реакция протекает именно по написанному ур-ию. Определяя кинетически порядок реакции, исследуя влияние избытка разных компонентов ее, выясняют механизм реакции и характер элементарных актов, в результате к-рых появляются новые молекулы. Весьма часто сложные реакции осуществляются через образование промежуточных веществ, обладающих небольшой длительностью существования и превращающихся при помощи цепи промежуточных реакций в конечные продукты. Каждая промежуточная реакция идет со своей специфич. скоростью. Измеряемая общая скорость реакции определяется течением наиболее медленной промежуточной.

К. х. в растворах осложняется ролью растворителя, влияющего на константу скорости. В этой области известно весьма мало систематических исследований. Для типичного случая образования иодист. тетраэтиламмония, $N(C_2H_5)_4J$, найдено возрастание константы скорости с увеличением диэлектрич. постоянной растворителя. Последнее свойство находится в связи с ионизирующей способностью растворителя. Допущение, что каждое столкновение соответствующих молекул ведет к реакции, требует, чтобы последняя протекала с очень большой скоростью. Это оправдывается для ионных реакций. В большинстве случаев однако лишь незначительная часть столкновений эффективна. Исследование влияния $t°$ на скорость реакций подтверждает указанную точку зрения. Небольшое повышение $t°$, примерно на 10°, влечет за собой увеличение константы скорости в 2—3 раза, тогда как число столкновений при этом растет весьма незначительно (пропорционально $\sqrt{T}$). Теория приводит к следующему соотношению между

числом столкновений F, обусловливающих реакцию (эффективных), и полным числом соударений Z:

$$\frac{F}{Z} = e^{-\frac{E}{RT}}, \qquad (6)$$

где R—газовая постоянная, равная 1,98 cal на g-моль, T—абс. температура и E—т. н. энергия активации, величина к-рой—порядка нескольких десятков тысяч cal на g-моль. Из ур-ия (6) видно: а) что при малых значениях T эффективные столкновения составляют лишь незначительную часть общего числа столкновений, б) что при небольшом повышении темп-ры F быстро растет. В основе воззрений, приводящих к уравнению (6), лежат допущения: а) что переход от начального вещества к конечному осуществляется через нек-рое промежуточное активное состояние и б) что молекула реагирует лишь в том случае, если она в данный момент находится на высоком уровне энергии, превышающем нормальное состояние. Активация может произойти при столкновении тех молекул, к-рые, согласно максвелловскому распределению скоростей, обладают значительной кинетической энергией движения. Теория активации, объясняющая К. х., дает возможность подойти к разъяснению явлений катализа. Большой температурный коэф. константы скорости характеризует резкую разницу между течением реакций на холоду и при нагревании. Экзотермич. реакции идут медленно при невысоких $t°$, вследствие чего выделяющееся при процессе тепло успевает рассеяться. Повышение темп-ры ускоряет реакцию и следовательно вызывает более быстрое выделение энергии. При достижении некоторой определенной $t°$ скорость реакции приобретает столь большое значение, что энергия не успевает рассеиваться вследствие теплопроводности и лучеиспускания и благодаря этому происходит дальнейшее самонагревание, еще большее возрастание скорости и вспышка. Так. образ. $t°$ вспышки определяется, с одной стороны, кинетич. фактором (зависимостью константы скорости от $t°$) и, с другой, совокупностью физ. условий (теплопроводности и др.).

Кинетика обратимых реакций учитывает обратное взаимодействие конечных продуктов, в результате чего вновь получаются исходные вещества и в общем итоге уменьшается скорость прямого процесса. Если процесс заключается в превращении $A \rightleftarrows B$ и если начальная концентрация вещества A равна C, а количество, прореагировавшее за время t, равно x, то скорость определяется ур-ием:

$$v = \frac{dx}{dt} = k_1(C - x) - k_2 x. \qquad (7)$$

Отличительной особенностью в данном случае является наличие двух констант скоростей: k_1—прямой реакции и k_2—обратной. Когда концентрации веществ A и B принимают такие значения, что скорости взаимно противоположных реакций становятся равными, наступает химическое равновесие (см. *Действующих масс закон*).

Кинетика гетерогенных реакций зависит: а) от скорости, с какой молекулы вещества достигают места, где происходит реакция (реакционной зоны), б) от скорости самой реакции и в) от скорости, с какой образующиеся вещества удаляются из зоны реакции. В ряде случаев, как-то: при растворении твердых тел в к-тах или в индифферентных растворителях, скорость самого процесса весьма велика, вследствие чего около поверхности твердого вещества практически моментально образуется тонкий слой насыщенного раствора. Скорость процесса определяется в данном случае медленно протекающей диффузией. При максимальной концентрации насыщения C, поверхности O, коэф-те диффузии D и толщине пограничного слоя s—количество растворившегося вещества x ко времени t может быть найдено из уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{D \cdot O}{s}(C - x). \qquad (8)$$

$$x = C\left(1 - e^{-\frac{D \cdot O \cdot t}{s}}\right). \qquad (9)$$

Подстановка опытных данных дает для толщины диффузионного слоя s величину около 10^{-3} *см* и меньше. Присутствие посторонних адсорбированных веществ на поверхности твердого тела может сильно влиять на скорость. При гетероген. процессах, сопровождающихся образованием новой фазы (как например кристаллизация из пересыщенных растворов), фактором, определяющим течение процесса, является уже не диффузия: кинетика подобных процессов зависит от скорости образования зародышей и от быстроты их роста. Чем в большей степени переохлажден пересыщенный раствор, тем бо́льшую величину приобретает скорость образования зародышей, которая в определенной точке достигает своего максимума и при дальнейшем понижении $t°$ начинает замедляться. Скорость роста кристаллов измеряется приращением их линейных размеров в единицу времени.

Наиболее изучена кинетика следующих реакций: диссоциация молекул галоидов, распад метана, этана, ацетилена, спиртов, этилового эфира, формальдегида, уксусного альдегида, ацетона, муравьиной и уксусной кислот, окиси углерода, фосгена, окислов азота, фосфористого и мышьяковистого водорода, хлористого сульфурила, никель-карбонила; синтез озона, воды, сероводорода, сернистого газа, серного ангидрида, аммиака, бромистого и иодистого водорода, хлористого и бромистого нитрозила, двуокиси азота; образование водяного газа, окисление углеводородов, бромирование их и некоторые другие реакции. Кинетика многих реакций изучена в связи с действием катализаторов.

Лит.: Сыркин Я. К., О кинетике гомогенных реакций, Сообщения о научно-технич. работах в Республике, вып. 22—Первая конференция по физ.-химич. вопросам, Л., 1927; Hinshelwood C. N., The Kinetics of Chemical Change in Gaseous Systems, Oxford, 1926 (нем. пер., дополненный библиографией, Lpz., 1928); Bodenstein M., Chemische Kinetik, «Ergebn. d. exakten Naturwiss.», B. 1, B., 1922, «Ztschr. f. Elektroch. u. angew. physikal. Chemie», Lpz., 1925, Jg. 31, p. 343; Benrath A., Physikalische Chemie, T. 2—Wissenschaftliche Forschungsber.chte, Naturwissenschaftliche Reihe, hrsg. v. R. Liesegang, B. 14, Dresden—Lpz., 1925; см. также *Катализ*. **Я. Сыркин.**

КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ газов или, в общем смысле, материи выводит дедуктивным путем, на основании немногих

предположений о движении и природе *молекул* (см.) вещества, все его физич. и отчасти химическ. свойства. Предполагают (для простоты), что молекулы газа суть материальные точки (с массой m), беспорядочно движущиеся в пространстве со скоростями, меняющимися в пределах от 0 до ∞ и обменивающиеся скоростями при столкновении подобно идеально упругим шарам. Такое беспорядочное молекулярное движение называют иногда тепловым движением. Оно позволяет установить закон вероятнейшего распределения скоростей между молекулами данного газа (закон Максвелла), не прибегая ни к каким дальнейшим предположениям о природе сил, действующих при столкновении молекул между собою; при этом также совершенно исключается из рассмотрения возможный переход тепловых движений в интрамолекулярное, и наоборот.

Пусть dN—число молекул в единице объема, имеющих наперед заданную абсолютную, не зависящую от направления, скорость, лежащую в интервале u и $u+du$; тогда, согласно максвелловскому распределению, должно иметь место соотношение:

$$\frac{dN}{N}=\frac{4}{\sqrt{\pi}}(km)^{\frac{3}{2}}e^{-kmu^2}u^2\,du, \qquad (1)$$

где N—все число молекул в заданном объеме, k—нек-рая постоянная. Ф-ия распределения $\frac{dN}{N}$ играет в кинетической теории ту же роль, какую играют разнообразные кривые распределения в обыкновенной статистике, т. е. умножением любой данной величины, зависящей от абсолютной скорости, на эту ф-ию и интегрированием в пределах изменения скорости молекул определяется среднее значение этой величины. Следующие данные иллюстрируют закон Максвелла для воздуха при 0°.

u, м/сек . . .	< 100	100—200	200—300	300—400
$\frac{dN}{N}$, % . . .	1	8	17	20
u, м/сек . . .	400—500	500—600	600—700	> 700
$\frac{dN}{N}$, % . . .	21	16	9	8

Ф-ия Максвелла достигает максимума (см. фиг.) при нек-ром значении скорости, называемом наивероятнейшей скоростью (c); для c из (1) легко получается:

$$c=\frac{1}{\sqrt{km}}. \qquad (2)$$

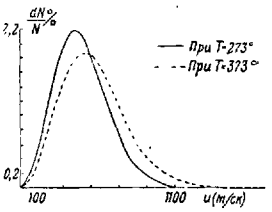
Это—та скорость, к-рой обладает наибольшее число молекул. Функция распределения Максвелла позволяет легко найти выражения для наиважнейших средних величин, с к-рыми оперирует К. т. Для т. н. средней квадратичной скорости g имеет место выражение:

$$g^2=\frac{3}{2km}=\frac{3}{2}c^2. \qquad (3)$$

Для средней арифметической скорости имеем:

$$\Omega=g\sqrt{\frac{8}{3\pi}}=\frac{2}{\sqrt{\pi}}c. \qquad (4)$$

Экспериментальная проверка закона Максвелла была произведена в опытах Ричардсона. Путь, к-рый пробегает молекула от столкновения до столкновения, называют длиною свободного пути. На основании формулы Максвелла для среднего значения этой величины получается следующее выражение (в том случае, когда при столкновении молекул можно пренебречь силовыми взаимодействиями):



$$\lambda=\frac{1}{4n\sigma\sqrt{2}}, \qquad (5)$$

где σ—поперечное сечение молекулы, а n—число молекул в 1 $см^3$ газа. Так, для воздуха при 0° и 760 *мм* Hg $\lambda=7{,}2\cdot10^{-6}$ *см*. Как видно из (5), λ обратно пропорционально плотности газа: при давлении в 0,01 *мм* Hg λ для воздуха равно уже 0,5 *см*. Легко показать, что свободный пробег электрона (объем его весьма мал сравнительно с молекулой) $\lambda_e=\frac{1}{\sigma n}$, где σ и n относятся попрежнему к молекуле газа; отсюда $\lambda=\frac{\lambda_e}{4\sqrt{2}}=\frac{\lambda_e}{5{,}7}$, что может служить для приближенного определения величины λ. Если число частиц, вышедших из данного места, v_0, то число частиц v, прошедших без столкновения путь x, определится из выражения:

$$\frac{v}{v_0}=e^{-\frac{x}{\lambda}}.$$

Приведенные положения К. т. касаются строго «микроскопических» свойств вещества. Чтобы перейти к характеристике «макроскопических» свойств и тем самым вычислить непосредственно наблюдаемые величины, пришлось выдвинуть новое весьма существенное положение о связи средней кинетической энергии молекулы с $T°$; предположили существование наипростейшей связи—линейной:

$$\frac{mc^2}{2}=\frac{mg^2}{3}=kT. \qquad (6)$$

Соотношением (6) почти целиком исчерпывается логич. схема К. т. Пользуясь законом Максвелла и последним положением, можно строго вывести для идеального газа ур-ие Клапейрона:

$$pv=\frac{Nmg^2}{3}=NkT=RT. \qquad (7)$$

Здесь p—среднее давление, т. е. сила, испытываемая 1 $см^2$ стенки сосуда, заключающего газ, вследствие упругих толчков молекул о стенку; $k=\frac{R}{N}$—газовая постоянная, отнесенная к 1 молекуле и равная $1{,}37\ 10^{-16}$ эрг/град. (так наз. константа Больцмана), а $R=k\cdot N=8{,}31\cdot10^7$ эрг/град. моль. К. т. позволяет вычислять средние скорости теплового движения молекул; из (3) и (7) имеем: $g^2=\frac{3RT}{M}$, где $M=Nm$—молекулярн. вес газа. Так, для водорода при 0° $g=1\,840$ *м/сек*, для воздуха $g=485$ *м/сек*. Как известно, формула (7) для реальных газов не применима (см.

Газ): она не учитывает ни объема молекул ни взаимодействия между ними. Ван-дер-Ваальс на основании теоремы Клаузиуса о *вириале* (см.) приспособил ее и к реальным газам. Если макроскопическое—видимое движение газа, как целого, будет различно в различных местах, то благодаря беспорядочному тепловому движению медленные молекулы могут попадать в слои с более быстрым макроскопич. движением и тем самым тормозить движение—переводить энергию видимых (макроскопических) движений в энергию тепловую. Так кинетич. энергия объясняет явления внутреннего трения и для коэфициента внутреннего трения, т. е. вязкости η, находит:

$$\eta = \frac{mn\Omega\lambda}{3} = \frac{m\Omega}{\pi\sigma^2 3\sqrt{2}} \cdot \qquad (8)$$

Ф-ла (8) показывает, что коэф. вязкости газа не зависит от его плотности, т. к. ни масса молекулы m, ни средняя арифметич. скорость ее, ни сечение молекулы от плотности газа не зависят. Так как средняя арифметическая скорость молекулы пропорциональна средней квадратичной, а эта последняя на основании соотношения (6) пропорциональна $\sqrt{T}$, то и коэф-т вязкости газа д. б. пропорционален $\sqrt{T}$. Однако этот закон, найденный впервые Максвеллом, оказывается справедливым лишь для немногих газов, более или менее приближающихся к идеальному, и для очень высоких $t°$.

Для реальных газов, в которых при столкновении молекул играют огромн. роль силовые взаимодействия, Сутерланд уточнил соотношение Максвелла; он дал следующее выражение:

$$\eta = \frac{A\sqrt{T}}{1+\frac{B}{T}} \cdot \qquad (9)$$

Здесь A и B — постоянные, зависящие от природы газа. Сравнивая формулы (9) и (8), не трудно видеть, что уточнение Сутерланда коснулось гл. обр. средней величины свободного пробега молекулы, которую нужно считать для реальных газов зависящей от $t°$. Но и формула Сутерланда не охватывает всего интервала возможного изменения η: при очень низких $t°$, как показал опыт, она перестает быть справедливой.

Совершенно аналогично со случаем внутреннего трения К. т. разбирает вопрос о теплопроводности; для коэфициента теплопроводности газа ϑ было получено следующее выражение:

$$\vartheta = \frac{1}{3} mn\Omega\lambda c_v \,, \qquad (10)$$

где c_v—удельная теплоемкость газа при постоянном объеме. Из сравнения формул (10) и (8) легко получить такое соотношение: коэф. теплопроводности газа равняется коэф-ту внутреннего трения, умноженному на удельную теплоемкость при постоянном объеме. Более детальный разбор показал однако неточность этого положения. Коэфициент теплопроводности только пропорционален указанному произведению, и фактор пропорциональности меняется в небольших пределах от газа к газу.

Следующая задача, к-рую решала К. т., касалась разбора фактов, связанных с диффузией газов. В зависимости от тех упрощений, к-рыми пользовались различные авторы при рассмотрении этого вопроса, получались несовпадающие результаты. Так, по Мейеру, для коэф-та диффузии газа «самого в себя» получается соотношение:

$$D = 1{,}34\frac{\eta}{\varrho},$$

где ϱ—плотность газа. По теории Стефана-Максвелла, то же выражение принимает вид:

$$D = 1{,}336\frac{\eta}{\varrho}.$$

По Ланжевену и Чапману, имеем:

$$D = 1{,}200\frac{\eta}{\varrho}.$$

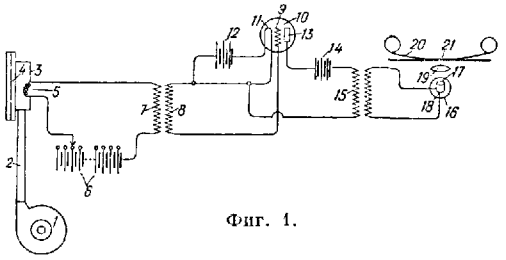
Для коэфициента взаимной диффузии двух разнородных газов получаются у каждого из упомянутых авторов более сложные зависимости.

Несмотря на блестящие результаты, полученные К. т., все же вопрос обоснования максвелловского распределения вызывал большие сомнения. Максвелловское распределение есть отправной пункт почти для всех расчетов в К. т., поэтому всякое, даже небольшое, расхождение с опытом затрагивало максвелловский закон, заставляло вспоминать аксиомы и предположения, лежащие в его основании. На этом пути Максвелл, Больцман и Гиббс создали новую теоретическую, весьма общую дисциплину, так наз. статистич. механику, которая и дала К. т. нужную, вполне оформленную аксиоматику. Максвелл нашел ф-ию распределения для общей механич. системы с конечным числом степеней свободы и показал, что т. н. «закон Максвелла» является предельн. случаем найденной ф-ии распределения, если предположить, что система имеет бесконечн. число степеней свободы, что прибл. имеет место в любой газовой системе. Непосредств. следствием положений, формулированных Максвеллом, является теорема Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

Толкование с точки зрения К. т. макроскопических свойств вещества и сравнение полученных результатов с опытом дали возможность в то же время составить точное представление и о микроскопических свойствах вещества.

Лит.: Станкевич Б., Кинетич. теория газов, М., 1884; Бачинский А., Введение в кинетич. теорию газов, Москва, 1908; Тимирязев А. К., Кинетич. теория материи, М.—П., 1923; Блох Э., Кинетическая теория газов, пер. с франц., М.—Л., 1925; Jeans J. H., The Dynamical Theory of Gases, Cambridge, 1925; Boltzmann L., Vorlesungen über Gastheorie, T. 1—2, 3 Auflage, Leipzig, 1923; Lorentz H., Kinetische Probleme, Lpz., 1928; Herzfeld K., Kinetische Theorie der Wärme, Müller-Pouillets Lehrbuch d. Physik, B. 3 — Wärmelehre, 2 Hälfte, Brschw., 1925; Clausius R., Die kinetische Theorie d. Gase, die mechanische Wärmetheorie, B. 3, 2 Aufl., Jena, 1889—1891; Meyer O. E., Kinetische Theorie der Gase, 2 Aufl., Breslau, 1895; Byk A., Einführung in d. kinetische Theorie d. Gase, Lpz., 1910; Maxwell J. V., On the Dynamical Theorie of Gases, «The Scientific Papers», vol. 2, Cambridge, 1927; Tolman R., Statistical Mechanics with Applications to Physics a. Chemistry, N. Y., 1927; Ehrenfest P. u. T., Begriffliche Grundlagen d. statistischen Auffassung in d. Mechanik, Enzyklopädie d. mathematischen Wissenschaften, B. 4, T. 2, Abt. 2, H. 6, B.—Lpz., 1914. **А. Предводителев.**

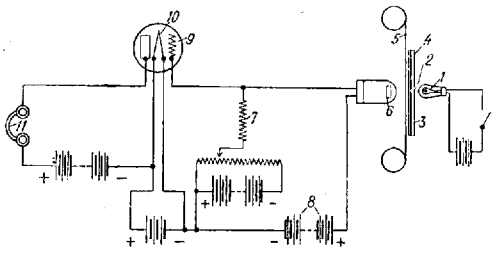
КИНО ЗВУКОВОЕ первоначально осуществлялось механическ. соединением движения обычного киноаппарата—проектора (см. *Кинотехника*) и фонографа. Большинство патентов на К. з., взятых до 1919 г., имели целью обеспечить синхронное движение фонографа и проектора и решали задачу несовершенным образом, так как получаемые звуки были слабы, неестественны по тембру, а синхронизм легко нарушался в случае повреждения или обрыва ленты, требовавших вырезывания нескольких кадров. Поэтому возникла мысль вести звуковую запись фотографич. путем на самой ленте т. о., чтобы синхронизм не м. б. нарушен ее обрывом и склейкой. Развитие усилителей с электронными лампами и усовершенствование новейших громкоговорителей окончательно завершили разработку К. з., и в настоящее время оно вошло в практику как главный метод кино во всех крупнейших кинотеатрах Америки. В Западной Европе К. з. получает распространение с трудом, т. к. все системы его, патентованные в Европе, совершенно не оригинальны и закрыты американскими патентами, соглашение же с американскими фирмами достигнуто лишь отчасти. Эксплоатационное значение получили системы: 1) «Movietones», разработанная фирмой Western Electric, 2) «Vitaphon», разработанная той же фирмой, 3) «Fox-Case Corporation» и 4) «Photophone», разработанная радиотехнической фирмой Radiocorporation of America. Кроме того существует еще множество фирменных названий К. з., которые придуманы с коммерческой целью и даны аппаратам, патентоспособным лишь в какой-либо своей части («Orchestraphon», «Duoton», «Biophon» и др.). Все эти системы различаются лишь по методу и характеру записи звуков на фильм; воспроизводящие аппараты имеют



Фиг. 1.

лишь конструктивные отличия, но обращено внимание на то, чтобы фильм системы «Movietones» мог быть проектирован на приборе «Photophone» и наоборот, что, естественно, очень важно в коммерчески эксплоатационном отношении. «Vitaphon»—единственная система, получившая коммерч. распространение и работающая записью на граммофонном диске. Эта система применяется главн. образом для так назыв. «звучащих фильм» с надписями, и лишь для музыкального сопровождения. Однако эта система считается уже устаревшей и вытесняется твердо установившейся системой «Movietones».

Схема звуковой записи по системе «Movietones» представлена на фиг. 1. В ней микрофон, изобретенный Т. В. Казом (T. W. Case), имеет следующее устройство. Небольшой вентилятор *1*, или просто резервуар со сжатым воздухом, нагнетает воздух по трубке *2* в деревянную круглую коробку *3*, которая с одной стороны закрыта шелковой мембраной *4*. В дне коробки имеется отверстие, диам. 5—6 *мм*, с помещенной в нем тонкой платиновой спиралькой *5*. Эта спиралька накаливается батареей *6* и включена в первичную обмотку трансформатора *7*. Поток воздуха несколько раздувает шелковую мембрану микрофона и, выходя через отверстие в коробке, охлаждает спираль. Внешние звуки изменяют давление воздуха на мембрану и создают ускорение или замедление выходящего воздуха, что меняет охлаждение спиральки и ее сопротивление в цепи



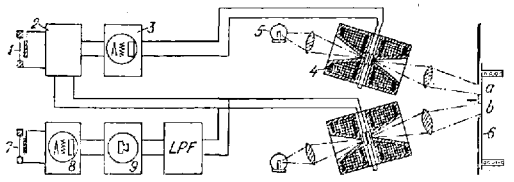
Фиг. 2.

трансформатора. Все эти изменения сопротивления меняют силу тока в первичной обмотке, что создает переменную разность потенциалов во вторичной обмотке *8*, к-рая действует на сетку *9* электронной лампы *10*. Нить этой лампы *11* накаливается специальной батареей *12*. В цепи анода *13-14-15-11* происходят усиленные колебания тока, создающие на концах вторичной обмотки трансформатора *15* напряжение, при к-ром светится неоновая лампочка *16*. Эта лампочка состоит из стеклянного баллона, наполненного смесью неона и гелия при давлении 10^{-2} *мм*. Внутри баллона находятся железные электроды: один из них имеет форму цилиндра *17*, другой—в виде стержня *18*—расположен внутри цилиндра по оси его. Свечение происходит по внутренней поверхности цилиндра. Линза *19* дает изображение этого свечения на фильме *20*, сквозь щель *21*, так что получается черта совершенно определенной прозрачности, в зависимости от яркости света. Звуковые колебания, имеющие очень сложный вид, воспроизводятся в виде ряда параллельных черточек, непосредственно следующих одна за другой, а вся запись представляется полоской, шириною в 2 *мм*, различно затененной на всем ее протяжении.

При воспроизведении происходит обратный процесс (фиг. 2). Свет постоянной яркости от лампочки *1* (не менее 50 W) проходит сквозь щель *2* в держатель фильма *3—4* и частично ослабляется или прерывается записью на фильме *5*. Такой модулированный свет падает на фотоэлемент *6*, меняет его сопротивление в электрич. цепи *6-7-8* и тем меняет разность потенциалов между сеткой и нитью *9-10* электронной лампы. В цепи анода возникают колебания тока, и телефон *11* воспринимает то, что было записано на фильме. Обычно вместо телефона включается дополнительное усиление (в 5 каскадов), заканчивающееся группой мощных громко-

говорителей. В системе «Movietones» таких громкоговорителей восемь, типа «Western Electric» с рупорами в виде раковин. В сист. «Photophone» имеется 12 громкоговорителей динамич. типа. В обеих системах громкоговорители помещаются за киноэкраном для создания более полного впечатления звучащих изображений.

Принцип записи по системе «Photophone» основан на модуляции местного источника света осциллографическим затвором. Патенты «Photophone» еще не опубликованы, но к ним весьма близок патент «C. F. Sacia», к-рый состоит в следующем (фиг. 3). Звуки воспринимаются конденсаторным микрофоном *1-2* обычного типа радиовещательных станций и усиливаются ламповым усилителем *3*, после чего токи звуковых колебаний поступают в петлю осциллографа, помещенную между полюсами сильного электромагнита *4*. Свет от источника *5* создает изображение петли на фильме *6* в точке *a*. Фильм диафрагмирован узкой щелью так. обр., что смещение ветвей петли вызывает затемнение щели по ее длине. Чем больше смещены ветви петли, тем больше закрывается щель, так что при движении фильма получается запись в виде черной полоски с зубцами. Патент «C. F. Sacia», не нашедший пока себе

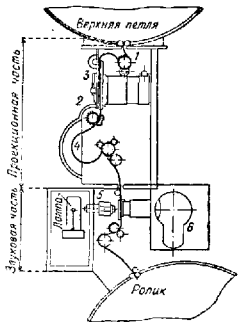


Фиг. 3.

применения полностью, предусматривает еще вторую запись, вторым устройством *7-8-9—b*, к-рое имеет специальный фильтр для низких звуков *LPF*. Эта вторая запись м. б. использована для регулировки усиления вообще, что очень важно для соблюдения соответствия силы звука и действия кинокартины.

С точки зрения акустич. достижений фотографич. запись во всех упомянут. системах не вполне удовлетворительна, т. к. ширина полоски в 2—3 *мм*, оставленная для записи звуков, а также скорость движения ленты недостаточны для записи тихих и громких звуков с одинаковой степенью точности. Поэтому запись получается правильной лишь для громких звуков одинаковой амплитуды, тихие же звуки записываются неясно. Так как скорость ленты изменить нельзя, то для получения записи, более богатой оттенками, «Fox Case Corp.» начинает применять фильмы более широкие, с более крупными кадрами, оставляя для звуковой записи полоску в 4—4,5 *мм*, что значительно улучшает дело. Но переход на другой стандарт фильмов пока не распространился, и все регулировки производятся еще от руки самим оператором во время сеанса.

Технич. выполнение звукового кинопроектора схематически показано на фиг. 4. Фильм сматывается с верхней кассеты, увлекаемый верхним зубчатым барабаном *1*, к-рый вращается с равномерной скоростью. Зубчатый барабан *2* (ниже рамки 3) вращается толчками, образуя нижнюю петлю *4*. Далее фильм проходит опять с равномерной скоростью перед оптической частью *5* и фотоэлементом *6*. В виду того что движение ленты совершается лишь со скоростью 20 кадров в 1 ск., средняя равномерная скорость фильма составляет всего 37 *см/ск* и запись должна быть чрезвычайно детализированная. Это обстоятельство весьма сильно повышает требования точности к фотографич. процессам, в особенности в системах с записью типа «Movietones». Всякая вуалировка или неправильное печатание позитива меняет тембр звуков или вносит неразборчивость в речь. Для записи по системе «Photophone» условия более благоприятны.



Фиг. 4.

Лит.: «Motion Pictures», N. Y., 1927—29; «Radio Broadcast», Garden City, 1929; «Trans. of the Society of Motion Pictures Engineers», N. Y.; Америк. патенты: 1581598, 1588886, 1634314, 1473976, 1627387, 1638392, 1638393, 1580762, 1552926, 1505531, 1588170, 1605529, 1605530, 1647503, 1647504, 1631085, 1675894, 1629152, 1638059, 1597377, 1646249, 1638555, 1623756, 1528169, 1647353, 1605528.

В. Гуров.

Изготовление и демонстрации звуковых лент.

Запись. Имеется несколько принципиально различных методов совмещения звуковой записи со съемкой картины. Одним из самых старых методов является запись на граммофонной пластинке, которая при помощи специальных синхронизирующих устройств двигается согласно с киноленто̀й в кинопроекцион. аппарате. Другой способ—съемка-запись при помощи света на одной и той же пленке и картины и звуков, сопровождающих эту картину. Этот метод постепенно вытесняет запись на граммофонной пластинке. Для многометражной картины надо иметь от 10 до 20 больших граммофонных двусторонних пластинок, что сопряжено с очень громоздким обслуживанием. Граммофонные пластинки для хорошей репродукции м. б. использованы не более 10—20 раз, после чего они приходят в негодность. Кроме того метод крайне громоздок в отношении доставки пластинок, получения их для проката и транспорта и, главное, не допускает монтажа. Такая система не может конечно конкурировать с записью на пленку.

Существует еще один метод записи—это запись Паульсена на металлич. ленте при помощи изменения ее намагничивания под действием тока от микрофона. Этот метод не получил пока широкого практического применения и находится еще в стадии лабораторной разработки, но он вероятно и не получит широкого распространения, так как тоже не соответствует основным кинопроцессам, а именно—процессам фотографическим.

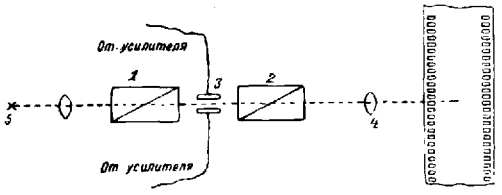
Главную роль в К. з. играет запись на обычной кинопленке. Существует несколько видов записи при помощи света. Первый

вид записи—это запись полутонами (полутоновый метод); постепенный переход от совершенно светлой к абсолютно темной части через промежуточные полутеневые освещенности. Другой вид записи (теневой метод) представляет собою не что иное, как затененную осциллограмму звука (см. вкладной лист, фиг. 1). Вопрос о том, какой из этих методов является лучшим, пока не решен, но большинство конструкторов К. з. склоняется в пользу теневого метода, как являющегося менее капризным при проявлении, печатании и т. д. (не нужно обращать большого внимания на передержку, недодержку и пр.).

Конструкция приборов, записывающих звук на ленте, в принципе состоит в следующем. Токи от обычного микрофона проходят через усилитель, а затем попадают в специальный прибор, к-рый и записывает их на кинопленке. Производящие запись приборы разделяются на несколько типовых систем: система осциллографа, система при помощи элемента Керра (см. *Керра эффект*), система с неоновой лампой и система Шорина.

Система с неоновой лампой изложена выше (фиг. 1). Этот метод прост, но имеет много недостатков; главный заключается в том, что неоновая лампочка не дает пропорционального увеличения света в соответствии с увеличением электрич. тока.

Метод с элементом Керра состоит в следующем (фиг. 5). От микрофонного усилителя



Фиг. 5.

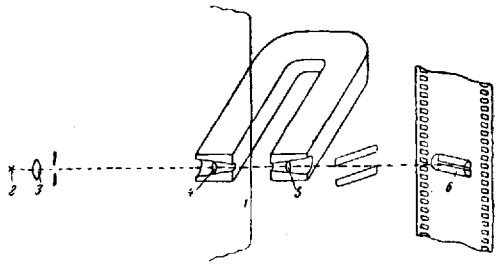
ток попадает на электроды *3* элемента Керра. Под действием этого тока происходит вращение плоскости поляризации нитробензола, в к-рой помещены электроды *3*; в соответствии с этим свет, проходящий через два николя *1* и *2*, получается то более сильным, то более слабым. Если перед лентой поместить оптич. систему *4*, то при движении ленты на ней получается от светящейся точки *5* через оптические системы запись в виде полутоновых черточек, как и от неоновой лампы.

Метод осциллографический изложен выше (фиг. 3).

Система Шорина заключается в следующем (фиг. 6). В поле магнита помещена нить *1*. Свет из постоянного источника *2* проходит через оптич. системы *3*, *4* и *5*, попадает через цилиндрич. линзу *6* на кинопленку. Под действием тока от усилителя нить приходит в колебательное движение и модулирует свет. В соответствии с этим на кинопленке производится запись в виде теневой кривой так же, как при осциллографич. методе. Кроме того этот метод позволяет, если поместить другие оптич. системы перед цилиндрич. линзой, получить запись и полутоновую, как при помощи неоновой лампы или элемента Керра. Это является большим преимуществом, потому что от одного и того же прибора можно получить записи двух видов.

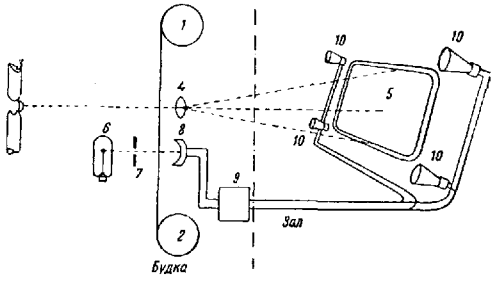
Имеется еще ряд других систем, но они не получили никакого практического применения или по своей сложности или по целому ряду теоретических неудобств. Патентов и пробных решений имеется огромное количество.

Съемка. Обычно прибор, записывающий звук, и прибор, снимающий картину, приводятся в действие синхронными двигателями, движущими ленту в обоих аппаратах



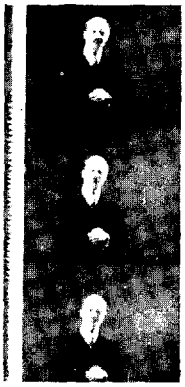
Фиг. 6.

на одинаковое число кадров в единицу времени. Перед предметом, к-рый д. б. заснят оптически и акустически синхронно, помещают нормальный кинематографическ. аппарат и рядом с ним на нек-ром расстоянии микрофон. Ток от микрофона попадает в записывающий прибор, который идет синхронно с картиной, снимающей данное действие. Т. о. получаются всегда две совершенно одинаковых ленты: на одной из них заснято кинематографическое действие, а на другой, совершенно такой же по длине, записан звук, который соответствовал данному кинематографич. моменту. При соединении (впечатывании) обеих лент на одну получается полное совпадение звука и картины. Для целого ряда случаев необходимо иметь только музыкальное сопровождение картины. Тогда звуковую запись производят следующим образом. На экране демонстрируют картину, к-рую хотят озвучить. Перед ней помещаются артисты, дающие музыкальное или шумовое сопровождение этой картины. Все

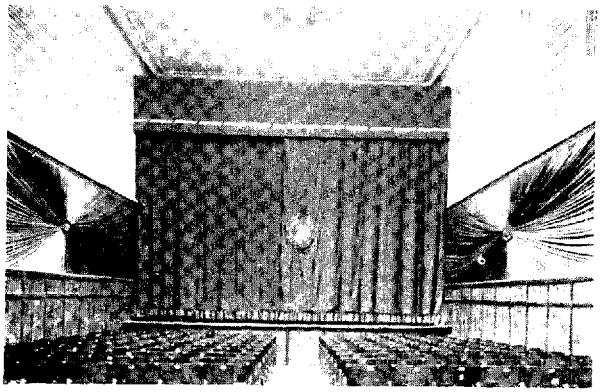


Фиг. 7.

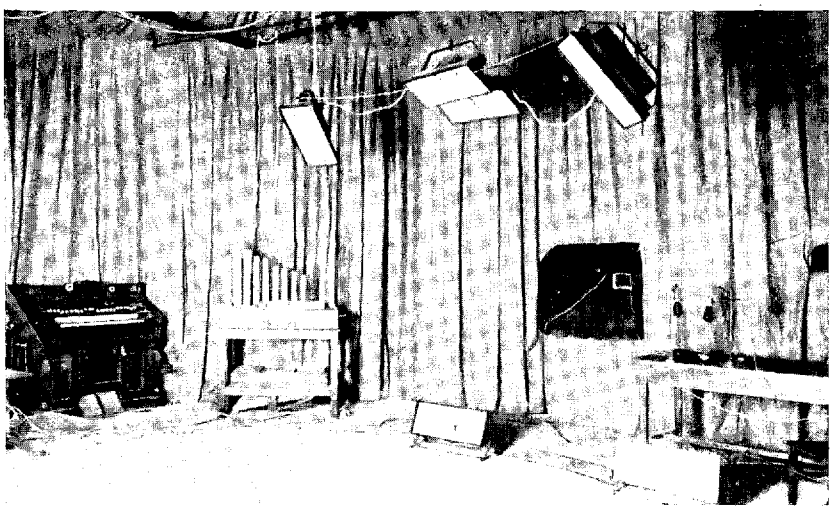
звуки записывают на ленту, к-рая проходит через звукозаписывающ. аппарат совершенно с такой же скоростью, с какой идет лента в кинопроекционном аппарате. Совместным впечатыванием этих двух лент на одной позитивной получают озвученную кинокартину.



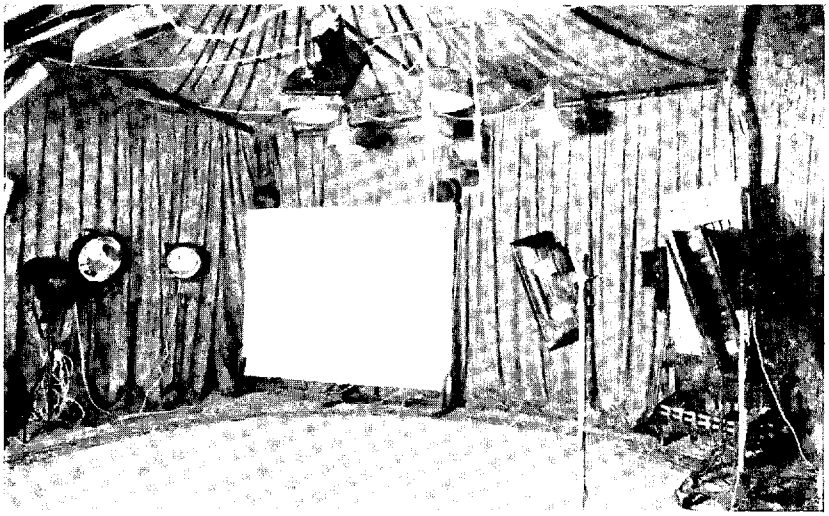
1. Осциллограмма звука на киноленте.



4. Общий вид дорожки звукового кино в Ленинграде.



2. Ателье для съемки звуковых картин.



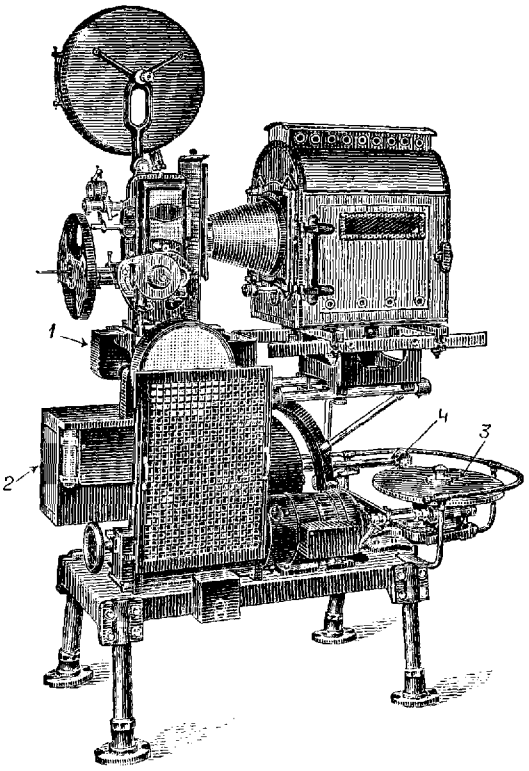
3. Ателье для съемки звуковых картин.

ГРЕСС „СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ"

Воспроизводящий аппарат. Воспроизводящие аппараты крайне просты по своему принципу. Обыкновенно это—нормальный кинопроектор (фиг. 7), у которого с барабана *1* на барабан *2* навертывается звуковая кинопленка. Свет от дуги *3*, пройдя через ленту и объектив *4*, проектирует на экране *5* кинокартину. В соответствии с этим моментом картины свет от лампочки *6* проходит через очень узкую щель *7* и падает на фотоэлемент *8*. При движении ленты запись звука то закрывает, то открывает щель *7* и тем самым то увеличивает, то уменьшает силу света на фотоэлементе *8*. Все изменения силы тока в фотоэлементе усиливаются усилителем *9* и подаются на репродукторы *10*, помещенные около экрана. Т. о. при непрерывном движении ленты одновременно воспроизводится на экране картина и слышатся соответствующие звуки. Необходимо отметить, что движение ленты до объектива происходит прерывисто, обычно при помощи мальтийского креста (звездки), а перед фотоэлементом лента идет непрерывно. Чтобы звук и картина всегда совпадали, звук впечатывается на 19 кадров позднее картины. При таком расположении приборов картина и звук воспроизводятся на экране одновременно. Имеется несколько систем звуковоспроизводящих аппаратов; они отличаются друг от друга не принципом действия, а формой выполнения деталей (осветительной системы, конструкции прохождения ленты и пр.). На фиг. 8 дан общий вид американск. проекционного аппарата Simplex. Он имеет, кроме светового воспроизводящего звук механизма (*1* — светозвуковая часть: лампа и фотоэлемент, *2*—усилитель к фотоэлементу), еще и граммофонный диск *3* с мембраной электромагнитного типа *4*. Этот граммофонный диск служит для исполнения номеров программы, когда нет светозвуковой записи, и в антрактах.

Изготовление ленты. Всякая звуковая лента д. б. впечатана совместно с картиной. Осуществляется при помощи аппаратов, к-рые печатают обыкновенную картину; но печатание звуковой ленты должно происходить непрерывно, а не прерывистым движением, как это делается в обыкновенной картине. Кроме того при печатании обыкновенной картины имеется один негатив и один позитив, а при печатании звуковой картины—два негатива (картины и звука) и один позитив. Поэтому на всяком звукопечатающем аппарате добавляется еще один рулон для звукового фильма. Устроено это т. о., что печатающий аппарат печатает сначала обычную картину, оставляя свободное место сбоку для записи звука. После этого лента попадает на непрерывно движущийся барабан, на к-рый накладывается негативная звуковая пленка, и на свободном месте уже впечатывается звуковая запись. Проявляется звуковая картина, если она напечатана теневым методом, обычным способом; если же картина напечатана при помощи полутонового метода, то всегда необходимо перед проявлением ее и перед печатанием строго согласовать степень и время печатания для того, чтобы записи не вышли различными.

Акустика и освещение. Чтобы звук при записи и воспроизведении получился вполне естественным, необходимо соответствующим образом обставить акустич. часть при записи и при воспроизведении. Для этого приходится определенным образом строить киноателье для записи звука. При съемке звуковой картины необходима полная тишина: каждую картину снимают совершенно изолированно от других; стены, потолок и пол драпируют т. о., чтобы посторонние шумы и звуки совершенно не попадали в микрофон. Юпитеры и дуговые



Фиг. 8.

лампы, применяемые в обычных ателье, вносят значительный шум и фон; поэтому в звуковых картинах приходится от такого света отказываться и переходить на свет от ламп накаливания, к-рые совершенно бесшумны. Это вызывает большой расход тока и выделение огромного количества тепла в ателье. Приходится применять специальные бесшумные вентиляции. Все это вместе взятое создает значительные трудности для снятия звуковых картин. На фиг. 2 и 3 вкл. листа представлено небольшое ателье для заснятия звуковых картин.

Монтаж ленты. Монтаж звуковых картин значительно сложнее монтажа немых фильмов, т. к. здесь нельзя так свободно разрезать куски ленты, как это делается в немой картине. Разговорную картину резать нельзя, иначе может оказаться разрезанным тот или другой кусок фразы. При шумовых картинах это еще допустимо, но во всяком случае при всяком монтаже звуковой карти-

ны приходится считаться с условиями записи звука. Очень часто звуковую картину предварительно монтируют как немую, а затем производят озвучение ее, и таким образом избегают сложного монтажа.

Демонстрирование звуковых картин представляет не меньшие трудности. Театр д. б. построен в соответствии с акустич. требованиями; необходимо, чтобы во всех концах зала была достаточно хорошая и ясная сила звука. Для этого определенным образом подбирают реверберацию, драпируют стены, потолок, полы и пр., устраивают в надлежащих местах репродукторы и отрегулировывают силу их звука т. о., чтобы получилось впечатление, что звук идет с экрана, и чтобы сила звука соответствовала тому действию, к-рое идет на экране. Все эти вопросы заставляют очень строго относиться к устройству кинозал, кинобудок и пр. На фиг. 4 вкладного листа представлен общий вид драпировки первого звукового кино, в СССР (в Ленинграде).

Технические трудности К. з. Чтобы получить идеальный звук, вполне соответствующий естественному, нужно в высшей степени хорошо проработать приборы, входящие в цикл воспроизведения звука. Звук, вышедший из уст артиста или исходящий от музыкального инструмента, доходит до слушателя, претерпев целый ряд искажений: 1) вследствие отражения от декораций, от стен и т. д. (это необходимо учесть и исправить); 2) в микрофоне; 3) в первом усилителе микрофонных токов (современные усилители, правда, достаточно хороши, но они все же вносят те или иные искажения в звук); 4) в записывающей системе; 5) при проявлении пленки, отчего она определенным образом съеживается и растягивается; 6) при печатании на позитивную пленку; 7) при ее проявлении; 8) при проектировании ленты (лучи света, проходящие через пленку, не могут в точности передать всей конфигурации кривой); 9) в фотоэлементе; 10) во втором усилителе (после фотоэлемента), который подает токи на репродукторы, и наконец 11) в репродукторах. Огромный путь между записью звука в студии и повторением его в кинотеатре связан с колоссальным количеством преобразований энергии звука из одного вида в другой при прохождении через большое количество сложных техническ. приборов и аппаратов, еще несовершенных. Из сказанного видно, как трудно получить в конечном счете совершенно чистое и ясное воспроизведение того или другого звука. Эта колоссальной сложности задача в достаточной степени еще не разрешена до настоящего момента.

Перспективы К. з. Необходимо в заключение сказать, какие горизонты открывает развитие К. з. Конечно не приходится говорить о том, что игровая картина значительно выиграет с применением К. з., так как на зрителя будут воздействовать не только картина, но и звук. Научные картины получат колоссальное развитие. До сих пор, для того чтобы показать зрителю научную картину, приходилось прибегать к мультипликации, к очень длинным разъяснениям и пр. При К. з. лектор, временами видимый на экране, временами находящийся за экраном, все время сможет давать пояснения происходящего на экране, что 1) сокращает длину картины и 2) дает весьма ясное и отчетливое представление о демонстрируемом в самых точных и правильных выражениях. Чтобы сделать звуковое кино доступным для различных народностей, уже начали применять за границей повторные съемки одних и тех же эпизодов, причем артисты говорят сначала на одном языке, затем на другом и т. д. При помощи К. з. можно будет изучать языки, жизнь народностей и пр. Колоссальное значение имеет музыкальное сопровождение звукового кино в провинции. Вместо того, чтобы слушать картину под аккомпанемент плохого рояля, ее будут слушать в сопровождении звукового, шумового или другого оркестра, который записан на пленку. **А. Шорин.**

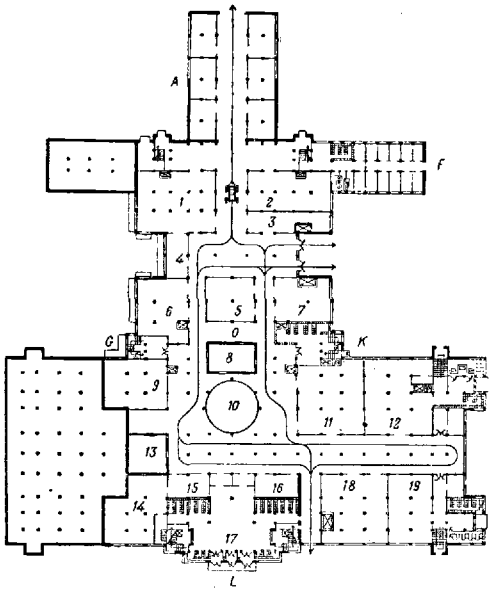
КИНОАТЕЛЬЕ, специальное помещение для киносъемок. Т. к. обыкновенно в К. одновременно производится съемка нескольких сцен, а равно приходится иметь дело с большими декорациями и большим числом действующих лиц, то К. строят весьма значительных размеров. Минимальная ширина К. должна быть 14—15 *м*, а длина 24—30 *м*. Высота К. должна быть достаточной, чтобы при съемках с искусственным освещением наверху можно было разместить достаточное количество осветительных приборов. Если К. предназначено для съемок исключительно при дневном свете, то оно должно быть остеклено со всех сторон и снабжено стеклянной крышей; для регулирования силы солнечного света сверху и с боков устраиваются особые шторы. Но существуют киноателье, в которых съемка производится лишь при искусственном (электрическом) освещении.

Пол в К. устраивается на уровне земли для удобного перенесения материалов и декораций. Кроме обычных дверей в К. устраивают широкие двери, через которые проносят крупные предметы. Кроме того устраивают бетонные бассейны для производства съемок на воде. Весьма важное значение при устройстве киноателье имеет вентиляция с целью обеспыливания воздуха, так как пыль мешает съемке. Если позволяют климатич. условия, то устраивают для съемок также открытые площадки, разбивают парк с цветником, беседками, фонтанами и прочими украшениями для съемок в натуре. Вокруг К. должно быть оставлено достаточно места для дальнейшей застройки и для разных временных сооружений. При киноателье должен быть целый ряд подсобных помещений для хранения материалов и аппаратов, а равно уборные для артистов и помещение для гримировки.

При большом развитии кинопроизводства вокруг К. возникает целый городок, в котором воздвигаются постройки разных стилей и эпох, необходимые для постановок. Примером такого киногородка служит Голливуд (предместье Лос-Анжелоса в США). Почти все крупнейшие кинематографические предприятия построили здесь многочисленные ателье, грандиозные по размерам, разнообразные по стилю, но легкие по конструкции. Голливудские ателье построены частью из дерева, частью из кирпича и служат исключительно для таких съемок, которые невозможно производить в натуре. При этих ателье нет никаких подсобных помещений и мастерских; последние расположены отдельно: благодаря прекрасному, теплому климату здесь нет надобности сосредоточивать все в одном фундаментальном здании; актер в гриме может спокойно пройти из артистического павильона в ателье, не боясь

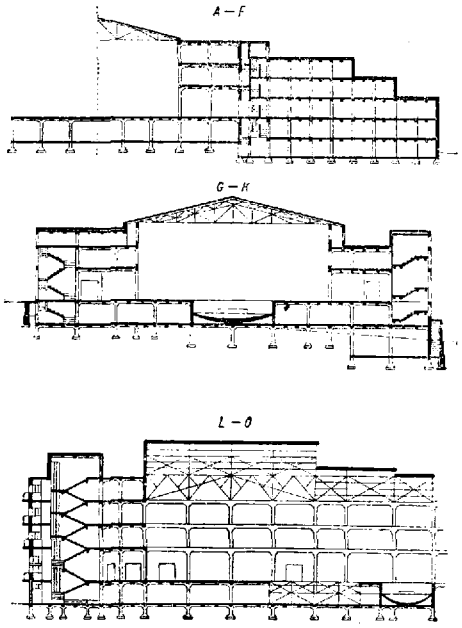
быть застигнутым дождем, декорации и бутафорию легко можно доставить из соседнего помещения.

Совершенно другого типа К. возводятся в других местностях, а равно в СССР. В виду неблагоприятных климатич. условий конструкция воздвигаемых К. резко отличается от голливудских. Здесь возводятся фундаментальные здания, вмещающие в себе кроме ателье еще и ряд других подсобных помещений. Одно из таких грандиозных сооружений воздвигается в настоящее время в Москве. Акц. об-во «Совкино» строит целый киногородок в окрестностях Москвы, на Воробьевых горах, у дер. Потылиха. На участке в 5,5 *га* воздвигаются киноателье с полезной площ. 4 500 *м*² и целый ряд подсобных зданий. К. состоит из подвального, цокольного (план цокольного этажа на фиг. 1), первого, второго, третьего и четвертого этажей (разрезы на фиг. 2), в к-рых сосредоточены как специальные ателье для съемок, так и многочисленные подсобные помещения: артистические, бутафорские, гримерные и пр. Посредством специально устроенных раздвижных простенков ателье м. б. разделено на 5 частей, и в каждой части могут производиться одновременно три съемки. Подсобные помещения расположены т. о., что к каждой отдельной съемке имеется самостоятельный доступ для артистов, бутафорий, декораций и пр. Коридоры внутри здания имеют ширину в 5 *м*, так что по ним свободно могут проноситься большие декорации, проезжать автомобили, телеги, экипажи, лошади. В ателье



Фиг. 1. *1, 4, 6*—админ.-хоз. отд.; *2*—бутафорская; *3*—загрузка; *5, 7, 9*—мебель; *8, 13*—бассейны; *10*—вертящаяся площадка; *11*—скульптурная бутафорская; *12* — электропарк - мастерская; *14*—мультипликация; *15*—лаборатория; *16*—съемочная; *17*—вестибюль; *18*—мебель; *19*—массовка.

имеются бассейны, вертящиеся площадки и приспособления для сложных постановок. Производительность этого К. рассчитана на 75 полнометражных и 15—20 короткометражных картин в год. Перед зданием К. устроена открытая площадка, где при благоприятной погоде съемки могут производиться под открытым небом. На этом участке будет



Фиг. 2.

также воздвигнуто специальное К. для заснятия звуковых фильмов.

В противоположность легким студиям для обыкновенных съемок, для звуковых фильмов строят в Америке исключительно каменные К. Они имеют или толстые каменные стены или двойные стены, наполненные воздухом и звукопоглощающими материалами. Внутренние стены состоят из гипсовых перегородок с прокладкой из войлока и воздушной прослойки. Бетонный потолок также снабжается войлочной прокладкой и отделяется от крыши слоем воздуха. Пол покрывается мягкою материей. Кроме того резонанс внутри ателье регулируется толстыми драповыми занавесами, к-рые могут по мере надобности подниматься и опускаться. Размеры звуковых К.: 7,0—24,0 *м* в ширину и 17,0—30,0 *м* в длину; высота 7 *м*. Звукозаписывающие аппараты в настоящее время помещаются преимущественно в отдельных кабинках. Техник, заведующий звуковой стороной постановки и контролирующий качество звуков, находится в особой т. н. мониторной будке, которая теперь делается передвижной. Декорационные сооружения изолируются от внешнего мира звуконепроницаемой стеной из висящих тканей. Сюда переносятся осветительные аппараты. Съемочная аппаратура и мониторные будки вставляются в эту «стену». В звуковом К. важную роль играет реверберация звука; звукопоглощающие ткани имеют свойство поглощать высокие частоты звука и уничтожать металлический тембр голосов. В верхней части киноателье имеется особое помещение, где происходит воспроизведение заснятой звуковой сцены.

Лит.: см. *Кинотехника*. **М. Мухар.**

КИНОВАРЬ, минеральная краска, по химич. составу сернистая ртуть, HgS. К. вырабатывают из природной ртутной руды, месторождения к-рой известны в Испании, Калифорнии, Баварии и в СССР—близ Никитовки (Бахмутский район) и в Нерчинском районе. Для производства краски из руды выбирают чистые кристаллы К., измельчают их, отмучивают и сушат. От степени измельчения зависит тон краски: чем тоньше размол, тем ярче и чище оттенок. Большею же частью К. получают синтетически, переходя через черную аморфную модификацию сернистой ртути и превращая ее в кристаллическую красную. Различают два способа фабрикации К.: сухой и мокрый.

При сухом способе ртуть и серу (в порошке) непосредственно смешивают в сухом виде в течение 2—3 ч. до получения однородной массы, которую подвергают возгонке, причем возгоняемая К., охлаждаясь, осаждается на стенках приемника в виде кристаллов красного цвета. При этом способе красота тона краски зависит: 1) от $t°$ возгонки и 2) от полноты освобождения К. от избыточной серы, не вошедшей в соединение с ртутью. Для смешения ртути с серой служат мельницы, а для очистки К. от излишка серы ее кипятят с растворами щелочей. Для освобождения от серы не следует промывать К. водой, т. к. от этого тон краски слабеет. Полученная таким способом К. в продаже известна под названием вермильона.

За границей на красочных ф-ках распространен следующий способ изготовления К. В медных сосудах перемешивают при нагревании 270 ч. ртути с 37,5 ч. серы, повышая $t°$ постепенно, чтобы не произошло возгорания серы. Правильно приготовленная масса должна иметь равномерный черный цвет. По остывании массу размалывают в порошок и раскладывают небольшими порциями, по 7 *кг*, в глиняные огнеупорные полушарообразные горшки. В печь ставят по три сосуда и нагревают т. о., чтобы пламя не поднималось над горшком выше 1 *м* и чтобы нагрев нижней части горшков происходил при $t°$ темнокрасного каления. Если произойдет воспламенение серы или получится возгон ртути, то сосуду дают охладиться и прибавляют в него некоторое количество свежей массы. После достаточного прогрева массу сернистой ртути помещают в возгонные сосуды—горшки с отъемными сверху железными шлемами, снабженными отверстиями для засыпки красочной массы. Весь процесс продолжается около 36 часов. Готовую киноварь размалывают на шаровых мельницах в мелкий порошок.

Лучшей К. считается китайская, так как она имеет чистый карминово-красный цвет. Способ ее получения в Европе, заимствованный с фабрик Гонконга, заключается в следующем. Нагревают при $t°$ 111° на железных сковородах смесь 4 ч. ртути и 1 ч. серы до тех пор, пока не получится черная масса, к-рую промывают, сушат и закладывают в огнеупорные полушарообразные сосуды, покрываемые сверху такой же формы и размеров чашками. Последние примазывают огнеупорной замазкой и сосуды подвергают нагреву в течение 16 часов; по охлаждении К. перемалывают и сохраняют в темноте в течение нескольких месяцев, после чего краска приобретает красивый яркий тон.

При мокром способе получения К. ртуть вместе с серой подвергают нагреванию в водном растворе сернистых щелочных металлов или сернистого аммония, после чего для удаления несвязанной серы обрабатывают массу едкими щелочами и промывают водой. При этом способе возможны отравления рабочих.

По германскому способу, на 100 ч. ртути берут 27 ч. серного цвета и небольшое количество едкого кали. Массу подвергают размешиванию, затем прибавляют воды, после чего осторожно нагревают, пока коричневато-красный тон не перейдет в яркокрасный, и сейчас же прекращают нагревание, т. к. перегрев может придать готовой краске тусклый тон. Полученный продукт выливают в большой сосуд с водой, промывают сначала едкой щелочью, до удаления серы, и после—водой для удаления щелочи. Промывной щелок, богатый ртутными солями, идет в переработку на ртуть.

К. не растворяется в к-тах и щелочах, но растворима в царской водке. К. как минеральная краска обладает большой кроющей силой, от сероводорода не изменяется, хорошо смешивается с другими красками и допускает большое количество примесей; в качестве последних применяют свинцовый сурик, шпат, гипс и т. д. В продаже К. встречается с содержанием 10, 20 и 40% примесей. При приеме К. ее подвергают испытаниям, причем: 1) проба в абсолютном спирте не должна давать окрашивания спирта (наличие окрашивания указывает на подмесь органическ. краски); 2) при растирании сухой краски на желтой меди должно получаться черное пятно; 3) при накаливании на фарфоровой крышке К. должна улетучиваться, давая не более 0,4% остатка.

В настоящее время К. широко применяется в живописи как масляная и акварельная краски; в малярном же деле применение ее ограничено, вследствие дороговизны и нестойкости к атмосферным влияниям, т. к. под влиянием света и влаги она переходит в черную аморфную сернистую ртуть. В технике киноварь употребляется при производстве обоев и сургуча.

В продаже под названием К. встречаются также и краски, не содержащие ртути. К таким краскам относятся: сурьмяная, зеленая, сатурнова, австрийская и искусственная К. Сурьмяная К. встречается в природе в виде красной руды—кермезита, химич. состава Sb_2S_2O, к-рую измельчают, отмучивают и высушивают. Большею же частью сурьмяная К. вырабатывается из 5 ч. треххлористой сурьмы, $SbCl_3$, и 6 ч. сернованистокислого натрия (или кальция), растворенного в 50 ч. воды. Раствор нагревают до 60—70°, причем выпадает красный осадок краски. Обработка растворов ведется в чанах вместимостью 2 000—3 000 *л*, имеющих для нагрева жидкостей змеевик, в к-рый пропускают пар. Цвет краски зависит от $t°$ осаждения; с постепен. повышением ее получают краску цвета от лимонно-желтого до оранжевого, при 70° осадок краски принима-

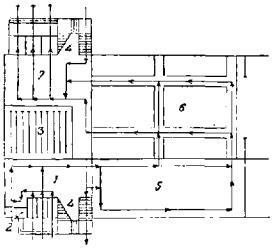
ет красный цвет. Жидкость, слитая с осадка, идет на осаждение новой порции краски из $SbCl_3$. Полученную сурьмяную киноварь промывают тепловатой водой и сушат при 50—60°. Иногда сурьмяную К. вырабатывают из трехсернистой сурьмы, Sb_2S_3, обжигом ее в струе воздуха и водяного пара; при этом один атом S замещается атомом кислорода, образуя соединение Sb_2S_2O. Сурьмяная К. не стойка к свету, к атмосферным влияниям, к кислотам и щелочам. Зеленая К. состоит из смеси желтых свинцовых или цинковых кронов с берлинской лазурью с примесью шпата, гипса, глины, сернокислого свинца и т. д.; в зависимости от взятых количеств получаются светлые или темные тона. Зеленая К. вырабатывается сухим и мокрым способами. Сухой способ состоит в тщательном перемешивании в барабанах или на бегунах крона и берлинской лазури; для дешевых сортов примешивают гипс и шпат. При мокром способе смешивают свежеприготовленные кроны с берлинской лазурью, образуя общую массу, которую прессуют, сушат и размалывают. Зеленая К., полученная мокрым путем, отличается большей живостью тонов. Краска эта не стойка к щелочам и к сероводороду, но обладает большой кроющей силой. Зеленая К. имеет большое применение в малярном деле, в окраске стеклянных, фарфоровых и фаянсовых изделий, в производстве типографских красок и обоев. Для известковых покрасок зеленая К. не пригодна, так как берлинская лазурь от действия щелочей разрушается. Сатурнова К.—высший сорт свинцового сурика—имеет большое применение как масляная краска. Австрийская К., химич. состава $PbCrO_4 \cdot Pb(OH)_2$, получается действием едкой щелочи на среднюю хромовосвинцовую соль. Искусственная К. вырабатывается из смеси шпата, гипса, глины и сурика, иногда подкрашенных органическ. красками. Способ приготовления искусственной К. меняется в зависимости от того, какие органич. краски служат для окрашивания смеси. Искусственная К., смотря по свойствам органич. краски, отличается различной стойкостью к свету; в продаже ее часто называют итальянской ализариновой. Применяется искусственная К. для окраски трамвайных вагонов, земледельческих машин, семафоров и т. д. При выборе искусственной К. обращают внимание на цвет, укрывистость и стойкость краски к свету. При прокаливании пробы органическая краска сгорает, оставляя гипс, шпат и сурик. **С. Михайлов.**

Лит.: см. Краски минеральные.

КИНОЗДАНИЯ, специальные здания для демонстрации кинокартин (киносеансы), состоящие из следующих обязательных помещений: зрительного зала с экраном и аппаратной, раздевальной (гардероб), кассы, фойе для ожидающей публики, курительной и уборных.

Помещения для киносеансов м. б. устроены: в каменных зданиях—в 1 и 2 этажах и в полуподвале (пол не ниже 1,5 *м* от уровня земли), в деревянных же и смешанных (где таковые разрешаются местной властью)—в 1-м этаже. Минимальные разрывы между строениями: для каменных 5 *м*, для смешанных 9 *м*, для деревянных 12 *м*; деревянные летние без отопления балаганы, размером $\geq 60 \times 15$ *м*, д.б. со всех сторон окружены свободным местом ≤ 20 *м*. В несгораемых зданиях могут быть устроены ярусы или балконы при непременном наличии не менее двух самостоятельных лестниц с выходами наружу для каждого яруса. В деревянных зданиях балконы или ярусы строить не разрешается.

Лестницы д. б. несгораемые, в несгораемых клетках без забежных ступеней, двойного заложения, иметь ≥ 16 ступеней в марше и поручни с двух сторон, и должны освещаться окнами, выходящими наружу. Ширина маршей лестниц, всех проходов и дверей, ведущих к выходам, и самих выходов (не менее двух, с разных сторон вестибюля) д. б. $\leq 1{,}50$ *м* из расчета 1 *м* ширины на каждые 100 человек зрителей и ожидающих.



Фиг. 1.

Место для хранения платья в вестибюле рассчитывается по норме 0,20 $м^2$ на 1 чел. или, считая 0,13 *п. м* вешалки на 1 чел. при расстоянии между вешалками 1 *м*, с оставлением свободного прохода к выходам и кассам; вся площадь вестибюля при повторных киносеансах $\leq 0{,}4$ $м^2$ на 1 чел. Планировка вестибюля с гардеробами, кассою, входами и выходами д. б. такой, чтобы входящая публика не сталкивалась с выходящей после киносеанса и чтобы не было вообще встречных движений; наиболее рационально устройство гардероба на две стороны: для приема платья входящей публики и для выдачи его выходящим после сеанса. Схема движения публики показана на фиг. 1: *1*—входной вестибюль, *2*—кассы, *3*—гардероб, *4*—лестницы балкона, *5*—фойе, *6*—зрительный зал, *7*—выходной вестибюль. Тамбуры при входах и выходах д. б. глубиною ≤ 2 *м*.

Входы в зал устраиваются из фойе для ожидающей публики; площадь фойе д. б. не менее площади зрительного зала. При фойе устраивается курительная (12—15% площади фойе) и теплые мужские и женские уборные из расчета 1 очко на 100 чел.; при уборных должны быть умывальники, а при мужских уборных и писсуары.

В зрительном зале площадь пола д. б. $\leq 0{,}7$ $м^2$ на человека. Сиденья д. б. прочно прикреплены к полу, соединены между собою, иметь спинки и деления на отдельные места шириною $\leq 0{,}5$ *м*, при расстоянии между спинками $\leq 0{,}90$ *м*, а при откидных сиденьях $\leq 0{,}85$ *м*. Ширина проходов, ведущих к выходам, д. б. $\leq 1{,}50$ *м*, боковых проходов у стен $\leq 0{,}90$ *м*, причем между проходами д. б. ≥ 12 мест, а между стеной и ближайшим проходом ≥ 6 мест. Через каждые 12 рядов места прорезаются проходом в 1,50 *м* ширины. Расстояние от переднего ряда до экрана д. б. $\leq 2{,}50$ *м*. Высота зала д. б. не менее 3,50 *м*, при наличии балкона $\leq 7{,}00$ *м*. Все двери из зрительного зала и фойе, а также из вестибюлей на улицу долж-

ны обязательно отворяться наружу. При наличии с одной или двух сторон зала окон они снабжаются занавесками, шторами или ставнями, плотно закрывающими их и легко управляемыми. Минимальное число выходов из зала шириною 1,50 *м* определяется из расчета 1 *м* на 100 чел.; кроме того, особенно в деревянных К., устраиваются запасные выходы наружу. При выборе формы зала нужно иметь в виду, что с боковых мест (при сильном отклонении угла зрения от прямого) получается искаженное зрительное впечатление от картины на экране; поэтому предпочтительна форма зала продолговатая (1,5 : 1 или 2 : 1). Пол зала весь или частично (от $^1/_2$ до $^2/_3$ его) д. б. наклонный, с уклоном 3—5% и не более 25%.

Экран устраивается из холста или полотна, натянутого на раму; окраска его алюминием дает более четкое и яркое изображение, но рекомендуется только при узких длинных залах, так как при этом с боковых мест картина сильно теряет в ясности. Экран делается прямоугольным с отношением ширины к высоте 4 : 3 и с максимальной шириной, равной $^1/_4$ расстояния от экрана до проекцион. аппарата; расстояние от низа экрана до пола д. б. не менее роста человека. Экран ставится вертикально или наклонно так, чтобы угол падения световых лучей равнялся углу зрения из центра массы зрителей. Экран устанавливается обычно против входной торцевой стены зала, особенно если при зале имеется сцена или эстрада (см. *Клубное строительство*), или же на узкой стене над входами; последнее устройство имеет то преимущество, что аппаратная расположена в противоположной от входов и выходов части здания и совершенно изолирована от публики; оно особенно применимо в деревянных К. Иногда киноаппаратная устраивается за просвечивающим экраном, что возможно лишь для небольших изображений, т. к. такие устройства требуют помимо зрительного зала большого пространства за экраном. При этом направление световых лучей не должно совпадать с линией, проведенной от глаза зрителя к источнику света, так как в противном случае с некоторых мест будет видно светящееся пятно от объектива аппарата.

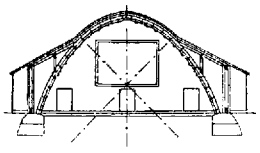
Киноаппаратная должна устраиваться за стеной зрительного зала, полностью из несгораемого материала, с огнестойкою дверью и без каких-либо деревянных частей, за исключением случаев, когда зал вмещает не свыше 150 мест; тогда допускается аппаратная деревянная, с обивкою стен, пола, потолка и дверей асбестом или войлоком, смоченным в глине, и железом в закрой. Площадь камеры для одного аппарата д. б. $\lessdot 2$ *м*^{2}, высота 2,5 *м*; ширина проходов около киноаппарата с трех сторон должна быть $\lessdot 0{,}70$ *м*. При наличии большего числа аппаратов площадь камеры соответственно увеличивается. Дверь из аппаратной, размером $\lessdot 0{,}70 \times 1{,}75$ *м*, должна отворяться наружу, не иметь запора и автоматически затворяться. Выход из аппаратной в зрительный зал не допускается, а должен выводить в помещение, где нет скопления публики и где имеется окно или дверь наружу, или на отдельную лестницу с выходом наружу; если соблюсти это условие невозможно, то при аппаратной устраивается несгораемый тамбур шириною $\lessdot 1$ *м* так, чтобы расстояние между входом и выходом тамбура было $\lessdot 2$ *м*. Для перемотки лент при камере устраивается отдельное несгораемое помещение. Аппаратная должна иметь выведенную наружу несгораемую вентиляционную трубу с самостоятельными каналами: для притока—сечением $\lessdot 160$ *см*^{2}, и для вытяжки $\lessdot 350$ *см*^{2}. В стене, отделяющей аппаратную от зала, допускаются только 2 отверстия на каждый аппарат, закрытых вмазанным в стену зеркальным стеклом, поверхностью $\gtrdot 100$ *см*^{2} каждое, с общей автоматич. плотной заслонкой: одно—для проекции световых лучей, другое—для наблюдения за экраном.

В зале допускается эстрада, площадью $\leqslant 40$ *м*^{2} с одной не меняющейся огнестойкой декорацией. Если при кино предусматривается сцена для драматических, музыкально-вокальных и хореографических спектаклей, то при емкости зала более 1 000 чел. здание должно удовлетворять всем правилам о *театрах* (см.); при меньшем же количестве зрителей д. б. соблюдены следующие правила: сцена с трюмом заключается в несгораемые стены, превышающие прилегающие крыши на 1 *м*; перекрытие м. б. деревянным. Сцена, площадью $\gtrdot 120$ *м*^{2} без колосников и рабочих галлерей, должна иметь $\lessdot 2$ выходов в разных местах с огнестойкими дверями, размером $\lessdot 0{,}90 \times 2{,}00$ *м*, открывающимися наружу; трюм высотою $\lessdot 2$ *м*, с отдельным входом не через сцену, не м. б. использован для склада декораций, бутафории и т. п. или под уборные артистов; уборные в количестве $\lessdot 2$, площадью $\lessdot 3$ *м*^{2} каждая и высотою $\lessdot 2{,}5$ *м*, отделяются от сцены коридором, шириною $\lessdot 1{,}5$ *м*, или устраивается фойе артистов с особым выходом наружу, причем лестница д. б. несгораемая, в такой же клетке, с непосредственным дневным освещением и маршами шириною $\lessdot 1$ *м*. Для артистов д. б. устроен отдельный клозет с умывальником. Помещения для декорации и бутафории должны отделяться от сцены огнестойкими дверями и иметь особый выход не через сцену. Занавесы из плотной материи, закрывающие арку сцены, а также кулисы и декорации, д. б. пропитаны огнеупорн. составом. Управление электрич. освещением сцены должно находиться в огнестойкой будке, к-рая м. б. в трюме.

Аппаратная и зрительный зал должны иметь отдельные сети для электрич. освещения, к-рые должны выключаться из камеры и из другого пункта. Освещение в коридорах, вестибюле, лестницах и т. п. также включается в 2 отдельные сети, чтобы неисправность одной группы ламп не влияла на другую. При отсутствии электрич. энергии допускается керосиновое или керосинокалильное освещение при условии помещения приборов не ниже 2 *м* над полом; при этом керосиновые лампы д. б. прочно прикреплены к устойчивым и неподвижным частям здания, иметь металлическ. резервуары и от легко возгорающихся предметов находиться на расстоянии $\lessdot 1$ *м* или быть изолированы железными листами по асбесту.

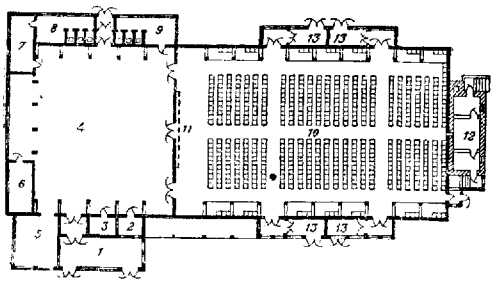
Отопление предпочтительно центральное, паровое или водяное, с приточной и вытяжной вентиляцией, обмен воздуха в зале—трехкратный, в курительной и уборных—пятикратный, в остальных помещениях—двукратный. При печном отоплении печи д. б. постоянного типа с плотными дверцами; топка должна оканчиваться за 2 часа до сеанса. Топка печей из аппаратной, а также со сцены запрещается. Темп-ра в помещении для публики д. б. + 12°.

В здании д. б. установлены пожарные краны диаметром ∢ 37,5 *см* так, чтобы при длине рукава ∢ 10 *м* каждое место в помещении м. б. залито с двух сторон. Краны с постоянно привернутыми рукавами и стволами должны заключаться в застекленных шкафчиках, окрашенных в красный цвет с надписью: «Пожарный кран», и располагаться так, чтобы путь отступления пожарного был всегда обеспечен и находился во всяком случае вне киноаппаратной и сцены; на сцене и в бутафорской уместны, сверх того, огнетушители. Кроме того в определенном месте должны всегда храниться противопожарные приспособления.



Фиг. 2.

Конструкция здания, особенно зала, м. б. весьма разнообразна, в зависимости от величины его, климатическ. и иных местных условий и предполагаемого срока эксплоатации здания; стены м. б. кирпичные, из бетонита и теплого бетона; железобетонная рамная конструкция с заполнением каркаса теплыми стенами; деревянная конструкция



Фиг. 3.

каркасной системы с арочными перекрытиями, и др. Перекрытия зала: железные или деревянные стропила разных систем с утепленным верхним покрытием или с подвесным утепленным потолком.

На фиг. 2 и 3 приведены разрез и план деревянного киноздания, построенного Моссоветом в Замоскворечьи (инж. И. С. Смирнов и арх. В. А. Михайлов); основная конструкция его—трехшарнирные арки из досок, скрепленных болтами и железными боковыми шпонками, пролетом 15,8 *м*, поставленные на расстоянии 2,70 *м* друг от друга; доски скреплены болтами и железными боковыми шпонками. Примыкающая к задней стороне зала *10* несгораемая кирпичная аппаратная *12* с отдельными входами и с котельной отопления в подвале совершенно изолирована от деревянного здания; экран *11* помещается над входом из фойе *4*. Гардероб отсутствует. Остальные цифры означают: *1*—вестибюль, *2*—касса, *3*—помещение для администратора, *5*—красный уголок, *6*—комната служащих, *7*—курительная, *8* и *9*—уборные, *13*—выходные сени.

Лит.: Техническ. правила устройства зрелищных предприятий кинематографич. характера в г. Москве и Моск. губ., М., 1928; Zucker P., Theater u. Lichtspielhäuser, B., 1926; Wilms F., Lichtspieltheaterbauten, B., 1928. **К. Грайнерт.**

КИНОТЕХНИКА, совокупность правил и приемов для съемки и оформления кинематографическ. картин. Если картины воспроизводятся по определенному, заранее написанному сценарию, то обработка последнего производится на кинофабрике под руководством режиссера, к-рый прорабатывает вопрос о съемке отдельных моментов и сцен, определяет, где должна производиться съемка: в павильоне или на открытом месте, выбирает типаж, артистов и костюмы, репетирует с артистами и руководит работами по сооружению декораций. Самая съемка производится оператором, по указаниям режиссера. Съемка составляет важнейший момент кинематографическ. производства. Существует несколько различных приемов кинематографич. съемки, которые применяются, с одной стороны, для естественного соединения отдельных частей фильмов между собою (диафрагмирование, наплыв), а с другой—для получения чисто съемочных трюков (замедленная и ускоренная съемка, съемка с перерывом, сложная экспозиция и т. п.). По отношению к движущемуся предмету практикуются следующие приемы: а) съемка неподвижно стоящим аппаратом и б) съемка с автомобиля или специальной платформы, передвигающихся с той же скоростью, что и объект съемки. Применяется еще и панорамная съемка для получения общей картины; эта съемка заключается в том, что укрепленный на треножнике аппарат вращается во время съемки в горизонтальном или в вертикальном направлении (см. *Горизонтальная панорама*).

Характер съемки обусловливается т. н. планами, т. е. той частью пространства, к-рою кадр ограничивается при съемке: в зависимости от расстояния аппарата до снимаемого предмета можно получить различные планы. План бывает: крупный—когда расстояние от аппарата до предмета равно 0,5—1 *м*; первый—когда расстояние равно 1—3 *м*; второй—при расстоянии 3—5 *м*, и общий—при расстоянии более 5 *м*. Крупным планом снимается какая-либо деталь или часть предмета, напр. лицо, руки, ноги, отдельные небольшие объекты; прочие планы служат для съемки действия на большем или меньшем пространстве, по выбору и указанию режиссера. Существует еще т. н. задний план, служащий для съемки декораций. При съемке лица крупным планом, для избежания слишком резких деталей, неприятных при большом увеличении на экране, применяют довольно часто так называемый мягкий фокус, к-рый состоит в том, что съемку производят через тонкую шелковую сетку или же через особую линзу, надеваемую на

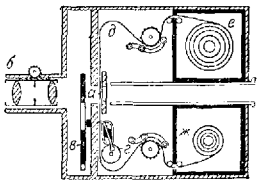
объектив аппарата. При этом получается очень мягкое, как бы подернутое легкой дымкой изображение.

Особый прием представляет собой кадровая, или мультипликаторная, съемка, к-рая чаще всего употребляется для шаржей, реклам и т. п. Этот прием заключается в том, что съемка производится не непрерывно, а отдельными последовательными снимками (кадрами): сначала снимают один раз данные неодушевленные предметы (буквы, рисунки, куклы и пр.); затем эти предметы переставляются или приводятся в другое положение и снова подвергаются однократной съемке, и так делается снимок за снимком на протяжении нескольких метров. При проекции на экран создается изображение неодушевленного, но самопроизвольно передвигающегося предмета.

Для удачной кинематографической съемки от артистов требуется соблюдение некоторых особенностей и условностей во время игры. Артист всегда должен играть перед аппаратом. Движение и мимика, составляющие игру артиста, должны происходить в строго ограниченном пространстве, обусловленном размерами кадра. Попутно с этим необходимо вести игру «в планах» и «в глубину». Перемещаясь и жестикулируя, артист должен считаться с расстоянием от съемочного аппарата. Чем ближе он находится к аппарату, тем размереннее д. б. его жесты и тем сдержаннее мимика лица. При движении, в особенности когда съемка производится крупным или первым планом, артист все время должен оставаться в фокусе объектива. Каждое движение д. б. рассчитано на определенный промежуток времени или, вернее, на ту или иную длину монтажного куска фильма, на его метраж. Кроме того все движения д. б. такими, чтобы при проектировании фильма на экран получалось естественное впечатление. Процесс съемки происходит либо на кинофабрике, в специально приспособленных ателье (см. *Киноателье*), либо вне павильона.

Съемка немого и звукового фильмов представляют большие различия. Съемка немого фильма сопровождается необычайным шумом от установки декораций, работы съемочных и осветительных аппаратов, мегафона режиссера. Съемка звукоговорящей картины проходит в абсолютной тишине, прерываемой лишь теми звуками, к-рые фиксируются одновременно со съемкой: диалогом актеров, необходимой музыкой, звуками, соответствующими обстановке сюжета. Весь процесс работы регулируется световыми сигналами. Звуковая съемка требует особых акустическ. условий и правильного расположения микрофонов, от которых звуки передаются звукозаписывающим приборам. Звукоговорящая картина строится на меньшем количестве перемен и большей длительности отдельных эпизодов и требует многочисленных предварительных репетиций. Благодаря сложности постановки ежедневно можно снять лишь несколько минут действия: средняя картина, воспроизводимая в течение 70 мин., снимается 20 дней.

Киносъемочные аппараты. Киносъемочный аппарат представляет собою фотографическ. камеру с приспособлением для нанесения быстро чередующихся снимков на пленку. Сущность кинематографии заключается в том, что движение разлагается на отдельные моменты, на отдельные положения или фазы, к-рые фотографически воспроизводятся, а так как наш глаз обладает свойством сохранять зрительное впечатление в течение известного промежутка времени (около $^1/_7$—$^1/_{30}$ ск.) после того, как зрительное раздражение прекратилось, то зритель продолжает еще некоторое время видеть на экране изображение, когда оно уже исчезло. Если сделать в 1 ск. в среднем 16—20 снимков и с такою же скоростью проецировать на экран, то для нашего глаза создастся иллюзия движения. Съемка производится при прерывистом движении пленки позади съемочного или экспозиционн. окна *а* (фиг. 1), впереди к-рого расположен объектив *б*. Для отделения кадров друг от друга в конструкциюсъемочного аппарата вводится вращающийся затвор, или обтюратор *в*, который представляет собою диск с вырезом в форме сектора. Размер выреза может регулироваться в зависимости от требований съемки. Обтюратор вращается так, что его глухая часть закрывает окно в момент передвижения пленки, а секторный вырез проходит мимо него во время остановки ее. Передвижение пленки совершается при помощи ряда отверстий (перфораций) вдоль краев. Эти перфорации делают строго определенного размера (2,8×1,9 *мм*); расстояние между центрами отверстий 4,75 *мм*, а расстояние от краев пленки до центра перфорации 3,35 *мм*. Ширина самой пленки всегда равна 34,9—35 *мм*. Вышина кадра равна 19 *мм*, и на каждом кадре находятся с обеих сторон по 4 перфорации. Пробивание перфораций является делом крайне сложным, так как технические условия требуют точности работы до тысячных долей *мм*. В перфорации входят зубцы механизмов, передвигающих пленку как в киносъемочных, так и в кинопроекционных аппаратах. Для осуществления прерывистого движения пленки в киносъемочных аппаратах применяется вилочный захват, или грейфер *г*, который захватывает своими концами два противолежащих перфорационных отверстия пленки, продвигает пленку вниз и затем, снова поднимаясь вверх, захватывает следующие два отверстия. Кроме того в каждой системе съемочного аппарата имеется транспортирующий механизм *д*, состоящий из одного или двух зубчатых барабанов, которые служат одновременно для сматывания свежей пленки с подающей кассеты *е* и подачи заснятой пленки на катушку приемочной кассеты *ж*. Далее, во всех киносъемочных аппаратах имеются: визиры (видоискатели) для установки изображения на пленке, приспособления для наводки на фокус, счетчики метража, пробойники для указания концов сцен и штати-

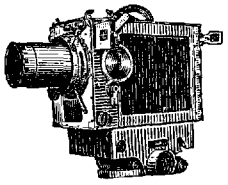


Фиг. 1.

вы. Транспортирующие механизмы, обтюратор и механизм прерывистого движения приводятся в действие либо от руки, при помощи рукоятки, либо от моторного привода, либо заводной пружиной, либо наконец сжатым воздухом. Для перемещения пленки от подающей камеры к приемочной и в обратном порядке ручка аппарата должна вращаться в обе стороны, причем при нормальном темпе съемки, т. е. 16 кадров в 1 ск., каждый полный оборот рукоятки дает обычно восемь снимков. Для ускоренной и замедленной съемки в конструкцию аппарата вводятся приспособления, позволяющие производить на каждый оборот ручки меньшее (от 1 до 4) или большее число снимков. Съемочные оконца во всех аппаратах имеют стандартную величину 19×25 *мм*.

Кроме перечисленных выше частей в киносъемочных аппаратах имеется еще ряд приспособлений для автоматич. открывания и закрывания обтюратора и диафрагмы во время съемки, для быстрой смены объективов, для точного определения границ изображения, для автоматич. вставления кассет и светофильтров, для наблюдения за кадрами во время съемки, для счета оборотов и скоростей и т. д.

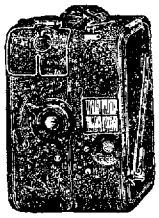
Наиболее удовлетворяющими требованиям серьезной работы и наиболее распространенными являются аппараты Дебри. Они отличаются компактностью и точностью механизмов. Весь аппарат целиком построен из дуралюмина, нейзильбера и специальной стали. Внутри корпуса помещаются боковые кассеты, рассчитанные на 120 *м* пленки. Все части механизма независимы от стенок корпуса и расположены на нижней платформе. Аппарат раскрывается действием одного рычага. При аппарате имеется набор из десяти удобно сменяемых объективов с фокусными расстояниями от 28 до 300 *мм*. Наводка, которая м. б. изменяема во время съемки, производится на пленку или на матовое стекло без раскрывания камеры при девятикратном увеличении изображения. Обтюратор автоматизирован, и его регулировка производится снаружи. Прямое и обратное вращение ручки, равно как и нормальный и мультипликаторный ходы осуществляются путем простого переключения. Аппарат снабжен тахометром, счетчиками метража, кадров и оборотов, а также различными масками, кассетами и светофильтрами, вставляемыми снаружи. В новейшей модели «L» этого аппарата (фиг. 2) имеется устройство для свободного движения пленки в подводящем канале: в момент движения пленки вниз окно отходит назад и пропускает ее без всякого трения; во время же экспозиции оно снова прижимает пленку, что обеспечивает ее абсолютно плоское и неподвижное положение (контргрейфер). Все новейшие выпуски аппаратов Дебри снабжаются моторными приводами, освобождающими оператора от необходимости вращения ручки и допускающими съемку не только со штатива, но и с рук.



Фиг. 2.

Среди любителей, а равно для съемок хроники весьма популярен аппарат «Кинамо» (фиг. 3) з-да Zeiss-Ikon A. G. (Дрезден). Он построен по типу современных дорожных фотографич. камер, сделан из металла и вмещает в себе все части механизма. Последние модели этого аппарата вмещают в себе до 25 *м* пленки нормальной ширины, что дает возможность снять несколько сцен без перезарядки аппарата. На верхней доске аппарата находится откидной видоискатель. Камера снабжена пружинным заводом, позволяющим производить съемки без необходимости вертеть рукоятку.

Из америк. съемочных аппаратов наиболее распространены камера Митчеля и «стандарт-камера» Белл-Гоуелла. Камера Митчеля сделана целиком из металла. Обе кассеты помещены наверху над корпусом. Камера может передвигаться на салазках по основанию корпуса и содержит внутри транспортирующий механизм, грейфер и обтюратор. Впереди камеры помещается револьверный диск с 4 объективами на фокусные расстояния: 32, 42, 50 и 75 *мм*. Кассеты рассчитаны на 120 *м* пленки. При наводке, при помощи простого поворота рычага, отодвигается только камера, а объектив остается на месте. Аппарат Митчеля не имеет счетчика оборотов, кадрометра, тахометра и моторного привода.



Фиг. 3

Стандарт-камера Белл-Гоуелла является наиболее усовершенствованным из америк. аппаратов. Она также построена целиком из металла (алюминия). Над камерой расположены в одной плоскости кассеты. Револьверный диск снабжен 4 объективами на фокусные расстояния: 35, 50, 75 и 150 *мм*. Вместимость камеры—120 *м* пленки. Особенность аппарата заключается в том, что в транспортирующем механизме имеется лишь один барабан, зубцы к-рого входят в перфорацию пленки. При наводке камера отодвигается влево, а требуемый объектив подводится к матовому стеклу. Аппарат может работать от электромотора.

Аппараты, применяемые в Америке для съемки звучащего фильма, делятся на две категории. К первой категории принадлежат аппараты, одновременно снимающие изображение и записывающие звук; ко второй—снимающие только изображение, тогда как звук записывается на особых приборах, работающих синхронно с ними. Первый способ применяется только для съемок в натуре и для хроники. При съемках по второму способу съемочные аппараты должны иметь такое устройство, чтобы не получалось никакого шума. С этою целью стенки камеры и кассет обтягиваются резиной и войлоком, стержни роликов делаются из бронзы, стальные барабаны заменяются фибровыми, в металлич. диски вставляются зубцы из бакелита и пр. Такой аппарат Белл-Гоуелла работает настолько бесшумно, что может быть установлен в 3—4 *м* от микрофона.

Кинофильм. На негативной пленке аппарата, покрытой светочувствительной эмульсией, получается при съемке, как и в обык-

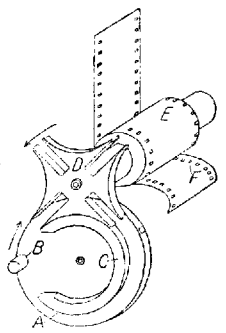
новенной фотографич. камере, скрытое изображение, которое затем проявляют и фиксируют соответственными химич. способами. Совокупность приемов, необходимых для получения готового негатива, носит название негативного процесса. В виду значительной длины пленки для выполнения негативного процесса в К. введен целый ряд приспособлений, из к-рых самые главные—вертикальные баки и барабаны. Для получения позитива в кинематографии применяется специальная позитивная пленка, покрытая светочувствительной эмульсией, к-рая дает при печатании скрытое изображение. Позитивная пленка имеет тот же размер, что и негативная, но несколько толще ее (ок. 0,12—0,16 *мм* вместе с эмульсией); т. к. ее приходится сотни раз пропускать в проекционных аппаратах, то естественно, что она д. б. прочнее негативной. Позитивы печатаются на специальных копировальных машинах, в которых перед освещенным окошечком аппарата передвигаются сложенные эмульсией и плотно прижатые друг к другу негативная и позитивная пленки; так. обр. происходит экспозиция. Проявление позитивной пленки ведется точно так же, как и проявление негатива, с тою лишь разницей, что применяются другие растворы. Как негативная, так и позитивная пленки имеются разных марок. Наиболее распространен. пленками у нас являются марки: Агфа, Пате, Кодак, Кинохром.

Когда все отдельные куски позитива и надписи совершенно готовы, приступают к обработке фильма, т. е. к склейке отдельных кусков. Для этого обычно применяется либо амилацетат либо смесь ацетона с грушевой эссенцией; в последнюю смесь опускается несколько кусочков очищенного от эмульсии целлюлоида. Самая склейка производится на специальном прессе. Готовая кинокартина, или фильм, скатывается в виде рулона.

Проявление негатива звукового фильма производится в Америке при помощи специальных машин, изготовляемых лабораторией Беннета на з-де Спур Томсен. В середине 1929 г. имелось лишь 16 таких машин. Работы со звуковым негативом требуют особенной тщательности, в особенности в виду необходимости синхронного действия фонограммы и зрительной полоски. На звуковой фильм уходит в несколько раз больше пленки, чем на немой.

Кинопроекционная аппаратура. Кинопроекционный аппарат отличается от обыкновенного волшебного фонаря тем, что в нем картина не остается неподвижной, а один кадр быстро сменяется другим. Для этой цели в кинопроекционном аппарате, по аналогии с киносъемочным аппаратом, д. б. транспортирующий механизм, механизм для толчкообразного передвижения пленки, обтюратор, конденсатор, объектив, кассеты для помещения пленки, рамка с находящейся в ней пленкой и, наконец, источник света. Источниками света для проекции служат: дуговые лампы, зеркальные дуговые лампы, зеркальные полуваттные лампы и др. Конденсаторы и рефлекторы служат для собирания лучей от источника света и отбрасывания их в нужном направлении. Конденсатор состоит из двух плосковыпуклых линз, обращенных выпуклыми сторонами друг к другу. Линзы вставляются в металлическ. оправу, в которой имеются отверстия для вентиляции. Диаметр конденсаторов для проекционных аппаратов от 115 до 150 *мм*. В последнее время вместо конденсаторов начали применять зеркальные рефлекторы. Окошко проекционного аппарата состоит из двух частей — рамки и дверцы, между которыми находится канал для пленки. Дверцы снабжены пружинами, к-рые плотно прижимают перфорированные края пленки к рамке. Объективы применяются самых разнообразных типов. В зависимости от фокусного расстояния объектива меняется и величина получаемого изображения на экране. Для небольших помещений применяют короткофокусные объективы, а для больших—длиннофокусные.

Система транспортирующего механизма состоит из двух барабанов с прижимными и направляющими роликами. Толчкообразное движение пленки достигается в менее сложных аппаратах (деревенского или школьного типа) путем применения грейфера, вилки, а в более сложных стационарных аппаратах — механизмом зубчаток с неполным числом зубцов, с так наз. звездкой. Звездка *D* (фиг. 4), соединенная наглухо с зубчатым барабаном *E*, скользит своею вогнутой поверхностью по имеющему вырез выступу *C* круглого диска *A*. Диск *A* с пальцем *B* все время вращается с постоянной скоростью, и палец, заходя в прорез звездки, поворачивает ее, а следовательно и барабан, на $^1/_4$ оборота. За это время зубцы барабана, входящие в перфорацию пленки *F*, продвигают ее на один кадр. Для уменьшения трения весь механизм заключен в коробку с маслом.



Фиг. 4.

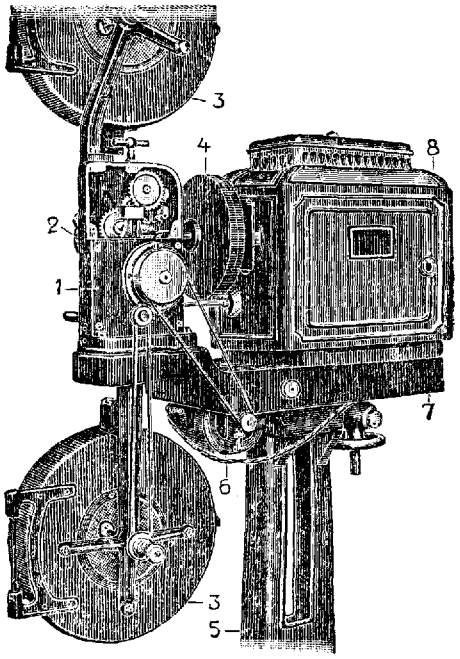
Передвижение пленки в окошке аппарата происходит прерывисто, т. е. она то передвигается на величину одного кадра, то останавливается неподвижно на время проекции. Для преграждения доступа света к окошку на время передвижения пленки служит обтюратор, который, в отличие от обтюратора съемочного аппарата, делается с постоянной щелью. Вследствие большой скорости вращения обтюратор д. б. хорошо сбалансирован и иметь, по возможности, незначительный вес. Вся система приводится в движение от электромотора или вручную.

Во избежание воспламенения ленты на одной оси с обтюратором помещается противопожарная заслонка, устроенная т. о., что при движении обтюратора она открывается и пропускает лучи света от лампы на пленку, когда же аппарат останавливается, заслонка закрывается. Т. о. уменьшается продолжительность воздействия лучей лампы на легко воспламеняющуюся пленку. С тою же целью обе катушки, к-рые служат для сматывания и нового наматывания ленты, помещены в особых коробках, в так называемых пост-

мале, расположенных на кронштейнах вверху и внизу аппарата и снабженных отверстиями для вентиляции.

Проекционные аппараты применяются самых различных типов: с прерывистым и непрерывным движением, профессиональные, школьные, стационарные и передвижные. Лучшие аппараты немецкие—Крупп-Эрнемана, Ган-Герца, французские—Бр. Пате и американские—«Симплекс». Последний аппарат отличается тем, что его головка помещается в металлическ. корпусе с толстыми стеклянными дверцами, через которые видна вся работа механизма. Равным образом подающая и приемная бобины также заключены в глухие футляры.

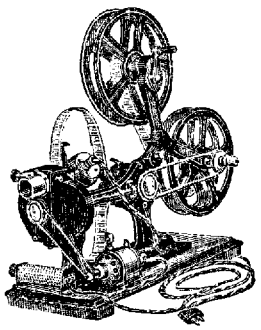
Производство проекционных киноаппаратов в СССР было начато в 1918 году Ленинградским трестом оптико-механического производства (ТОМП). Последняя его модель, под названием «Томп» № 4 (фиг. 5), состоит из следующих частей: проекционный аппарат *1*, объектив *2* (на фиг. плохо виден), пост-мале *3*, обтюратор *4*, стол-колонка *5*, мотор *6*, реостат к мотору 7, фонарь с зеркальной дуговой лампой *8*. Все трущиеся части аппарата заключены в герметически закрытую коробку. Транспортирующий механизм имеет свою особую коробку (масляную ванну); эта масляная ванна во время действия аппарата и работы механизма со звездкой беспрерывно заполняется маслом. Для очистки и осмотра коробка м. б. вынута из корпуса. Обтюратор снабжен изогнутыми крыльями, которые и служат для обдувания фильмового канала. Исправление положения рамки на экране достигается поворотом всего транспортирующего механизма вокруг



Фиг. 5.

его центральной оси, причем кадровое окно и объектив остаются неподвижными. При этом не возникает необходимости перемещения источника света, как это бывает в аппаратах, не имеющих центрированной оптическ. оси. Весьма остроумно устроено приспособление для смазки: наружные масленки отсутствуют, и вместо них налитое в нижнюю часть корпуса масло передается от одной зубчатки другой, а излишки масла стекают сверху по трубочкам на остальные трущиеся части транспортирующего механизма.

Наряду с аппаратом «Томп» № 4 тем же трестом выпущены киноаппараты передвижного типа «Гоз» (фиг. 6), значительно облегченной и упрощенной конструкции. Аппарат «Гоз» рассчитан на небольшой экран и, следовательно, на небольшую аудиторию. Все части в нем, по возможности, упрощены, и дорогой проекционный фонарь заменен небольшой электрическ. лампочкой. Механизм со звездкой, придающий толчкообразное движение фильму, заменен здесь грейфером. На маховике грейферного механизма имеется железное крылышко, к-рое служит обтюратором. Вся грейферная система заключена в общую коробку, к-рая предохраняет аппарат от пыли и случайных поломок механизма. Весь механизм приводится в движение от главной шестерни, насаженной на конец главной оси.



Фиг. 6.

Лит.: Лобель А., Техника кинематографии. М.—Л., 1926; Косматов И., Киномеханик. Практическое руководство, вып. 6—Работа с аппаратом «Томп», Москва, 1929; Анощенко Н. Д., Общий курс кинематографии, т. 1 и 2. М.—Л., 1929; Попов Я. С., Киносъемочные аппараты. М.—Л., 1929; Радецкий И. С., Что такое кино, Л., 1927; Dahlgreen R., Handbuch für Lichtspielvorführer. B., s. a.; Mendel G. und Felix F., Der praktische Vorführer. Theorie und Praxis d. kinematogr. Projektion mit besonderer Berücksichtigung d. Elektrotechnik, Optik u. Mechanik. B., 1926; Joachim G., Die kinematographische Projektion, Halle a/S., 1928; Gregory C. L., Motion Picture Photography, 2 ed., N. Y., 1927; Engl Jo., Der tönende Film, Brschw., 1927; Mihály O., Der sprechende Film, B., 1928; Cameron J. R., Talking Movies, New York, 1928; Cameron J. R., Motion Pictures with Sound, N. Y., 1928; Cameron J. R., Amateur Movie Craft, New York, 1928; Franklin H. B., Motion Picture Theatre Management, New York, 1928; Wheeler O., Color Photography, L., 1928; Wall E. J., Practical Color Photography, Boston, 1928; Der Tonfilm, «Filmtechnik», Halle—Berlin, 1929, Sonderhefte: April und August.

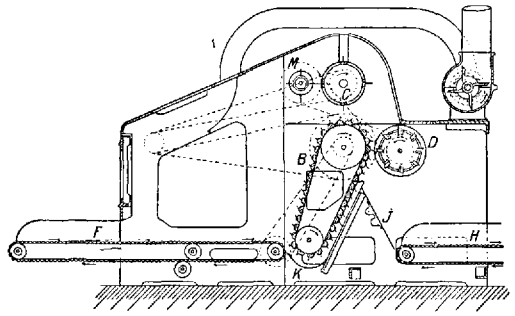
М. Мухар.

КИПАРИС, многочисленные представители древесных и кустарниковых пород разнообразного внешнего вида и различного происхождения. Ареал распространения К. европейского—средиземноморское побережье, Крым, Кавказ. Дерево *достигает* высоты до 25 *м*. Древесина имеет волнистые годичные слои, широкую желтовато-беловатую до красновато-беловатой заболонь и желто-коричневое ядро (иногда со светлобурыми и красноватыми прожилками). Особенность анатомического строения древесины К.: отсутствуют смоляные ходы; имеются единичные паренхимные клетки среди элементов осенней древесины; в составе сердцевинных лучей имеются только паренхимные

клетки, расположенные по высоте в 2—10, а иногда даже до 20 рядов. Древесина кипариса плотная, твердая, легко раскалывается, очень прочная, с острым, сильным своеобразным ароматич. запахом; уд. в. воздушно-сухой древесины 0,55—0,66. Поделочная древесина К. ценится как столярный и токарный лес. Механические свойства К. см. *Спр. ТЭ*, т. IV, ст. Дерево. **Л. Линде.**

Лит.: см. *Кедр.*

КИПОРАЗБИВАТЕЛЬ, кипоразрыхлитель, прибор, применяемый в хлопчатобумажном прядении для предварительного смешения и разрыхления хлопка, сильно запрессованного в кипах. Хлопок из разных кип в соответствующих пропорциях накладывается на решетку *F* (см. фиг.) К., которая бывает или короткой, как показано на фигуре, или длинной (около 5 *м*). Решетка *F*



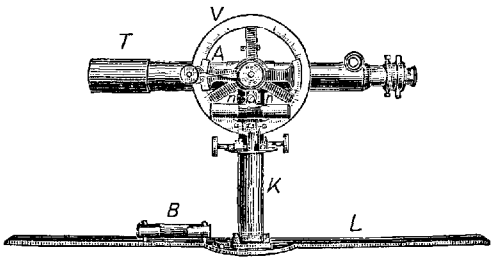
подводит хлопок к наклонной решетке *B*, к-рая и забирает его с помощью игол планок. Для равномерного забора хлопка иглами над решеткой установлен отбивной цилиндр *C* с 4 рядами стальных пальцев. Посредством установительных болтов цилиндр м. б. подведен к решетке на любое расстояние, чем регулируется степень подачи и разрыхления хлопка. Сам отбивной цилиндр *C* очищается от хлопка помощью небольшого цилиндра *M* с 4 упругими кожаными полосками. С наклонной решетки *B* хлопок снимается помощью цилиндра *D* с 4—8 кожаными полосками и попадает на наклонную колосниковую решетку *J*, через к-рую проваливаются в ящик сорные примеси. С колосников хлопок попадает на горизонтальную решетку *H*, к-рою и отводится далее. Под наклонной решеткой в *K* находятся также колосники, под к-рыми стоит ящик для сора. В общем вся эта система игол решетки, зубьев и кожаных лопастей цилиндров производит разрыхляющее действие; при этом образуется много пыли, к-рую удаляют с помощью вентилятора. Производительность машины—до 1 000 *кг* в час, при расходе мощности 2÷3 *Нр*. Средний габарит—3,0×2,0 *м*, средний вес—ок. 1 800 *кг*.

Лит.: Кузьмин Л. М., Хлопкопрядение, ч. 1, вып. 1—Прядение средних номеров. Сортировка, трепание и чесание, Иваново-Вознесенск, 1927; Коробанов А. и Насекин Н., Справочная книга по бумагопрядению, 2 изд., Иваново-Вознесенск, 1926; Таггарт В. С., Прядение хлопка, т. 1—3, пер. с англ., М., 1923—26. **Л. Тряпкин.**

Техника безопасности. Всякого рода операции (выемка угаров, чистка и т.п.), если они производятся внутри машины на ходу, являются опасными, так как указанные выше детали имеют большие скорости. Английский з-д «Добсон и Барло» в своих К. выпуска 1927 г. снабжает машины приспособлением, не позволяющим на ходу открывать заслонки и дверки, причем пуск машины в ход возможен лишь при закрытых заслонках и дверках. **П. Лебедев.**

КИПРЕГЕЛЬ, геодезич. инструмент, принадлежность мензулы для визирования на местные предметы и искусственно обозначенные на местности точки при составлении геометрич. сети и при съемке подробностей местности мензулой, а также для измерения углов в вертикальной плоскости (углов наклонения) при нанесении рельефа местности на мензулу и при определении отметок точек геометрической сети.

К.-дальномер-высотомер имеет линейку *L* длиною в размер мензульного планшета (фиг.); в средине линейки укреплена колонка *K* со втулкой для горизонтальной оси вращения зрительной трубы *T*; труба имеет визирные и дальномерн. нити для отсчитывания расстояний по рейке с делениями. С горизонтальной осью вращения трубы наглухо скреплен круг *V*, имеющий деления и вращающийся вместе с трубой. На горизонтальную ось трубы, с наружной стороны круга, надета алидада *A* с двумя нониусами по концам, удерживаемая при вращении трубы в неподвижном положении особым рычажком, опускающимся вниз и проходящим между двумя выступами, приделанными к колонкам. К этому рычажку прикреплен в горизонтальном положении цилиндрич. уровень *n-n*, ось к-рого параллельна линии, соединяющей нули двух нониусов алидады; по этому уровню линия нулей алидады м. б.



установлена в горизонтальное положение. Уровень *B* при линейке *L* служит для приведения планшета (мензульной доски) в горизонтальное положение. На линейке нарезан поперечный десятичный масштаб.

Во время работы К. передвигают по планшету рукой. Горизонтальные направления прочерчивают на планшете по скошенному краю линейки К. Круг и алидада, устанавливаемая горизонтально по уровню, дают возможность измерять углы наклонения, считаемые вверх и вниз (с + и с —) от горизонтальной линии, проходящей через линию нулей алидады. Для измерения угла наклонения наводят трубу пересечением визирных нитей на точку данного предмета и микрометренным винтом, проходящим сквозь один из выступов колонки и упирающимся в рычажок, приводят пузырек уровня при рычажке на середину и после этого делают отсчет по кругу (положим, при положении круга справа от трубы): Кр. П. ... 0°36′. Затем переводят трубу через зенит, переставляют алидаду на 180° и визируют на ту же

точку (при круге влево от трубы): Кр. Л. ... 359°58′. Угол наклонения

$$A = \frac{\text{Кр. П.} - \text{Кр. Л.}}{2} = +0°19'.$$

Верное положение нуля вертикального круга, или м е с т о н у л я,

$$M = \frac{\text{Кр. П.} + \text{Кр. Л.}}{2} = +0°17'.$$

Если М определено и не изменяется, то в дальнейшем можно измерять углы наклонения при одном положении круга. Например:

$$A = \text{Кр. П.} - M = 0°36' - 0°17' = +0°19'$$

или

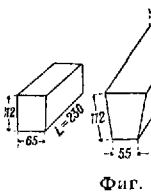
$$A = M - \text{Кр. Л.} = 0°17' - 359°58' = +0°19'.$$

Новейшие модели К. довольно разнообразны. В них усовершенствованы: а) т р у б а — внутренняя фокусировка короткофокусного объектива, благодаря чему длина трубы сокращается; б) к р у г — делается закрытым, деления нарезаны на внешнем крае, достигнута лучшая центрировка, а потому применяется один нониус с лупой, более удобно приспособленный для отсчитывания; в) п р и к р е п л е н и е к о л о н к и к линейке, допускающее микрометренное вращение колонки, и др. Заграничные образцы дают возможность сопряженного вращения трубы и особо приспособленной линейки, благодаря чему достигается возможность черчения профилей. В СССР, при массовом снабжении К., принят простейший описан. выше образец К.-дальномера - высотомера двух размеров—большого и малого. **О. Дитц.**

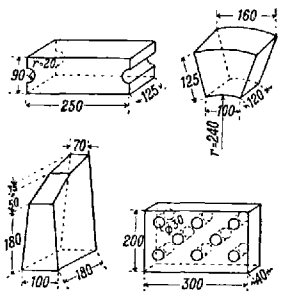
Лит.: см. *Мензула.*

КИРЗА (в полиграфии), техническое сукно, употребляемое для обтяжки печатных барабанов литографских машин. Сукно это должно удовлетворять следующим требованиям: быть совершенно ровным по толщине, не иметь узелков и обладать максимальной сопротивляемостью на растяжение. См. *Ткани технические.*

КИРПИЧ ОГНЕУПОРНЫЙ, кирпич, способный выдерживать действие высокой $t°$ ($1\,400 \div 2\,000°$) в течение нек-рого продолжительного времени, не плавясь, не разлагаясь и не размягчаясь при этом настолько, чтобы нарушить прочность кладки. Требования, предъявляемые к К. о., применяемому в различных топках и печах и даже в разных частях одной и той же печи, варьируют в широких пределах, причем развитие одного какого-либо качества нередко идет в ущерб другому (напр. плотность и термич. стойкость). Отсюда—необходимость подробной формулировки технич. условий отдельно для каждого рода тепловых установок. Главнейшие требования, предъявляемые к К. о., сводятся к след.: 1) высокая огнеупорность, 2) неразмягчаемость под нагрузкой в 2 *кг/см²* при высокой $t°$, т. е. сохранение хотя бы минимальной строительной прочности; 3) термическая стойкость, или устойчивость К. о. при резких и частых $t°$-ных колебаниях; 4) индиферентность в отношении химич. реагентов и наиболее слабая разъедаемость кирпича образующимися шлаками (шлакоустойчивость); 5) сохранение постоянства объема (отсутствие дополнительных усадки или расширения); 6) газонепроницаемость; 7) однородность состава и гомогенность структуры; 8) механич. прочность в холодном состоянии (по нормам Промстандарта СССР временное сопротивление на раздавливание д. б. не менее 125 *кг/см²* для динаса I кл. и не менее 90 *кг/см²*—для шамотного кирпича и динаса II кл.); 9) точность размеров и внешн. форм с сохранением острых углов и ребер (отклонение от размеров допускается $\pm 2\%$); 10) дешевизна.



Фиг. 1.

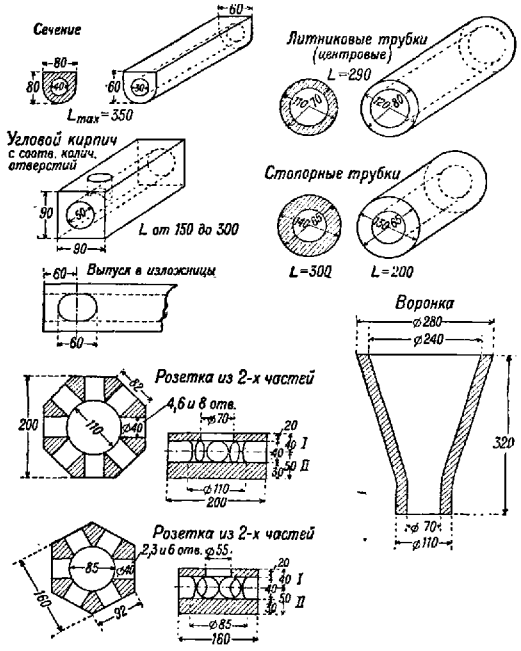


Фиг. 2.

К. о. делится по форме на: 1) нормальный стандартный (фиг. 1), имеющий следующие размеры (в *мм*):

	Большой размер	Малый размер
Обыкновенный	250×123×65	230×112×65
Сводчатый, клин	250×123×65×55	230×112×65×55
Сводчатый, ребро	250×123×65×55	230×112×65×55

2) фасонный—различного веса (от 0,1 до 15,0 *кг* и более) и самой разнообразной, подчас причудливой, формы для выкладки различных частей топок и печей (фиг. 2); 3) сифонный—для стальных отливок (фиг. 3).



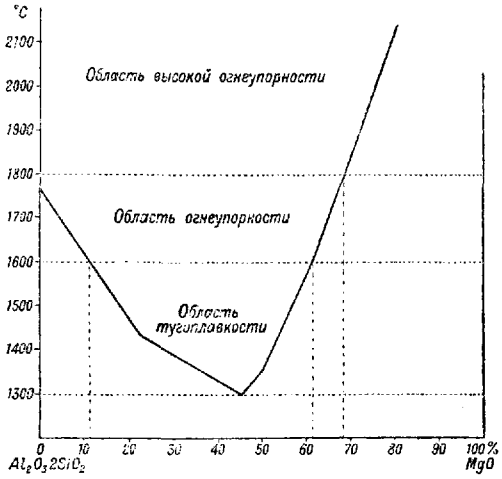
Фиг. 3.

По огнеупорности принято подразделение кирпичей на тугоплавкие с $t°_{п.д.}$ от 1 300 до 1 580°, огнеупорные с $t°_{п.д.}$ $1\,580 \div 1\,750°$ и высокоогнеупорные—выше 1 750°. Графически границы эти изображены на диаграмме плавкости магниеалюминиевых силикатов

Табл. 1. — Ориентировочный пятилетний план потребления и производства шамота и динаса в СССР (в *m*).

Годы	Емкость рынка			Производство по СССР			Недостаток или избыток
	шамот	динас	всего	шамот	динас	всего	
1927/28	488 000	154 000	642 000	490 000	99 000	589 000	−53 000
1928/29	555 000	173 000	726 000	551 000	145 000	696 000	−32 000
1929/30	631 000	205 000	886 000	595 000	201 000	796 000	−90 000
1930/31	725 000	245 000	970 000	721 000	243 000	964 000	+ 6 000
1931/32	900 000	305 000	1 205 000	883 000	307 000	1 190 000	−15 000
1932/33	1 020 000	380 000	1 400 000	1 030 000	383 000	1 413 000	+13 000
% прироста за пятилетие 1928/29—1932/33 гг.	209%	246%	218%	214%	387%	246%	—

(фиг. 4), из к-рой видно, что в зависимости от изменения химического состава смеси резко меняется и степень огнеупорности. По сте-



Фиг. 4.

пени плавкости Промстандарт СССР предусматривает деление огнеупорного кирпича на 4 класса:

Класс 0	$t°_{пл.}$	1 750°
» I	»	1 710°
» II	»	1 670°
» III	»	1 580°

Число материалов, относимых к огнеупорным, довольно велико, и они весьма разнообразны. Для классификации, исходя из рода сырья, их можно разбить примерно на следующие 10 групп:

I—кремнеземистый и кварцевый кирпич (динас);
II—алюмосиликатный (шамотный) и высокоглиноземистый (бокситовый, кианитовый, муллитовый, дюмортиеритовый и пр.);
III—кирпич из карбонатов щелочных земель (доломитовый и магнезитовый);
IV—группа змеевика и талька (асбест, тальковый камень, стеатит);
V—цирконовый кирпич;
VI—группа углерода и графита;
VII—карбиды и карборундовый кирпич;
VIII—хромитовый и шпинелевый кирпич;
IX—нитриды и бораты;
X—окислы церия, бериллия и тория.

Однако из всех этих 10 групп доминирующими огнеупорными материалами являются только первые три, а именно: шамот и динас и отчасти доломитовый и магнезитовый кирпичи, составляющие вместе свыше 95% всей продукции огнеупорных изделий. В последнее время с развитием и усложнением техники начинает развиваться применение и других огнестойких масс.

Потребление огнеупорных материалов в России до войны 1914—1918 гг. выражалось следующими цифрами:

	1912 год		1913 год	
Собствен. производство	538 000 *m*	88,9%	565 600 *m*	86,3%
Импорт	66 500 *m*	11,9%	90 100 *m*	13,7%
Всего	604 500 *m*	100%	655 700 *m*	100%

Современное положение и ближайшее развитие основной огнеупорной промышленности (шамота и динаса) видно из сопоставления следующих цифр (табл. 1) ориентировочного пятилетнего плана потребления и производства шамотного и динасового кирпича, вырабатываемого как на специальных заводах цензовой промышленности, так и в подсобных цехах предприятий СССР.

Импорт в СССР огнеупорных материалов приведен в табл. 2.

Табл. 2. — Импорт в СССР огнеупорных материалов (в *m* и тыс. руб.).

Наименование изделий	1927 г.		1928 г.	
	Количество	На сумму	Количество	На сумму
Огнеупорный кирпич	35 289	2 169	30 268	1 647
Фасонный кирпич для стекольной и металлургич. промышленности	10 134	630	22 966	1 269
Реторты и огнеупорные и графитовые тигли	303	167	224	115
Всего	45 726	2 966	53 458	3 031
Увеличение по сравнению с 1927 г.	—	—	17,04%	2,19%

Несмотря на намеченное громадное увеличение производства и потребления кирпича, наша промышленность все еще является отсталой по сравнению с передовыми капиталистическ. странами, каковы США (состояние промышленности в 1926 г. приведено в табл. 3) и Германия.

В Германии производство огнеупорн. изделий выражалось так: в 1894 г.—750 000 *m*, в 1914 г.—2 150 000 *m*, в 1924/25 г.—1 700 000 *m*. Средняя стоимость кладки из различных огнеупорн. материалов приведена в табл. 4.

Табл. 3.—Производство огнеупорных изделий в США в 1926 г.

Наименование изделий	Число з-дов	Продукция в *т*	Стоимость в тыс. руб.
Шамотный кирпич . . .	270	3 300 000	84 800
Динасовый кирпич . . .	31	850 000	27 250
Магнезиальный и хромитовый кирпич . . .	11	54 000	9 600
Карборундов. и другие огнеупорные изделия .	14	—	10 150
Огнеупорная масса . . .	59	77 500	4 800
Высоко глиноземистый кирпич (40% Al_2O_3) . .	14	9 500	2 000
Итого . . .	399	4 321 000	138 600
Огнеупорная глина . . .	250	480 000	5 400
Всего . . .	649	5 801 000	144 000

Табл. 4.—Средняя стоимость кладки из различных огнеупорных материалов (по герм. данным).

Наименование огнеупорных материалов	Вес 1 *м*³ кладки в *кг*	Цена за 1 *кг* в руб.	Стоим. 1 *м*² кладки	
			абсолютная, в руб.	в %-ном отношении к динасу
Динас	1 900	0,04	85	100
Шамот	1 900	0,033	75	88
Магнезит	2 900	0,12	380	447
Хромит	3 150	0,11	365	429
Силиманит	2 350	0,16	390	450
Карборунд	2 570	0,40	1 040	1 220

Цены в СССР на К. о. франко завод-отправитель в зависимости от района производства колеблются в следующих пределах (в руб. по данным 1928/29 г.):

	Центральный район	УССР
Шамотный кирпич:		
нормальный за 1000 шт.	106—138	150—170
фасонный за *т* . . .	60— 80	—
сифонный » . . .	50— 57	—
Динас за *т*	—	50

К концу пятилетки намечено снижение себестоимости на 37%.

Производство К. о.—см. *Динас*, *Шамотный кирпич*.

Лит.: Мыслин А. Д., Элементарная технология огнеупорных материалов, М., 1923; Шварц Р., Огнеупорные и высокоогнеупорные материалы, Л., 1926; Литинский Л., Шамотный и кварцевый кирпич, их свойства, применение и испытание, М., 1927; Будников П. П., Огнеупорные материалы (печат.); Searle A. B., Refractory Materials, their Manufacture and Uses, 2 ed., L., 1924; Clays Products Cyclopaedia, N. Y.—Chicago, 1929. **П. Юдинсон.**

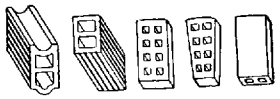
КИРПИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, относится к группе керамическ. производств, изделия которых характеризуются сильно пористым окрашенным черепом и грубым землистым изломом. В эту группу входят не только обыкновенный строительный кирпич, но и кровельная черепица, дренажные трубы, архитектурная терракота, полый и пористый кирпич.

Виды и сорта кирпича. Обыкновенный строительный, или красный, кирпич получается путем обжига «сырца», сформованного из глины или из ее смеси с песком. Важнейшими свойствами кирпича как строительного материала являются: правильность формы и размеров, механич. прочность, морозостойкость и малая теплопроводность. Кирпич не должен иметь трещин, к-рые могли бы способствовать его разлому. В зависимости от степени обжига получаются 4 сорта кирпича из одного и того же сырца: при недожоге—алый с большою пористостью и сравнительно малой механическ. прочностью и морозостойкостью; при нормальном обжиге—красный обыкновенный кирпич со средними величинами пористости, механич. прочности и морозостойкости; при повышенном обжиге—облицовочный кирпич умеренной пористости и значительной механич. прочности; при обжиге до спекания—клинкерный кирпич (см. *Клинкер*). В условиях обыкновенного обжига часть кирпича, находящаяся вблизи топок и подвергающаяся поэтому высокому обжигу до размягчения, сильно деформируется под тяжестью вышележащих рядов насадки. Получающийся при этом кирпич носит название железняка. Современная стандартная классификация, принятая в Европе и США, различает следующие 4 рыночных сорта кирпича: 1) сильно спекшийся кирпич—клинкер или железняк, 2) крепко обожженный, или облицовочный кирпич; 3) обыкновенный стенной кирпич I сорта и 4) слабо обожженный стенной кирпич II сорта. Подобное разделение сортов кирпича предполагается ввести и в СССР при пересмотре существующего стандарта ОСТ 101.

Облицовочный кирпич в большинстве случаев применяется для одежды наружных частей зданий и инженерных сооружений (в этом случае они не защищаются штукатуркой) и для особо ответственных внутренних частей зданий. Он служит также для устройства полов в заводских помещениях, для выстилки тротуаров и пешеходных дорожек во дворах и т. п. Стенной кирпич I сорта применяется для кладки наружных стен под штукатурку их, а также для внутренних частей зданий, несущих повышенную нагрузку. Стенной кирпич II сорта применяется для заполнения стенных проемов каркасных сооружений, для кладки на извести или по глине стен неответственных и некрупных построек, а также для кладки обогревательных печей, за исключением их топочных пространств. Для кладки выступающих наружу частей стен, карнизов, пилястров, поясков и т. д., хотя бы и под штукатурку, этот сорт кирпича не допускается. Кирпич пережженный (железняк) может применяться в качестве водонепроницаемых облицовок в подземных или подвальных частях сооружений, в канализационных устройствах и т. д. Кирпич с опасными для механической прочности трещинами и половняк находят применение только для совершенно неответственных частей, напр. для отепления черных полов и чердаков (смазка), для перегородок, не несущих нагрузки, для устройства постели подвыстилку полов из облицовочн. или клинкерного кирпича, для бучения фундаментов и т. д.

Специальные виды кирпича. Полый, или пустотелый, кирпич (фиг. 1) при-

меняется для выкладки стен и проемов, не несущих ответственной нагрузки, для междуэтажных перекрытий, для декоративной облицовки зданий, для выкладки карнизов, оконных и дверных выступов и т. д. Главнейшие преимущества этого вида кирпича по сравнению с обычным кирпичом заключаются в его малом весе, большей прочности и в лучшей тепловой и звуковой изоляции. Для дымовых труб или вентиляц. каналов изготовляются специальные фасонные кирпичи крупных размеров. Полый кирпич под названием «Hourdis» достигает 1 *м* длины и имеет несколько (2—8 и больше) каналов в один или в два ряда (фиг. 2). Толщина стенок таких камней составляет 6—7 *мм*.



Фиг. 1.

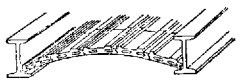
Пористый, или легковесный, кирпич отличается малым кажущимся уд. в., к-рый м. б. даже меньше 1,0. Он применяется для заполнения фахверка, каркасных железобетонных сооружений, для звуконепроницаемых тонких и легких перегородок и т. д., а также во всех случаях, когда требуется максимальная теплоизоляция. Он изготовляется из смесей глины с органич. тонко измельченными выгорающими добавками, как то: древесными опилками, порошкообразным углем, коксом, торфом, а также трепелом (см. *Трепел*). Пористый, легковесный кирпич изготовляется в размерах обычного кирпича или же в виде специальных фасонных камней, плит и т. д.

Физические свойства кирпича. Уд. в. обыкновенного красного кирпича составляет 2,4—2,6; объемн. в.—1,75—2,0 *г/см*³. Вес кирпича стандартного размера 250 × 120 × 65 *мм* составляет 3,5—3,9 *кг*; вес кирпича старого формата, 6 × 3 × 1,5 вершка,—около 4,0 *кг*. В 1 *м*³ стенной кладки помещается ок. 400 штук стандартного кирпича. Теплоемкость красного кирпича при 17—100° составляет, по данным Ф. Зингера, 0,189—0,244. Теплопроводность приведена в табл. 1, стандартные свойства—в табл. 2.

Табл. 1.—Теплопроводность различных видов кирпича.

Наименование кирпича	Кажущийся уд. в.	Теплопроводность при $t°$	Теплопроводность $\lambda = \frac{Cal \times м}{м^2 \times час \times °C}$
Красный кирпич, $t°_{п.}$ 1 350° . . .	1,788	50	0,53
Красный кирпич, соверш. сухой .	1,62	0	0,41
Красный кирпич, влажн. 1,8% . .	1,62	0	0,82
Кирпичная кладка, совершенно сухая	1,85	20 47	0,349 0,382
Кирпич, сильно пористый . . .	0,81	20	0,17

Сырье кирпичного производства. Основным сырьем К. п. служат обыкновенные поверхностные глины (см. *Глина*). Они отличаются легкоплавкостью, неоднородностью отдельных слоев, часто содержат различные грубые включения и после обжига при 950—980° дают грубо пористый, но достаточно прочный в механическ. отношении череп. В особенности пригодными для К. п. являются глины умеренно пластичные, т. е. достаточно отощенные от природы и потому требующие умеренного добавления задельной воды (до 16—18%) и сравнительно легко размокающие. Очень трудными в производстве оказываются, наоборот, глины тончайшего, плотного сложения, жирные и вязкие на-ощупь, очень медленно и в большом количестве поглощающие воду и дающие весьма значительную усадку при высыхании. Кирпичный сырец, приготовленный из таких глин, содержит не меньше 20—25% задельной воды, дает воздушную усадку в 10% и более и требует весьма медленного и осторожного просушивания. Шиферные глины, обладающие очень плотн. и твердым строением, незначительной природной влажностью, размокающие с трудом или совсем не размокающие, могут обрабатываться лишь посредством сухого формования (см. *Керамическое производство*). Химический состав кирпичных глин изменяется в очень широких пределах; существенного значения состав глин не имеет, и поэтому анализы их производятся редко.



Фиг. 2.

Окраска сырой глины зависит от содержания в ней соединений железа и органическ. веществ, реже марганца и титана. Присутствие органич. веществ сообщает глине темные оттенки—серый, черный, синий. Соединения железа окрашивают глину в коричневый, красный или желтый цвета, в зависимости от их формы и количества. Зеленый цвет сообщается глине силикатом железа, а в нек-рых случаях глауконитом.

Пластичность кирпичных глин изменяется в весьма широких пределах в зависимости от песчанистых примесей. Различают три основных типа кирпичных глин. а) Глины высокой пластичности, весьма «жирные», обладают большой вязкостью, с трудом размокают в воде и поглощают ее при этом в очень большом количестве. Такие глины требуют при К. п. значительной добавки песка или тощей, песчанистой глины. При этом, в силу их вязкости, они лишь с трудом перемешиваются с отощающими добавками. Это смешение становится возможным лишь при условии значительного размачивания пластическ. глины и тщательной длительной механической обработки. В производствах не очень крупного размера такие глины подвергаются предварительному вымораживанию или «зимованию». В крупных производствах процесс вымораживания м. б. заменен усиленной механич. обработкой смеси при соответствующем добавлении воды. б) Глины средней пластичности требуют меньшей добавки отощающего материала в виде песка и сравнительно легче перемешиваются с тощими сортами глин, требуя и меньшей добавки воды. Такие глины дают меньшую усадку при сушке. в) Умеренно пластичные глины, тонко отощенные от природы, легко

Табл. 2.—Стандартные свойства кирпича.

Страны и сорта	Сопротивление на сжатие, *кг/см²*	Сопротивление на изгиб, *кг/см²*	Пористость (холодное водопоглощение), %	Размеры, см	Испытание на морозостойкость
Австрия—1925 г.					
Hartbrandziegel . . .	300	50	Не более 8	25×12×6,5	25-кратное замораживание до −10°
Gew. Mauerziegel . .	120	25	Не менее 8	29×14×6,5	
Schwachbrandziegel .	Менее 120	Менее 25	—		
США—1919/20 г.					
Vitrified brick	351 (миним. 281)	84 (миним. 56)	Не более 5 (макс. 6)	20,3×9,5×5,7 ($8\times3^3/_4\times2^1/_4$ дм.)	
Hard brick	246 (миним. 176)	42 (миним. 28)	5—12 (макс. 15)		
Medium brick	141 (миним. 105)	32 (миним. 21)	12—20 (макс. 24)		
Soft brick	70 (миним. 56)	21 (миним. 14)	20 и более		
Германия—1922 г.					
Klinker	350	Не испытывается	Не более 5	25×12×6,5	25-кратное замораживание до −4°
Hartbrandziegel . . .	250		Не более 8		
Mauerziegel, 1 Klasse	150		Не менее 8		
Mauerziegel, 2 Klasse	100 (Ниже 100 не должен именоваться строительным кирпичом)				
Франция (ныне действ.)					
1 сорт:					
Облицовочный . . .	225	Не испытывается	Не более 12	22×10,5×6	25-кратное замораживание до −15°
Для наружных работ	200				
Для внутренних . .	80				
СССР — ОСТ 101 (с 1 мая 1928 г.)	А. Воздушно-сухой	Б. Насыщ. водой			
Особо ответственный	Не менее 120	Не менее 90	Не испытывается	8—20	25×12×6,5	25-кратное замораживание до −17°
Обычный	Не менее 80	Не менее 60			
По соглашению . . .	50—80	40—60			

размокают и легко отдают воду при высушивании; они легко перемешиваются и легко поддаются формованию. Их воздушная усадка значительно меньше, чем у жирных глин. Оба последних типа являются наиболее пригодными для К. п.

Механич. анализ имеет задачей установление сравнительной тонкости частиц, составляющих глину. Для кирпичных глин он выполняется чаще всего посредством применения набора сит с размером отверстий от 0,07 до 0,2 *мм*. Для более точного определения механич. состава применяются приборы Шене, Шульце, Сабинина и др.

Воздушная усадка. Изменение пластичности, связанное с содержанием чрезвычайно тонких частиц, с присутствием коллоидальных примесей и с различной влагоемкостью глин, выявляется в значительных колебаниях размеров воздушной усадки. По американским данным, количество задельной воды, потребной для образования легко формующейся тестообразной массы, изменяется в пределах от 13,2 до 40,7% от веса массы, а воздушная усадка—от 0 до 13% для линейных размеров свежеприготовленных образцов.

Пористость кирпичных глин определяется как объем пор, выраженный в % от общего объема глины и находящийся в зависимости от величины и формы частиц, образующих глиняную массу. Пористость обожженной глиняной массы определяется напитыванием ее водой на холоду или при кипячении, а сухого образца—бензином.

Механическая прочность. Механич. прочность пластически обработанной и затем высушенной глиняной массы является очень важным свойством, определяющим сохранность сырца при формовании, укладке, транспорте и сушке. Механич. прочность увеличивается вместе с тонкостью частиц глины и ее пластичностью. H. Ries, изучавший большое количество америк. кирпичных глин, дает следующие предельные значения прочности их: сопротивление на излом 3,5—105,5 *кг/см²* и сопротивление на разрыв от 4,5 до 36,0 *кг/см²*. Для испытания на излом образцы глины изготовляются в виде брусков, на разрыв—в виде восьмерок.

Нормально обожженный кирпич из обычных глин обязан своим ярким красным цветом окислительной атмосфере пламенных газов (закисные соединения железа превращаются в окисные) в начальной стадии обжига. Высота обжига кирпича определяется моментом, когда глиняная масса, постепенно нагретая, приобретает достаточн. степень механической прочности, пористости и морозостойкости. Обычно этот момент соответствует $t°$ печного пространства в 900—980°. Величина огневой усадки у кирпичной глины не особенно большая и зависит, прежде всего, от количества и качества тех примесей, которые дают легкоплавкие сплавы. Присутствие извести наряду с окислами железа и щелочами (полевой шпат) очень часто способствует более раннему размягчению кирпичной глины и приводит к очень большой огневой усадке. Такие глины легко пережигаются и дают повышенное количество брака в виде так наз. железняка. См. *Глина* и *Спр. ТЭ*, т. III. **В. Юрганов.**

Изготовление кирпича.

I. Добыча глины. Кирпичные глины обычно залегают неглубоко, и их добыча ведется открытыми работами вручную или при помощи машин. Выбор способа добычи определяется многими обстоятельствами. Величина производства, размер глиняной залежи, объем вскрыши, количество и качество отдельных пластов глины—все эти обстоятельства учитываются при проектировании карьерной разработки глины. Добыча глины вручную имеет преимущество в случае незначительной производительности кирпичного завода. В крупн. предприятии она может иметь смысл лишь при малой мощности глиняной залежи (до 1,5 *м*). Ручная добыча неизбежна также в тех случаях, когда требуется разделение добываемой глины на сорта применительно к ее отдельным слоям. Последнее бывает необходимо, если параллельно с К. п. изготовляются другие виды изделий. О способах добычи глины см. *Разработка полезных ископаемых*.

При проектировании карьерной разработки глины необходимо учитывать то обстоятельство, что в низких местах карьера может накапливаться вода. Для откачивания ее наиболее подходящими считаются центробежные и мембранные насосы, а в случае наличия дешевого пара—пульзометры. Обычные клапанные насосы, поскольку приходится иметь дело с очень грязной водой, не могут применяться. Глина из карьера доставляется на завод тачками или вагонетками. Первый способ применяется в небольших производствах (не свыше 10 000 кирпичей в день) при доставке глины на небольшие расстояния (25 — 100, редко до 150 *м*) и в тех случаях, когда путь следования глины часто перемещается. В средних и крупных предприятиях доставка глины производится в вагонетках по узкоколейным ж.-д. путям. Вагонетки на з-дах СССР изготовляются почти исключительно для узкой колеи 750 *мм*, редко—для колеи 500, 600, 1 000 *мм*. Такие вагонетки строятся обычно с опрокидными койками. Емкость вагонеток для ручного передвижения берется в 0,50—0,75 $м^3$; при конной или механич. тяге—от 1 $м^3$ (стандартный тип) до 2,5 $м^3$, редко—выше. С помощью тачки один рабочий перемещает на горизонтальном участке 75—80 *кг* со среднею скоростью 0,6 *м/сек*, тогда как с помощью вагонетки 700—750 *кг* со среднею скоростью 0,4—0,8 *м/сек* в зависимости от дальности возки. Ручная возка вагонеток возможна при небольших уклонах, не превышающих 0,01; в исключительных случаях, при малых вагонетках допустим уклон в 0,05; конная тяга применима при уклонах от 0,02 до 0,05. При значительных уклонах (свыше 0,10) применяют канатную или цепную тягу помощью лебедок (см. *Доставка рудничная*). Но такой способ требует двойной длины каната и двойного пути. При значительной удаленности карьера, наряду с ж.-д. путями, находят применение подвесные рельсовые дороги, с ручною, электрическ. и канатной тягой. В последние годы весьма широкое распространение получают подвесные канатные дороги (см. *Подвесные дороги*) для равномерной подачи значительных количеств сырья (не менее 6 *т* в 1 ч.) по территории, на которой невозможно или дорого проведение ж.-д. путей. Производительность канатной дороги м. б. доведена до 200—250 вагонеток в час при емкости каждой вагонетки 200—600 *кг* глины. Канатная дорога применяется при расстояниях от 0,5 до 5 *км*, а в редких случаях даже больше. Вагонетки на канатной дороге применяются опрокидные (чаще) или с раскрывающимся днищем. Для целей подъема сырой глины в направлениях, близких к вертикали, может служить одноковшовый подъемник. Ковш расположен на четырех катках и поднимается канатом по направляющим под углом в 60—80° и даже несколько больше к горизонту. Опрокидывание ковша автоматическое. Подъемник обслуживается обыкновенно одним человеком, хотя возможно применение вполне автоматическ. подъемника. Табл. 3 иллюстрирует экономическую целесообразность применения различных способов перемещения глины, с учетом эксплоатационных расходов, амортизации, ремонтов и пр. В таблице (см. ниже) приведены относительные величины, причем стоимость тачечной возки принята за 100. **С. Дьяконов.**

II. Изготовление сырца. Существуют два способа изготовления кирпича: пластический, или мокрый, и сухой. По первому, наиболее употребительному способу кирпич формуется вручную или механически, при сравнительно небольшом давлении, из глины или из смеси глины с песком, превращенной в тестообразную массу. Последняя имеет бо́льшую влажность, чем свежедобытая глина, а именно—от 18 до 22% и выше. При сухом способе сырец формуется при помощи прессов большого давления из рыхлой порошкообразной массы с влажностью от 2 до 10%. Существенными недостатками мокрого способа являются: а) необходимость добавления значительного количества воды к глине для превращения ее в пластическую массу; б) связанная с этим необходимость сушки сырца; в) большая усадка сырца во время обжига и, следовательно, уменьшение использования емкости печи; г) трудность равномерного увлажнения глины; д) воз-

Табл. 3. — Стоимость передвижения глины различными видами транспортного устройства (в относительных величинах).

Род транспорта	2 *т/час*						5 *т/час*						10 *т/час*					
	Длина транспортирования, *м*						Длина транспортирования, *м*						Длина транспортирования, *м*					
	15	25	50	100	200	1 000	15	25	50	100	200	1 000	15	25	50	100	200	1 000
Конная тяга по обыкновенной дороге	—	—	60,5	30,8	15,4	3,08	—	—	24,1	12,3	6,15	2,12	—	—	12,3	6,15	3,08	2,02
Тачки	100	60,5	32,7	18,3	18,3	—	39,4	24,1	15,4	15,4	15,4	—	20,2	15,4	15,4	15,4	15,4	—
Узкоколейные вагонетки, опрокидные с ручной тягой	97,2	59,0	30,6	15,4	8,55	—	39,1	23,7	12,3	6,15	4,32	—	19,5	11,8	6,15	4,05	3,95	—
То же, с конной тягой	—	146	74	38,4	20,4	6,25	—	58,5	29,6	15,4	8,2	2,5	—	38,2	14,8	7,7	4,05	1,54
То же, с электрической тягой	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30,4	16,5	9,15	5,4	1,95
То же, с канатным приводом	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,0	8,0	4,9	1,95
Подвесные канатные дороги	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20,4	6,35	—	—	—	—	11,5	3,35
Перемещение скребками	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21,8	16,5	12,1	10,1	—	—
Перемещение ленточными транспортерами	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23,7	16,2	10,6	7,9	6,64	—
Перемещение шнеками	35,3	26,9	22,1	19,2	—	—	24,3	20,8	17,7	16,5	—	—	18,6	15,0	12,9	12,7	—	—

можность деформации сырца при передвижении к сушилкам и во время сушки. При сухом способе, давно уже применяющемся к так называемым шиферным, т. е. мало влажным, твердым и непластичным глинам сушки сырья не требуется.

Мокрый способ. А) Ручное производство. Глина для ручной формовки замачивается водой и проминается для получения б. или м. однородного теста ногами или при помощи глиномяток. На небольших, кустарных заводах с производительностью до 50 000 шт. кирпича в сезон эта операция производится в ямах, или т. н. месилах. В земле вырывают углубления, площадью ок. 3×2 или 3×3 *м* и глубиной около 1,0 *м*. Дно и стенки выкладываются кирпичом или забираются деревом. В яму засыпается слой глины высотой ок. 0,3 *м*, разравнивается лопатой, причем отдельные комья глины разбиваются, и вся масса поливается водой. Затем насыпается второй слой, и повторяются те же операции. При очень жирных глинах на 1 объем глины расходуется до 0,5 объема воды, при тощих—до 0,12 объема. Замачивание глины в случае предварительного ее вымораживания длится от половины до одних суток; при жирных, трудно распадающихся в воде,—до 2—3 суток. Если мятье глины производится в особых ямах, то непосредственно вблизи места формовки кирпича делают квадратную яму, или ток, размером 3×3 *м* и глубиной 0,5—0,7 *м*. Стенки ямы, выложенные, как и дно, из кирпича или из дерева, выводят на 0,5 *м* выше уровня земли. По верху стенок укладывают по два бруса, скрещенные между собой в центре «тока» и служащие опорами для мнущих глину рабочих. Глину, предварительно замоченную в месилах, забрасывают в яму в виде слоя не более 0,4 *м* и, в зависимости от ее свойств, к ней добавляют грубо просеянный через грохот песок. Разминание производится босыми ногами, причем рабочий, переступая с ноги на ногу, несколько раз проходит ток вдоль и поперек. При этом он выбирает гальку и другие включения и поливает глину водой. Продолжительность мятья глины зависит от ее свойств. Готовая глиняная масса д. б. совершенно однородной, хорошо промешанной, неслоистой. Затем масса подается на формовочный стол, где она иногда подвергается дополнительной обработке, т. н. сечению, которое заключается в том, что масса, разложенная на столе слоем ок. 0,25 *м*, околачивается тупым деревянным бруском в разных направлениях. На нек-рых заводах применяют мятье глины лошадьми и волами. В смысле производительности мятье ногами животных более выгодно, однако контроль за качеством проминания в этом случае гораздо труднее. Мятье в этом случае производится на току кольцеобразной формы, глубиной 0,5—0,7 *м*. Внешний диаметр круга около 6 *м*, а внутренний около 5 *м*. По этому кольцу прогоняется лошадь или вол. Рабочий время от времени перелопачивает массу, выравнивает ее и выбрасывает примеси. Часто практикуется комбинированный способ мятья глины, т. е. для предварительного разминания массы применяется мятье животными, а затем глину переносят на квадратный ток для ножного проминания.

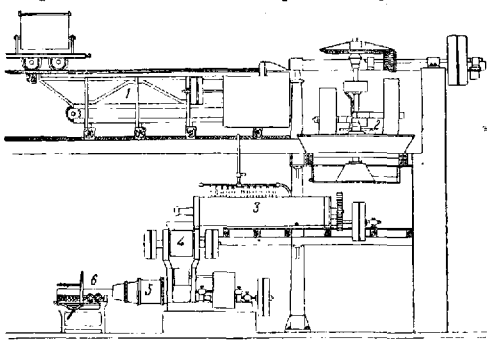
В более крупных производствах масса увлажняется и разминается при помощи вертикальных глиномяток, приводящихся в движение конной или механической тягой (см. *Глиномятки*).

Формовка кирпича происходит на открытой утрамбованной площадке, т. н. полянке, или под навесом. В зависимости от свойств глины и местных условий применяются два основных способа формовки кирпича: 1) формовка при помощи формы со дном (поддонный способ), осуществляемая преимущественно под открытым небом, и 2) формовка при помощи формы без дна (пролетки), производимая обычно под навесом. Первый способ применяется при тощих мягких глинах, легко заполняющих форму (напр. глины окрестностей Ленинграда). Формовка производится в железных или деревянных, обитых поло-

совым железом, формах, вмещающих один или несколько кирпичей. Для лучшего отставания кирпича от формы последнюю предварительно смачивают водой и посыпают песком. Песок кроме того предохраняет кирпич при сушке от действия ветра и солнца. Формовщик, или порядовщик, берет ком глиняной массы, несколько больший, чем нужно для кирпича, уминает его на столе руками, придает ему приблизительную форму кирпича и с силой забрасывает в лежащую на столе форму. Форму ударяют затем по столу для лучшего ее заполнения, а остаток массы срезают сверху деревянным ножом. Затем форму опрокидывают, и кирпич выкладывают на утрамбованную ровную землю или, в случае формовки под навесом со стеллажами, на деревянную доску, к-рая, по мере ее заполнения, укладывается на стеллажи для высушивания сырца. Второй способ применяется преимущественно для плотных, жирных и вязких глин. При этом деревянные формы без дна смачиваются водой, но не посыпаются песком. Масса в виде заранее подготовленного призматич. бруса с силой забрасывается в лежащую на доске форму, а затем, в зависимости от свойства глины и местных условий, уплотняется руками, пяткой ноги («поднятный» прием, распространенный в Тамбовской губ.), а также деревянным молотком—чекмарем или железным листом—нажимом («чекмарный» и «нажимной» приемы, применяемые в Тульской губернии). Средняя норма выработки кирпича до 1914 г. (11—12-часовой день) составляла 1 500 шт. в день, максимальная—до 2 500, а минимальная (для женщин)—600—1 000 шт. В Германии 1 рабочий с одним относчиком за 12 час. работы при ординарной форме изготовляет до 3 000 — 4 000 штук кирпича размером 250 × 125 × 65 *мм* и до 6 000 штук при двойной форме. Примитивная техника ручного производства связана однако с целым рядом существенных трудностей и неудобств. При очень жирных глинах подготовка рабочей массы при помощи конной глиномятки оказывается совершенно недостаточной. Такие глины требуют обильного добавления песка и воды, которая при сравнительно быстром продвижении массы через машину не успевает равномерно пропитать всю массу жирной глины, лишь очень медленно поглощающей воду. В результате, лента, выходящая из глиномятки, получает слоистое строение. Последнее особенно резко выявляется при просушивании сырца, когда отдельные слои его, содержащие различно увлажненную и отощенную глину, дают неравномерную воздушную усадку. Прибавление отощающего материала в виде мелкозернистого песка, необходимое в случае жирных глин, требует, в свою очередь, усиленной механич. переработки глиняной массы, с трудом осуществляемой в конных глиномятках. Залитая водой и выдержанная некоторое время (1—3 суток) жирная глина размягчается и легко уже поддается перемешиванию. Вследствие неоднородности отощения, смешения и увлажнения глиняной массы воздушная и огневая усадки кирпича меняются в широких пределах. Излишек воды кроме того способствует короблению и растрескиванию сырца при сушке и обусловливает значительное отклонение готового кирпича от стандартных размеров в сторону уменьшения последних.

А. Фреберг.

Б) Механизированное производство. Подбор оборудования для приготовления рабочей массы зависит здесь от свойств глиняного сырья, от заданной производительности и от способа производства. Производительность определяется в $м^3$ или $т$ глиняной массы, пропускаемой машинами в течение часа, или в тысячах шт. кирпича. В случае переработки глины умерен. пластичности, б. или м. однородной в залежи, сравнительно легко размокающей и перемешивающейся, подбор необходимого оборудования только для перемешивания является несложным делом. Необходимость усложнения производственного оборудования возникает при увеличении пластичности и вязкости глины, с одной стороны, и при наличии твердых посторонних включений, с другой стороны. Для превращения жирных глин с добавкой тощих глин или песка в однородную рабочую массу требуется добавление воды. Однако в условиях весьма быстрого прохождения сырого материала через машинный агрегат напитывание водой жирной вязкой глины может иметь место лишь при взаимодействии машин, разрывающих крупные куски на мелкие части (зубчатые вальцы) и растирающих измельченные и увлажненные куски вязкого материала (гладкие вальцы и мокрые бегуны). Механическ. выделение особенно крупных включений требует применения



Фиг. 3.

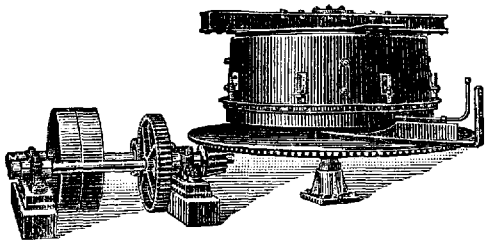
специальных вальцовых устройств. Важнейшие разновидности глиняного сырья и соответствующие им типовые агрегаты машинного оборудования приведены в табл. 4.

1. Подача сырья. Принцип непрерывности производственного процесса осуществляется в крупном К. п. механизацией подачи сырья, разрезания глиняной ленты и направления сырца в сушильное устройство. Для равномерной подачи глиняного сырья на машины служат т. н. автоматич. подаватели (Beschicker). В К. п. применяется два типа подавателей: круглые (фиг. 4) и ящичные—большой емкости (фиг. 5). Первый тип подавателей состоит из низкого клепаного цилиндрич. кожуха, устанавливаемого достаточно близко на регулируемой высоте над вращающимся диском—тарелкой большого диаметра. Достаточно однородный материал глины загружается в этот цилиндрич.

Табл. 4.—Подбор агрегатов в зависимости от глиняного сырья в кирпичном производстве.

Характеристика глин	Состав машинного агрегата
Глина умерен. пластичности; не очень плотная и вязкая, без грубых включений, однородная. Вода, если и добавляется, то в небольшом количестве. Добавления песка не требуется	1. Подаватель 2. Вертикальная глиномятка или горизонтальный ленточный пресс с мундштуком. Последняя машина иногда с одной парой гладких вальцов 3. Резательный стол
Неоднородная залежь. Степень отощения, вязкость и влагосодержание различны. Без грубых включений. Особенно жирная и вязкая глина в смеси отсутствует. Добавления песка не требуется	1. Подаватель 2. Гладкие или рифленые вальцы 3. Часто корытная глиномятка с увлажнением; ставится короткий, открытый или закрытый, тип 4. Гладкие вальцы 5. Ленточный пресс с мундштуком 6. Резательный стол
Глина жирная, плотного сложения, медленнее размокающая в воде, вязкая. Без грубых включений. Требуется добавление песчаной глины или песка и воды	1. Подаватель 2. Рифленые вальцы 3. Корытная глиномятка с увлажнением. Укороченный, открытый или закрытый, тип 4. Одна или две пары гладких или комбинированных вальцов 5. Ленточный пресс с мундштуком 6. Резательный стол
То же. Плотность и вязкость глины весьма высоки. Песок добавляется в большом количестве (до 30%), или смешиваются глины разной вязкости и степени увлажнения. Вода добавляется в большом количестве	1. Подаватель 2. Мокрые бегуны с решетчатой тарелкой 3. Корытная глиномятка с увлажнением. Удлиненный, закрытый или открытый, тип 4. Две пары гладких или комбинированных вальцов 5. Ленточный пресс с мундштуком 6. Резательный стол Примерный вид установки см. фиг. 3.
Глины различного сложения, но с содержанием грубых каменистых включений	Для удаления крупных камней после подавателя устанавливаются камневыделительные вальцы. Для измельчения менее твердых и крупных включений устанавливается затем добавочная пара гладких вальцов с узкой щелью, а в случае присутствия дутиков — мокрые бегуны с решетчатой тарелкой

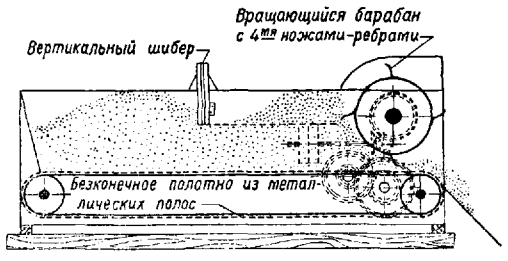
кожух опрокидыванием вагонетки или тачки. Вращательным движением тарелки глина выводится за стенку кожуха через специальный вырез или через кольцевую щель между цилиндром и тарелкой. Для лучшей подачи глины внутри кожуха вместе с тарелкой вращаются мешальные ножи. Количество выпускаемого материала регулируется упорным ножом, укрепленным в кожухе у выходного отверстия подавателя. В результате материал идет с тарелки непрерывной равномерной струей в приемное отверстие ниже расположенной машины. Диаметр цилиндрической части равен 1 200—1 600 *мм*; емкость—0,5—1,5 $м^3$; производительность—7—11 $м^3$ глиняной массы в час при расходе 1—3 HP на 1 000 штук кирпича. В случае тонкой дозировки нескольких сортов глин устанавливается параллельно соответствующее число круглых аппаратов. Ящичный подаватель состоит из металлического, а иногда и деревянного удлиненного ящика, подвижное дно к-рого представляет бесконечную транспортирующую ленту из металлич. ткани или из гибко соединенных



Фиг. 4.

между собой железных полос, движущуюся на роликах. Поперек ящика сделаны 1 или 2 шибера для регулирования высоты транспортируемой массы. В выходном конце ящика вращается вал с билами, которые непрерывно и равными порциями отделяют и увлекают материал по всей толщине, чем достигается и правильная дозировка различных сортов материала. В нек-рых подавателях устраивают вместо одной две или три транспортирующие ленты. Длина ящичн. аппаратов 2—7 *м* при общей высоте 1,0—1,2 *м* и при полезной ширине ленты 0,8—1,0 *м*. Производительность 1 000—8 000 штук стандартного кирпича в час при расходе 1—7 HP. Скорость движения ленты около 0,3 *м/мин*.

2. Измельчение кусков. Для измельчения сухой глины в порошок и для разминания влажных, не очень жирных глин

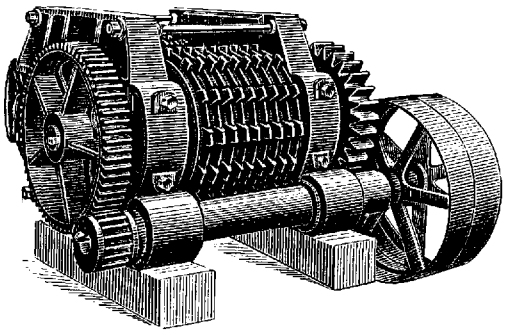


Фиг. 5.

применяются чаще всего вальцы (см. *Дробилки*) с гладкой цилиндрич. или конич. поверхностью. При грубом помоле щель между валками—3—5 *мм*, а при тонком—1—3 *мм*. В больших производствах применяется сдвоенная установка, которая состоит из двух пар таких вальцов, причем щелевой просвет верхней пары устанавливается более широким. Достаточно узкий просвет нижней пары весьма существенен, в особенности в тех случаях, когда в глине присутствуют известковистые включения (дутики). Вальцы для

переработки мягких материалов, в том числе и глины, как правило, изготовляются несколько более широкими, чем при измельчении твердых материалов.

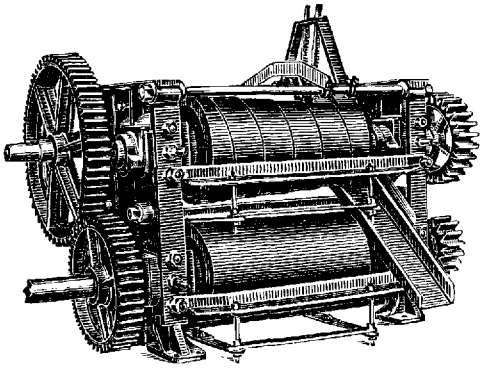
Рифленые и зубчатые вальцы (фиг. 6) применяются для твердых неластич. (шиферных) или, наоборот, очень влажных и вязких глин. Глина, попадая между зубьями, раздробляется на мелкие куски. Иногда применяется установка, состоящая из двух пар



Фиг. 6.

вальцов: одной—рифленой, а другой—гладкой, или обеих рифленых.

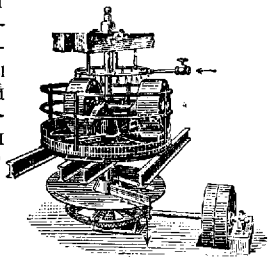
Камневыделительные вальцы (фиг. 7) для удаления особенно крупных включений состоят из двух широких, слегка конич. вальцов, сравнительно малого диаметра, поверхности которых образованы закрученной по спирали широкой лентой (от 4 до 6 витков).



Фиг. 7.

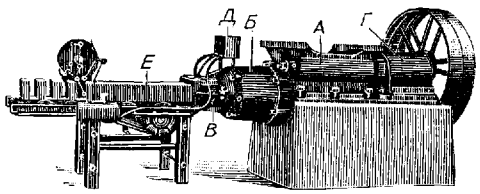
Находящиеся в глине камни или другие твердые предметы, попадая на такие вальцы, скользят по спиральной, слегка наклонной поверхности и выводятся затем наружу при помощи наклонного лотка. Такие вальцы обычно устанавливают в начале производственного агрегата за подавателем.

Мокрые бегуны (фиг. 8) для измельчения трудно размокающих глин состоят из трех рабочих деталей: из горизонтальной тарелки, в средней части которой имеется кольцеобразная решетчатая поверхность с круглыми или прямоугольными отверстиями в 5—15 *мм* в поперечнике, из пары т. наз. бегунов и из нижней тарелки, принимающей обработанный материал и направляющей его далее. Материал, загружаемый на тарелку, раздавливается и расплющивается одним бегуном, идущим по периферии сплошной части тарелки, и передвигается затем специальным скребком по направлению решетчатой поверхности, где он попадает в сферу действия второго бегуна. Протертая через решетку глина падает на нижнюю вращающуюся тарелку, работающую по типу кругового подавателя. Вода, необходимая для увлажнения глин, добавляется из кольцевой трубы, расположенной над установкой. Производительность мокрых бегунов изменяется в очень широких пределах, от 500 до 5 000 шт. кирпича в час; расход мощности равен 6 — 9 HP на каждые 1 000 шт. в час. После достаточной обработки на простых или комбинированных вальцовых установках или на бегунах глиняная мелкокусковатая масса направляется в случае особенно трудно размокающих глин для дополнительного перемешивания и усиленного увлажнения на корытную глиномятку (см. *Глиномятка*) ординарного или двойного действия. Эта операция в особенности необходима, если в составе глиняной массы имеется в высокой степени вязкая, жирная глина, которая медленно впитывает воду, необходимую для облегчения смешения глины с более тощими ее сортами или с песком. Чем жирнее глина и чем ее больше в составе рабоч. массы, тем длиннее должна быть корытная глиномятка. Закрытый тип глиномятки, называемый перегонным прессом, способствует более интенсивному растиранию глиняной массы, чем открытый.



Фиг. 8.

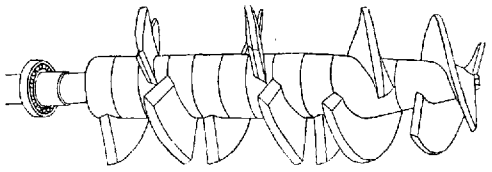
3. Формование сырца. Для обычных глин, в том числе и очень пластических, требующих особенно тщательного механич. воздействия, в машинном К. п. применяются горизонтальные ленточные прессы — основные машины в К. п., по производительности которых подбирается мощность остальных машин агрегата. В случае глин, очень однородных и достаточно отощенных от природы, не требующих ни значительного перемешивания ни увлажнения, применяются, в особенности в Англии и США, т. наз. ящичные формовочные устройства периодич. действия.



Фиг. 9.

Ленточные прессы (фиг. 9) состоят из открытой приемной части *А*; с приемной частью скреплен прессовой кожух—разборный цилиндр или конус *Б*, скрепленный в свою очередь с мундштуком *В*. По оси цилиндрич. и приемной части проходит горизонтальный вал, приводимый в движение

зубчатой системой *Г*. На валу насажены по спирали ножевые лопасти (фиг. 10), которые, захватывая глину, прижимаемую к ним особым питательным валиком, переминают ее по длине цилиндрич. или конич. части и выпрессовывают через отверстие мундштука.



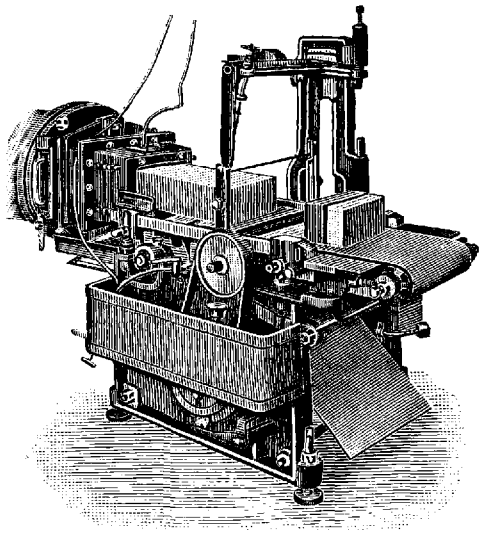
Фиг. 10.

Чтобы уменьшить трение спрессованной глины о стенки мундштука, внутренность последнего выкладывают медными листами в виде чешуи и смачивают водой из бака *Д*. Ленточные прессы имеют высокую производительность и могут давать в час от 500 до 6 000 шт. сырца, а последние америк. прессы—до 15 000 шт. кирпича америк. размера. Расход силы составляет около 8 HP на 1 000 шт. сырца в час. Лента *Е* может выходить из пресса любой формы сечения. Так напр. для полых кирпичей мундштук снабжается сердечниками соответствующей формы. В случае чрезмерно влажных и расплывающихся при формовке глин (например из месторождений при р. Неве), не допускающих горизонтального выпуска ленты (нарезанный из нее сырец деформируется при установке на ребро), применяют ленточные прессы, дающие не горизонтальную, а вертикальную ленту.

Резательные столы по характеру работы разделяются на три типа: ручные, полуавтоматические (фиг. 11) и автоматические. Конструкции ручных резательных столов чрезвычайно разнообразны. Обычно применяются столы с роликами, покрытыми войлоком. Для липкой глины рекомендуются гипсовые ролики или ряд пластинок, увлажняемых водой. Полуавтоматические аппараты производят автоматически только резку, снимание же кирпича со стола производится, как и в первом случае, вручную. Автоматич. аппараты производят резку сырца, съемку, укладывание на доски и транспорт его к подъемнику; аппарат обслуживается одним рабочим. Выходящая из пресса глиняная лента передается посредством ленточного транспортера на отрезной стол, к-рый проволокой отрезает кирпичи один за другим. В новейшее время в Америке для глин, не требующих дополнительной механич. переработки в ленточном прессе, устраиваются особые ленточные прессы, непосредственно соединенные с открытой корытной глиномяткой.

Для изготовления кирпича в массовом порядке применяются так назыв. формовочные прессы, которые представляют собой соединение мощной вертикальной или горизонтальной глиномятки с особым механизмом, вдавливающим хорошо промешанную и перемятую глину, непрерывно поступающую из глиномятки, в автоматически подставляемую деревянную форму с 2–6 гнездами. Заполненная глиной многогнездовая форма так же автоматически выдвигается вперед на роликовый стол, где опрокидывается на подставленную доску. Форма снимается вручную или автоматически и освобожденный сырец отправляют на доске в сушку. Машины этого типа получают в Зап. Европе и в Америке все возрастающее распространение благодаря внесенным в их конструкцию существенным усовершенствованиям. При громадной производительности они расходуют меньше энергии, чем ленточные прессы, и дают сырец, лишенный какой бы то ни было слоистости, характерной для ленточного формования. Они очень удобны также для изготовления кирпича из глины с чрезмерной природной влажностью, не допускающей применения обычного ленточного формования вследствие деформации глиняного пласта после выхода из мундштука.

Сухой способ. За границей давно применяется сухое прессование кирпича из мало пластичных или совсем непластичных глин. Таковы способы Дорстена и Тиглера в Германии и Иду во Франции. Сырая глина, грубо измельченная без просушки или будучи подсушена и вновь измельчена и увлажнена, поступает на прессы с давлением в 150—250 *кг/см²*. Этот сырец идет без сушки в печь. Кирпич, сформованный по этому способу, значительно отличается от обычного, обладая весьма высокой механич.



Фиг. 11.

прочностью (600 *кг/см²* и выше) и незначительной пористостью (от 5 до 6%, считая по холодному водопоглощению). Отсюда следует, что сухопрессованный кирпич даже из непластическ. глин, приготовленный по способу Дорстена, Тиглера и Иду, в местностях с суровым климатом относительно мало пригоден в качестве стенового материала.

Керамич. лаборатория Технологич. ин-та в Ленинграде с 1925 г. начала работать над вопросом об усовершенствовании сухого способа изготовления кирпича с целью придания ему возможно большей универсальности применения. Лабораторией проделаны опыты со многими сортами глин Ленинграда, Москвы, Ростова, Мурманска и друг., и в конеч-

ном итоге выработаны новые способы сухого прессования, которые дают возможность широкого его применения. Этих способов два: 1) с применением больших прессовых давлений к сильно отощенным песком глинам с пониженной влажностью и 2) с применением уменьшенных прессовых давлений к глинам без песка с минимальным содержанием влажности.

Первый способ заключается в том, что свежедобытая глина высушивается до 4 или 5% влажности, измельчается достаточно тонко (сито 1—1½ *мм*) и смешивается с песком, добавленным в количестве 15—25% при тощих сортах глин. Смесь увлажняется затем до 8—10% и подвергается прессованию с применением давления от 150 до 200 *кг/см²*. Сырец вследствие значительной пористости может итти непосредственно в обжиг без предварительной сушки. Варьируя количественное соотношение глины и песка, степень увлажнения полученной смеси и величину прессового давления, можно подобрать для любой глины условия производства, которые обеспечивают обожженному кирпичу обычную среднюю пористость в 12 или 13%, временное сопротивление сжатию в 100—150 *кг/см²* и обычн. морозостойкость. Однако значительная добавка песка и применение больших прессовых давлений в большинстве случаев сообщают изготовляемому кирпичу повышенный кажущийся (объемный) вес в 1,85—2,05, что делает его более тяжелым и следовательно удорожает его транспорт.

Второй способ заключается в том, что свежедобытая глина высушивается до 2—4% влажности и также измельчается. Полученный порошок подвергается прессованию при 75—150 *кг/см²* без дополнительного увлажнения; сырец не требует сушки. Преимущества второго способа по сравнению с первым следующие: устранение операций примешивания песка, добавления воды, что ускоряет процесс обжига; применение меньших давлений при формовании, сравнительно легкая возможность подбирать условия для получения кирпича нормальной пористости и морозостойкости. При этом временное сопротивление на сжатие получается всегда более высоким, чем это бывает даже при мокром способе или при сухом способе формования с добавлением песка. Обжиг по новому способу производится в печи любой системы при темп-ре около 950—960°; полезная емкость обжигательной печи в этом случае повышается в связи с тем, что огневая усадка кирпича с 4—5%, обычных при мокром способе, падает до ±¾%. Кроме того более быстрый ход обжига уменьшает расход топлива на единицу готовой продукции по сравнению как с мокрым способом, так и со способами Дорстена и Иду. Табл. 5 содержит данные испытания свойств стандартного кирпича из различных глин по способу сухого прессования Керамической лаборатории Ленинградского технологического ин-та.

Табл. 5.—Результаты испытания кирпича сухого прессования Ленинградского технологического института.

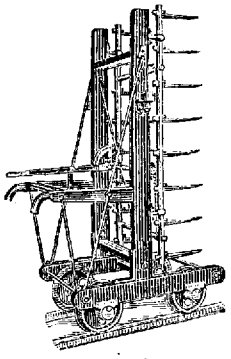
Наименование глины и состав рабоч. массы	Влажность, %	Давление прессования, *кг/см²*	t° обжига	Объемн. вес	Пористость по холодному водопоглощению, %	Временное сопротивл. на сжатие, *кг/см²*
Глина Ленингр. обл. с р. Тосно (завод б. Орлова); 100%, высушенная	4,5	75	950—980	1,83	14,9	181
Глина Ленингр. обл. с реки Невы из Новосаратовской колонии; пропорциональная смесь слоев, высушенная	4,6	125	940—960	1,71	21,4	153
То же	4,6	75	940—960	1,63	23,0	133
Глина Моссиликата со ст. Лобня, завод № 9. Жирный сорт и суглинок по 50%. Смесь высушена и дополнительно увлажнена	9,1	100	930—960	1,84	13,7	162,5
То же	7,6	100	940—960	1,84	16,3	120
Глина Моссиликата со ст. Одинцово, з-д № 6; пропорциональная смесь слоев, высушенная	6,0	100	940—960	1,89	15,4	148
Глина из Ростова-на-Дону; без добавок, высушенная .	4,2	75	960—980	1,74	17,6	189
Глина с Мурманской ж. д. Шуерецкая; глины высушен.—65%, песка—35%, смесь увлажнена .	8,4	100	910	1,82	16,2	169

В. Юрганов.

III. Сушка сырца. После формовки мокрым способом кирпич содержит в себе 18—20% влаги; нормальная же влажность сырца, при которой он может достаточно быстро обжигаться, составляет от 4 до 6%. Излишек влаги в сырце удаляется процессом сушки (см. *Сушка* в керамическом производстве).

При кустарном К. п. с малой производительностью применяется сушка на полянках и в приямках. Полянка представляет собой ровное сухое место, открытое для ветра. Укладка сырца производится плашмя или на ребро, в зависимости от количества влаги в глине. В процессе сушки сырец несколько раз перекладывается с ребра на ребро; окончательно высохший сырец складывается в клетки. Приямки представляют собой навесы шириной 4—10 *м* и различной длины, в зависимости от производительности з-да и продолжительности сушки. Формовка сырца обычно производится здесь же в самих приямках, которые постепенно заполняются сырцом, причем формовщики передвигаются со своим столом по длине сарая. Размещение сырца в приямках производится на досках длиной от 2 до 4 *м*. Укладка досок с сырцом производится или на брусках, прибитых к стойкам, или же непосредственно на землю.

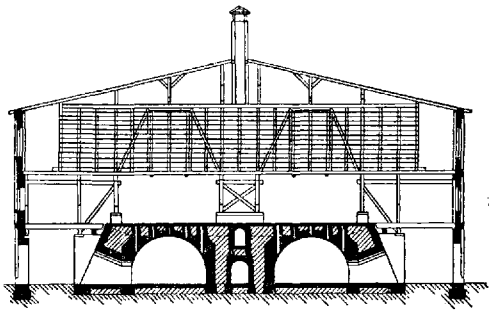
Более совершенным устройством для естественной сушки сырца являются стеллажные сараи. Сараи больш. емкости и значительной ширины (например сараи, построенные по сист. Келлера) снабжаются вытяжными фонарями, устроенными вдоль конька крыши. Для защиты от дождя, а иногда и для более равномерного обдувания сырца ветром сараи снабжаются легкими съемными или подвешенными щитами по продольным сторонам. Доставка сырца к стеллажным сараям производится по рельсовым путям при помощи простых полочных вагонеток или этажных сбрасывающих вагонеток по системе Келлера и Дудерштата (Германия), Сведала (Швеция), Ф. Смидта (Дания) и друг. Рычажная вагонетка системы Сведала (фиг. 12) имеет впереди железную раму с кронштейнами, предназначенными для поддержки полок с сырцом. При помощи системы рычагов эта рама может приподниматься (подхватывает полки) или опускаться (устанавливает полки на опорах). Сырец укладывается вручную или автоматически на специальное подъемное полочное устройство, устанавливаемое непосредственно у резательного стола при ленточном прессе. Простейшие стеллажные сушильные сараи, обслуживаемые таким транспортом, представляют собой навесы с продольным рельсовым путем посредине, по которому на специальной платформе (Schiebebühne) передвигаются рычажн. вагонетки. По обеим сторонам рельсового пути расположены камеры шириной около 1 550 *мм* с рельсовым путем посредине. Естественная сушка сырца происходит только в продолжение короткого летнего времени (в Московской обл. например 100 дн., в Ленинградской—80—90 дн.), обжиг же его производится обычно в течение 6—8 месяцев; для хранения высушенного кирпича служат т. н. забойные шатры или отвозные сараи. На 1 $м^2$ площади сарая м. б. помещено 1 000—1 200 шт. сырца.



Фиг. 12.

Переходной ступенью от естественной сушки к искусственной является сушка в надпечных стеллажных сушилках (фиг. 13). Такие сушилки располагаются в один, два или три этажа над кольцевыми печами для обжига. Такое расположение сушилок дает возможность использования теплоты печей, а отчасти и теплоты, выделяемой обожженным кирпичом при охлаждении. Однако выгодность применения надпечных сушилок в крупном производстве, работающем не менее 10 месяцев, и в особенности в северных районах, не доказана.

Искусственные сушилки для крупного К. п. устраиваются двух типов: камерные и тоннельные. Камерные сушилки выполняются в виде ряда камер длиной 8—15 *м*, отделенных одна от другой кирпичной стенкой. Размещение кирпича в камерных сушилках происходит так же, как в келлеровских сараях. Сушка производится горячим воздухом, впускаемым в камеру с одной стороны, а насыщенный влагой сырца воздух отводится из камеры с другой стороны, причем $t°$ его постепенно повышают. Все большее распространение получает сушка «во влажной атмосфере». При этом способе в начале сушки сырец прогревается теплым (ок. 40°) воздухом с очень большой

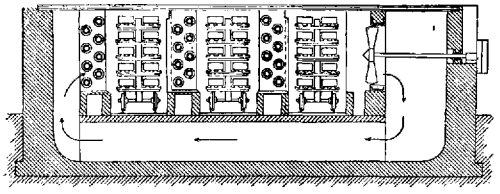


Фиг. 13.

относительной влажностью; после достаточного прогрева влажность воздуха искусственно уменьшается, а $t°$ увеличивается; при этом кирпич сохнет быстро и образуется малое количество брака. Количество воздуха, впускаемого в камеры, регулируется специальными клапанами. Источниками тепла для искусственной сушки могут служить пар (свежий или отработанный), горячий воздух, газы обжигательных печей. Считают, что отходящим теплом кирпичеобжигательных печей в среднем можно высушить ок. 50% количества обожженного кирпича, от паросиловых установок—около 25% этого количества. Вместимость камерной сушилки на 1 м длины ее составляет 288—300 штук сырца; продолжительность сушки $1^1/_2$—4 суток, расход тепла на 1 *кг* испаренной влаги—1 100—1 400 Cal. Камерные сушилки, отапливаемые горячим воздухом, следует соединять в блоки. В то время как при одиночных камерах нужно непрерывно менять количество и $t°$ воздуха, в блоке вся регулировка сводится только к выключению камер с высушенным кирпичом и включению камер с свежим сырцом, количество же воздуха, идущего в сушилку, остается все время постоянным.

Тоннельные сушилки представляют собою длинный канал, по которому периодически или непрерывно продвигаются вагонетки с кирпичом, постепенно переходя из зоны более влажной с меньшей $t°$ в зону более сухую с высокой $t°$. Распределение $t°$ по всей длине сушилки постоянно. Источники тепла те же, что и в камерных сушилках. Движение горячего воздуха и сырца осуществляется по принципу противотока. Сушилки устраиваются как с однократным, так и с многократным насыщением воздуха. Из сушилок многократного насыщения наиболее распространена сушилка Möller Pfeiffer'a (фиг. 14). Вагонетки передвигаются в 3—4 ряда; между рядами полочных этажных вагонеток помещаются паровые радиаторы. Вентиляторами, расположенными в боковых

стенках, воздуху сообщается поперечное движение. Экгаустер, помещенный в конце тоннеля, у выхода товара отсасывает горячий и влажный воздух и направляет его в радиаторы; здесь происходит частичная конденсация пара и скрытая теплота вновь используется для подогрева и сушки сырца. Эти сушилки очень экономичны по расходу

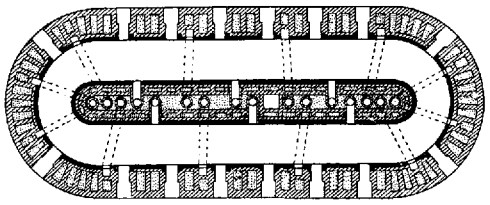


Фиг. 14.

тепла (меньше 1 000 Cal на 1 *кг* влаги), но требуют много энергии для вентиляторов и эксгаустера. Продолжительность сушки 12—36 час. (в США иногда сокращается до 3 ч.).

Выбор системы сушки представляет трудную и ответственную задачу, от надлежащего разрешения к-рой в большой степени зависит успех работы предприятия, и поэтому необходимо предварительное изучение всех конкретн. условий сушки. В виде общих положений можно указать лишь, что для производительности до 2—3 млн. штук в год, при ручной формовке и благоприятных условиях климата, наиболее вероятна выгодность применения сушки на полянке или в приямках. При производительности в 2—5 млн. возможно применение стеллажных и келлеровских сараев. Примерно, от производительности в 5 млн. при механизированном производстве, для районов с плохой естественной сушкой можно ставить уже вопрос о применении искусственной сушки.

IV. Обжиг сырца. Для обжига небольшого количества кирпича только в течение одного сезона или при кустарном небольшом производстве применяются н а п о л ь н ы е п е ч и (фиг. 15). Емкость таких печей 10—25 тыс. шт., оборот печи 10—14 дн. Недостатки печей такого вида — неравномерный обжиг, малый выход I сорта и большой расход топлива; преимущество—весьма небольшие расходы на постройку. Следующим типом печей является п е р и о д и ч е с к а я печь, представляющая собою камеру прямоугольного или круглого сечения, перекрытую сводом. Топки в количестве 4—12 располагаются в стенках горна. Под камеры выкладывается из дырчатых плит (колосников); дымовые газы проходят по горну сверху вниз через колосники в промежуточн. каналы и далее в дымовой боров и трубу. Плотность садки около 250 шт. на $м^3$ объема печи, расход условного топлива 15—20% от веса обжигаемого товара. В горнах периодического действия по окончании обжига остается в обожженном товаре и в обмуровке горна 25—40% тепла, содержавшегося в израсходованном на обжиг топливе. Стремление использовать это тепло, а также тепло уходящих газов, особенно в последнем периоде обжига, привело к устройству к о л ь ц е в ы х или п о л у к о л ь ц е в ы х п е ч е й. Последние представляют собою две рядом расположенных длинных камеры, снабженные с торцевых сторон топками. Камеры полностью засаживаются товаром, после чего разжигаются топки. Обжиг камер ведется поочередно, продукты горения топлива проходят последовательно через обе камеры и удаляются в боров в том же конце второй камеры, где в первой расположены топки. После достаточного разогрева товара около топок загрузка топлива через соответствующие отверстия в своде передвигается по длине печи к задней стенке и затем во вторую камеру. Газы, отходящие из зоны обжига, подогревают впереди лежащий кирпич. Охлаждение уже обожженного товара производится воздухом, входящим через топочные отверстия и поступающим для сжигания топлива. Гофманские непрерывно действующие печи (фиг. 16) представляют собой кольцевой канал, длиной 90—110 *м* и более. Печь выполняется в виде двух параллельных каналов,



Фиг. 15.

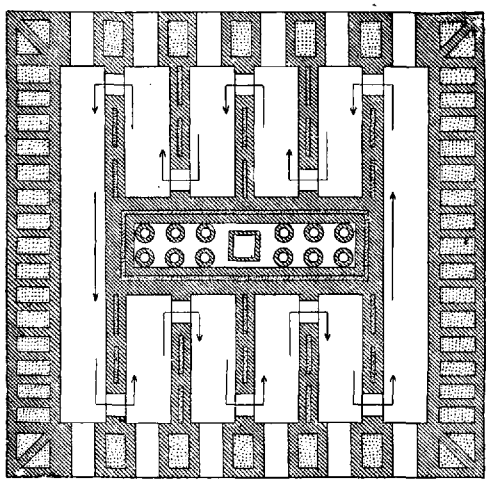
Фиг. 16.

перекрытых сводом и соединяющихся в концах по плавной кривой. Ширина канала составляет от 2,5 до 4,5 *м*, высота—от 2,2 до 3,0 *м*. Стены устраиваются с засыпкой песком или щебнем. В них оставляются отверстия для загрузки и выгрузки товара. Толщина стен составляет 1,5—2,5 *м*. Загрузка топлива происходит через отверстия в своде (люфты), закрытые чугунными камфорками. Дымовые газы из зоны обжига проходят, направляясь в дымовой боров, через камеры с загруженным и уже подсушенным сырцом и постепенно подготовляют его к настоящему обжигу. Воздух, необходимый для сжигания топлива, входит через выходы выгружаемых камер и идет по печному каналу среди обожженного кирпича. Отвод достаточно охлажденных продуктов горения происходит через отверстия (фуксы) в наружной или внутренней стенке печного канала. Присоединение камер к борову и выключение их производится при помощи т. н. «конусов», расположенных в каналах, соединяющих фуксы с боровом. Часть нагретого воздуха отбирается в специальный жаровой канал и направляется для предварительного подогрева свежезагруженного сырца и выпаривания из него влаги (т. н. шмаух-процесс), чем достигается уменьшение расхода топлива и выхода брака. Вся печь условно разделяется обычно на 16—20 камер длиной 5—6 *м*. Распределение процесса в печи примерно таково: на огне (загрузка топлива)—2 камеры, подогрев дымовыми газами—3—4 камеры, охлажде-

ние—4—5 камер, шмаух-процесс—2—3 камеры, загрузка, выгрузка, ремонт и пр.—3—4 камеры. Производительность таких непрерывно действующих печей при плотности садки 300—250 шт. в $м^3$ и при скорости огня в 8—12 *м/сек* составляет 10—25 тыс., иногда до 40 тыс. шт. в сутки. Для увеличения производительности строят печи с особо длинным каналом и работают на д в а о г н я, т. е. в одной печи с 28—32 камерами как бы соединяют две печи. Хотя постройка одной двухогневой печи и дешевле, чем постройка двух печей, но она не всегда бывает более экономичной.

Наряду с кольцевыми печами сист. Гофмана строят непрерывно работающие з и г-з а г о в ы е п е ч и (Бюрера) (фиг. 17) с малым поперечным сечением камер (до 5 $м^2$); обжиг в них ведется с большей, чем в гофманских печах, скоростью огня.

Последним, наиболее совершенным типом обжигательных устройств, является т о н н е л ь н а я п е ч ь, представляющая собой канал в 50—120 *м* длиной, перекрытый сводом. Приблизительно около середины длины канала, с двух его сторон, размещены топки; продукты горения двигаются к загрузочному концу печи, где отводятся в боров. Сырец, уложенный на специальных вагонетках, продвигается по каналу навстречу движению газов. Воздух входит в печь со стороны выхода из печи вагонеток с обожженным кирпичом и проходит по всему каналу, постепенно подогреваясь за счет теплоты этого кирпича. Вследствие равномерности подъема $t°$ товара при обжиге, а также сравнительно небольшого сечения печи (3—4 $м^2$) продолжительность обжига м. б. значительно сокращена. Скорость продвижения вагонеток может достигать 30—40 *м* в сутки. Нижняя часть печи и вагонетки устроены



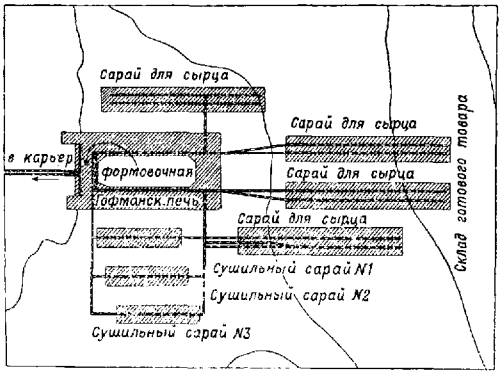
Фиг. 17.

т. о., что накаленные газы не соприкасаются с их металлич. частями, защищенными огнеупорной обмуровкой. Большим преимуществом работы с тоннельными печами является удобство работы по садке, высадке и транспорту кирпича. Расход топлива на обжиг в тоннельных печах несколько меньше, чем в кольцевых, и составляет 6—8% условного топлива по отношению к весу обжигаемого товара.

А. Цепин.

Кирпичный завод.

Г е н е р а л ь н ы й п л а н. При относительной дешевизне красного кирпича (1 000 шт. весят примерно 3,6 *т* и стоят на заводе около 24 руб.) транспорт сырья, полуфабриката и готового товара в процессе производства составляет значительную часть себестоимости готовой продукции. Это обстоятельство требует, чтобы все перевозки в

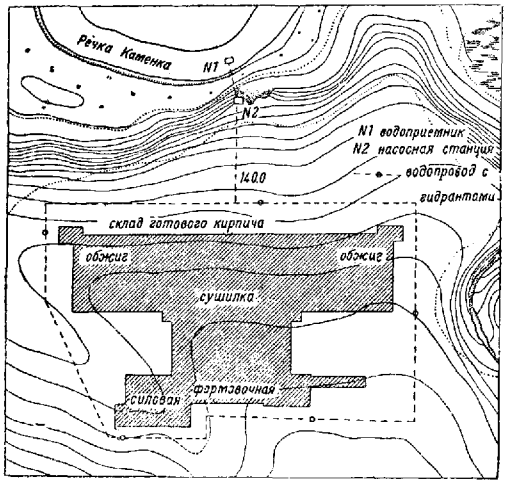


Фиг. 18.

процессе производства, начиная от карьера и кончая складом готового товара, производились по кратчайшим путям и на горизонтальной площадке. Небольшие уклоны допустимы при одностороннем грузовом потоке (карьер, склады топлива). Эта задача может быть разрешена правильным расположением всего з-да на данной местности в зависимости от ее топографии. В практике встречается чаще всего три наиболее характерных типа местности. 1) Местность приближается к плоскости и имеет весьма слабый поперечный и продольный уклоны (фиг. 18—генеральный план завода производительностью 8 млн. шт. в год с сушилкой над печью и келлеровскими сараями). 2) Местность имеет характер косогора с поперечным уклоном (фиг. 19—генеральный план завода производительностью 10 млн. штук в год с сушилкой над печью и келлеровскими сараями). 3) Местность имеет холмистый пересеченный характер.

1) В первом случае характер местности мало влияет на взаимное расположение отдельных частей з-да и основная задача транспорта разрешается расположением всей застройки в плане в форме квадрата. В этом случае пути перемещения сырца и готового товара будут самыми короткими. Глиняный карьер в этом случае оказывается ниже уровня завода, что обусловит необходимость подъема вагонеток с сырьем к месту производства. Земляные работы по планировке местности этого типа оказываются наименьшими. 2) В случае косогора, во избежание излишних земляных работ, все производственные здания и сооружения должны располагаться в одну линию соответственно направлению горизонталей. В целях облегчения транспорта площадь под застройку пла-

нируется горизонтально. Сушильные и отвозные сараи (при наличии тех и других) располагаются по разным сторонам печи и формовочной, причем сушильные сараи ближе к формовочной, а отвозные—ближе к печи. Добыча глины в этом случае организуется выше территории заводских зданий, а помещение формовочной—по возможности выше сушильных устройств, в соответствии с уклоном местности. Еще ниже м. б. расположены печи. Транспортная связь между частями производственного здания, расположенными в разных уровнях, будет поддерживаться спускными приспособлениями. При наличии сушилки над печью и благоприятном уклоне местности, уровень пола формовочного отделения должен оказаться на



Фиг. 19.

уровне пола сушилки; в таком случае подача сырца от прессов в сушилку при одноярусной сушилке значительно упрощается (подъем отпадает). Выбор отметки горизонтали, на к-рой располагается заводская площадка, зависит от чисто местных условий и делается главн. образ. в интересах удобства подъезда к заводу, подачи глины из карьера, вывоза готового кирпича, подхода ж.-д. ветви нормальной колеи, к-рая в данном случае должна подходить к з-ду с низовой стороны, и отправки кирпича водой, если имеются налицо водные пути. 3) Для пересеченной местности дать общее решение по расположению заводских зданий и сооружений не представляется возможным. Предусматриваемое в отдельных случаях расширение дела сводится в К. п., при благоприятных транспортных условиях карьерного хозяйства, к постройке новой печи и сушильных устройств; при неблагоприятных условиях транспорта может быть целесообразнее сооружение нового кирпичного завода в районе того же глиняного карьера. **М. Пурышев.**

Статистика К. п.

До войны 1914—18 гг. производство обыкновенного строительного кирпича в России (в 1912 г.), по данным официальной статистики, выражалось в количестве 2 218 млн. штук при общем числе заводов 1 071.

По степени механизации производства все з-ды составляли две группы: в первую входили сравнительно немногочисленные крупные з-ды, сосредоточенные вблизи больших городов, с баггерной добычей глины, с механической обработкой и формовкой сырца и с обжигом его в печах непрерывного действия. Производительность этих з-дов составляла ок. 65% от общего производства кирпича. Вторая группа заводов работала с ручной добычей глины, конными глиномятками и ручной формовкой кирпича. Обжиг производился в напольных печах или в гофманских кольцевых печах. В годы войны и после революции К. п. резко пало, что видно из следующего количества действовавших з-дов: в 1915 г.—515, в 1917 г.—372, в 1918 г.—259, в 1919 г.—198, в 1920 г.—141, в 1921 г.—144. В последующие годы началось постепенное восстановление кирпичного производства, и в 1925 году, по данным обследования ЦОС ВСНХ, было зарегистрировано по СССР 778 заводов (их довоенная выработка равнялась 1 337,6 млн. шт.). Из них работало 597 заводов, изготовивших 637,7 млн. шт., что составило 73,1% их полной выработки. Темп восстановления К. п. характеризуется цифрами табл. 6. **А. Фреберг.**

Табл. 6.—Кирпичное производство в СССР.

Республики \ Годы	1925/26	1926/27	1927/28 *1	1928/29 *2
Число заводов:				
РСФСР	623	677	899	939
УССР	189	222	270	282
БССР	9	20	21	25
ЗСФСР	11	12	13	16
Узб. ССР	11	12	11	15
Итого по СССР	843	943	1 214	1 277
Производительн. (в тыс. *m*):				
РСФСР	646 291	866 421	1 189 221	2 005 000
УССР	217 509	350 076	597 186	687 000
БССР	12 252	34 189	45 036	94 000
ЗСФСР	24 421	32 496	34 776	36 000
Узб. ССР	15 193	25 095	25 147	58 000
Итого по СССР	915 666	1 308 277	1 891 366	2 880 000
Стоимость продукции (в тыс. червон. руб.):				
РСФСР	—	35 355	46 383	77 500
УССР	—	12 654	19 200	19 500
БССР	—	1 154	1 599	3 660
ЗСФСР	—	979	1 291	1 165
Узб. ССР	—	964	933	2 530
Итого по СССР	—	51 106	69 406	104 355

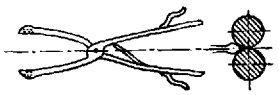
*1 По данным ЦОС. *2 По контрольным цифрам.

Техника безопасности.

Все стадии К. п. сопряжены с опасностями разнообразного и значительного травматизма, так как почти все работы производятся в тяжелых условиях: под открыт. небом, в сырой атмосфере, в пыльных помещениях и при высокой *t*°; кроме того рабочим приходится иметь дело с тяжелыми предметами и с

опасными механизмами. При разработке кирпичных глин рабочие подвергаются опасности обвала в случае неправильного ведения земляных работ. Поэтому все разработки должны производиться сверху вниз, уступами, без подкопов, а при наличии отвесных стенок последние должны достаточно крепиться. При тачечной перевозке глины от места добычи к заводу следует производить частую поверку как пути, так и тачек; при перевозке по узкоколейной ж. д. необходимо проверять сцепку.

При механич. подаче вагонеток с глиной по наклону к бегунам и вальцам нужно ограждать подъемники в нижней части, в виду возможности падения кусков глины. На случай обрыва каната или же порчи подъемного механизма канатные барабаны д. б. снабжены тормозами, а наклонный путь—приспособлениями, препятствующими скатыванию оторвавшейся вагонетки.



Фиг. 20.

Мятье глины создает опасность ранения ног, т. к. работа ведется босиком. Рабочие-глинщики кроме того подвергаются вредному действию атмосферных осадков. В глиномялках с конным приводом водило конного привода во избежание ушибов рабочих следует поднимать выше роста человека. Лежачие мешалки открытого типа нужно ограждать сверху решеткой. Во избежание падения рабочего в чашу с бегунами чаша д. б. ограждена железным барьером. Бегуны следует снабжать надежными быстро действующими выключателями. Отверстие в полу для передачи глины из бегунов в вальцы д. б. ограждено барьером. Желательно кроме того вальцы удалять от отверстия на такое расстояние, чтобы даже в случае падения рабочего он не мог свалиться на вальцы. Удаление мелких камней и других примесей с вальцов во время хода необходимо производить специальными щипцами (фиг. 20), концы к-рых снабжены шарообразным утолщением, препятствующим захвату их вальцами. Формовочные агрегаты, следующие за вальцами, сами по себе большой опасности не представляют, но трансмиссия к ним, часто располагаемая внизу, требует надлежащих ограждений. При работах на обжигательных печах спать и лежать на них д. б. строжайше запрещено, т. к. через щели и отверстия печи проникают газы, могущие быть причиной серьезных отравлений. **П. Новиков.**

Лит.: Юрганов В. В., Керамич. промышленность в России, П., 1922; Логинов З. И. Кирпичная промышленность СССР (статистико-экономическ. очерк), Москва, 1926; Белавенец М., Кирпичное производство, СПБ, 1914; Бок О., Наврат А., Кирпичное производство, пер. с нем., М., 1927; Bock O.—Nawrath A., Der Ziegelofen, Lpz., 1928; Hecht H., Lehrbuch d. Keramik, p. 126—142, W.—Lpz., 1923; Singer E., Die Keramik im Dienste v. Industrie u. Volkswirtschaft, p. 239—278, Brschw., 1923; Pantzer R. u. Galke R., Leitfaden für d. Ziegelmaschinen-Betrieb, Mch.—B., 1910; Searle A., Modern Brickmaking, L., 1920. **В. Юрганов.**

КИСЛОРОД, O, химич. элемент VI группы периодич. системы, порядковый номер 8, ат. в. 16,00. К. открыт в 1772 г. Шееле и в 1774 г. Пристлеем; свойства его установлены Лавуазье. Свободный К., O_2—бесцветный газ без запаха и вкуса. К. является наиболее распространенным в природе элементом: он составляет 47% по весу земной коры; в воздухе содержится ок. 21% К. по объему, или 23,2% по весу; в воде—88,9% К. Уд. в. К. по воздуху при 0° и 760 *мм* Hg равен 1,105; при 0° и 760 *мм* Hg 1 *л* К. весит 1,429 *г*; при 15° и 1 *atm* 1 *л* К. весит 1,310 *г*; газовая константа = 26,5; $t°_{крит.}$ −118°, давление крит. p=52 *atm*; $t°_{кип.}$−182,5°; $t°_{пл.}$−218,4°. Теплота испарения 51 Cal/*кг*; теплота плавления при −219°: 3,3 Cal/*кг*. Теплоемкость:

При t°	−246°	−200°	−181°	−20°	0÷200°	0÷630°
C_p . .	0,185	0,294	0,2285	0,2184	0,218	0,230

C_p: C_v=1,4. Удельн. в. жидкого К. (при −182°) 1,118; удельн. в. твердого К. (при −227°) 1,27. Коэфициент расширения К.: газообразного 0,00367, жидкого (при $t°$ от −184° до −205°) 0,00385. Коэфициент преломления жидкого К. 1,2232. Теплота диссоциации молекулы К. на атомы: O_2=O + O −162 Cal (цифра ненадежная). Коэф-т теплопроводности 0,000057 Cal *см*/*см*² ск. °С. Диэлектрическ. постоянная 1,00054. При 1 *atm* в 100 объемах воды при 0° растворяется 4 объема К., а при 15°—3,4 объема. Благородные металлы в нагретом и расплавленном состоянии поглощают значительн. количества кислорода; при 450° серебро поглощает 4—5 объемов, золото 33—49, платина 63—77, палладий 0,07 объема К. на 1 объем металла. К., поглощенный расплавленным серебром, при охлаждении выделяется, разбрызгивая металл. Жидкий К.—голубая подвижная жидкость с магнитными свойствами. Магнитный момент=1, принимая для железа 1 000. Под действием тихого электрич. разряда или при освещении ультрафиолетовыми лучами К. частично превращается в *озон* (см.).

Со всеми элементами, кроме благородных газов (и при обычных условиях—фтора), К. дает многочисленные соединения, так назыв. о к и с л ы. Последние м. б. разделены на три основные группы: а) окислы нормального типа (предусматриваемые периодическ. законом и отвечающие возможным валентностям данного элемента), в зависимости от числа атомов К. носящие название закисей, окисей, двуокисей и т. д.; б) окислы с повышенным содержанием К.—перекиси (содержащие два или несколько взаимно связанных атомов К.), и в) окислы с пониженным содержанием К. (недокиси, субокиси). Нормальные окислы по своему химич. характеру делятся на основные и кислотные (иначе—ангидриды к-т); окислы *амфотерных* (см.) элементов имеют характер промежуточный между теми и другими. Соединяясь с водой, окислы образуют гидраты, имеющие характер либо оснований (в случае растворимости—щелочей), либо к-т, либо занимающих промежуточное положение. Почти все элементы (кроме Au, Cl, N) при соединении с К. выделяют тепло. Например 1 *кг* углерода, магния и алюминия, соединяясь соответственно с 2,67 *кг*, 0,67 *кг* и 0,89 *кг* К., выделяют: C—8 100 Cal, Mg—6 000 Cal, Al—7 250 Cal. При сгорании Al или Mg в кислороде вслед-

ствие высокой $t°$ диссоциации MgO и Al_2O_3 можно получить $t°$ порядка 5 000°. Большинство веществ окисляется при нагревании в атмосфере, содержащей свободный К. При обычной $t°$ в воздухе легко окисляются К, Na, Li, Pb, Al, P и другие простые вещества, но в совершенно сухом К. окисление обычно не происходит (напр. абсолютно сухие К. и водород не соединяются даже при 1 000°); следы воды здесь играют роль катализатора (см. *Катализ*). Горение, дыхание и гниение (аэробное) являются различными формами процесса окисления и сопровождаются выделением тепла (см. *Окисление*).

Способы получения К. I. Лабораторные. 1) Разложение бертолетовой соли при нагревании:

$$2\,KClO_3 = KClO_4 + KCl + O_2 \text{ (при 400°)};$$
$$KClO_4 = KCl + 2O_2 \text{ (при 450—500°)}.$$

В присутствии катализатора (MnO_2, Co_2O_3, V_2O_5, Fe_2O_3 и др.), к-рый берется в количестве 1 ч. на 10 ч. $KClO_3$, реакция идет достаточно быстро уже при 150°. Из 1 *кг* $KClO_3$ получается 275 *л* кислорода. 2) Разложение перекиси натрия водой. Обычно Na_2O_2 берется в виде кубиков, и реакция ведется в аппарате Киппа:

$$2\,Na_2O_2 + 2\,H_2O = 4\,NaOH + O_2;$$

к воде прибавляется ничтожное количество $CoSO_4$ или $NiSO_4$. Разложение Na_2O_2 идет легко при действии не только жидкой воды, но и водяных паров (влажного воздуха). Способ этот имеет и некоторое технич. значение: его используют в спасательных приборах, изолирующих *противогазах* (см.), подводных лодках и т. п., как источник небольших количеств К. для дыхания. 3) Разложение окиси ртути: $2\,HgO = 2\,Hg + O_2$ при 400—500°. 4) Разложение белильной извести при слабом нагревании (до 70°) с водой в присутствии небольшого количества окиси кобальта:

$$2\,CaOCl_2 = 2\,CaCl_2 + O_2.$$

5) Действие воды на смесь перекиси бария и железосинеродистого калия (красной кровяной соли):

$$BaO_2 + 2\,K_3Fe(CN)_6 = K_4Fe(CN)_6 + K_2BaFe(CN)_6 + O_2;$$

реакция идет при обыкновенной $t°$ (Касснер).

II. Промышленные: 1) Способ Тессье-дю-Мотай:

$$2\,Na_2MnO_4 + 2\,H_2O \text{ (пар)} = 2\,MnO_2 + 4\,NaOH + O_2 \text{ (при 450°)},$$

затем пропускают воздух при повышенной $t°$ (~500°), и манганит регенерируется. Оба процесса периодически повторяют. Активная масса (манганит натрия) приготовляется смешиванием измельченного пиролюзита (MnO_2) с твердым едким натром (1:1 по весу) и прокаливанием при доступе воздуха до $t°$ темнокрасного каления. 2) Способ Касснера:

$$2\,CaCO_3 + PbO + O \text{ (воздух)} = 2\,CO_2 + Ca_2PbO_4 \text{ (при умеренном нагревании)};$$

при более высокой темп-ре (700°) и пропускании CO_2—плюмбат кальция разлагается по уравнению:

$$2\,Ca_2PbO_4 + 4\,CO_2 = O_2 + 2\,(2\,CaCO_3 + PbO).$$

3) Способ Касснера, комбинированный со способом Тессье-дю-Мотай:

(а) $Na_2PbO_3 + Na_2MnO_4 = Na_4PbO_4 + MnO_2 + O$;

(б) $Na_4PbO_4 + MnO_2 + \text{воздух}\,(O + 4\,N) = Na_2PbO_3 + Na_2MnO_4 + 4\,N$.

Первая реакция идет при продувке массы водяным паром при $t°$ 500°; вторая (регенерация массы)—при той же $t°$ в токе воздуха, свободного от CO_2. Масса—т. н. плюмбокс а н—представляет тесную смесь метаплюмбата и манганита натрия, взятых в эквимолекулярных количествах; 1 *кг* такой массы дает до 3 *л* К. при каждой операции. Способ этот пригоден для получения как чистого К., так и чистого азота. 4) Способ бр. Брин—разложение перекиси бария:

$$2\,BaO_2 = 2\,BaO + O_2 \text{ (при 800°)}$$

или действием водяного пара при 600°; затем BaO + воздух $(O + 4\,N) = BaO_2 + 2\,N_2$ + избыток воздуха (при 500—600°). Окись бария получается первоначально прокаливанием азотнобариевой соли. При регенерации перекиси бария пропускаемый воздух д. б. предварительно освобожден от примеси CO_2 и влаги (во избежание образования $BaCO_3$ и гидроокиси бария, которая не переходит в перекись). Для получения 1 вес. ч. К. требуется 10,6 вес. ч. BaO_2 или 9,6 ч. BaO. До 1910 г. этот способ практиковался в заводском масштабе. Процесс велся в вертикальных стальных цилиндрах; при двух сериях таких аппаратов К. получался непрерывно. Смещение равновесия в системе $2\,BaO_2 \rightleftarrows 2\,BaO + O_2$ в нужную сторону достигалось обычно изменением парциального давления O_2 при сохранении постоянной $t°$ (ок. 700°); поглощение К. велось под давлением 3 *atm*, а выделение К.—в вакууме около 50 *мм* Hg.

Были попытки разделять воздух физическ. методами а) растворяя воздух в воде под давлением; при понижении давления получают из раствора смесь, содержащую 35% O_2 и 65% N_2; обработав таким же образом эту смесь еще раз, получают газ с содержанием от 65 до 75% O_2; б) при поглощении К. из воздуха увлажненной древесной корой (Г. П. 193410) остается азот чистоты 98%, а в вакууме выделяется поглощенный К. в чистом виде; в) аналогичный способ предложен с активированным углем в качестве поглотителя; г) при диффузии атмосферного воздуха через каучуковые пленки получается смесь 40% O_2 и 60% N_2; повторяя этот процесс, получают смесь 60% O_2 и 40% N_2.

В настоящее время К. получается в технике почти исключительно либо электролизом воды либо способом сжижения воздуха и последующего фракционированного испарения. 1) Электролиз воды применяется сравнительно в небольших размерах. При действии электрич. тока вода разлагается на К. и водород. Чтобы создать необходимую электропроводность, электролизу подвергают не чистую воду, а слабые растворы едких или углекислых щелочей или растворы кислот. Минимальное напряжение разложения для воды равно 1,67 V; практически требуется 1,8—3,0 V; 1 Ah выделяет 208,8 *см*³ К. и 417,6 *см*³ водорода. Теоретически электролиз воды может происходить при давлениях до 1 805 *atm* почти при том же расходе энергии. В электролизерах Шукерта применяется 20%-ный раствор KOH или NaOH и на 1 *м*³ К. +2 *м*³ водорода расходуется 12—14 kWh при 2,4 V; К. получается 96%-ной чистоты, водород—98%-ной. После пропускания через нагретые трубки с катализатором

получают К. и водород чистоты 99,9%. Все построенные электролизеры Шукерта в сумме могут дать 12 млн. $м^3$ К. в год. В Высшей техн. школе в Берлине проведены опыты по получению водорода и К. непосредственно из электролизера под давлением 150—200 *atm*. При 150—200 *atm* для разложения воды необходимо 2,35 V. На 1 $м^3$ К. и 2 $м^3$ водорода (измеренных при 20° и 1 *atm*), сжатых до 200 *atm*, при электролизе под давлением расходуется 6—7 kWh. 2) Применяемые теперь физич. методы технич. получения К. основаны на частичном сжижении и р е к т и ф и к а ц и и атмосферного воздуха (см. *Сжижение газов*). Наиболее распространены аппараты: а) Линде, основанные на расширении воздуха без совершения внешней работы, б) Клода, использующие работу расширения сжатого воздуха, и в) сист. Хейланда, применяющие оба эти принципа. Теоретически разделение газообразного воздуха на К. и азот требует 0,1 силочас/$м^3$ К. В аппаратах Линде производительностью 1 000 $м^3$ К. в час на 1 $м^3$ К. расходуется 0,95 силочаса; в аппаратах, дающих 50 $м^3/ч$ К., расходуется 1,3 силочас/$м^3$ К.; начальное давление—ок. 200 *atm*. Клод считает, что в его аппаратах можно достигнуть производительности 1,5 $м^3$ К. на силочас; в аппаратуре Клода начальное давление равно 20—25 *atm*.

Т р а н с п о р т газообразного К., сжатого до 150—165 *atm*, производится в стальных баллонах емкостью 40 *л* и весом по 80 *кг* для 8,4 *кг* К. (6 $м^3$ газа при 0° и 760 *мм* Hg). Жидкий К. раньше транспортировался в стеклянных сосудах Дьюара небольшой емкости. В настоящее время для этой цели изготовляются металлич. цистерны емкостью до 5 $м^3$, изолированные магнезией. Потеря хранимого в них К.—около 3% в сутки. Из цистерн жидкий К. перекачивается насосом в испаритель для превращения в газ или для наполнения баллонов. При осуществлении этой конструкции возникают затруднения, вследствие чрезвычайной хрупкости металлов при $t°$ жидкого воздуха.

П р и м е н е н и е К.: главнейшее—для *автогенной сварки* (см.) и резки металлов. Для подрывных работ жидкий кислород применяется в виде о к с и л и к в и т а—взрывчатого вещества, представляющего собою сажу, уголь, хлопок в смеси с нафталином и другие материалы, пропитанные жидким К. Для получения уксусной к-ты из ацетальдегида и К. работает в Германии установка Линде, производительностью в несколько млн. $м^3$ К. Для получения азотной кислоты из воздуха по Биркеланду и Эйде работает самая большая в мире установка Линде в Норвегии на 18 млн. $м^3$ К. в год. Жидкий и газообразный кислород применяется в медицинских аппаратах для поддержания дыхания больных, в спасательных аппаратах для рудников, для пожарных и в аппаратах для авиаторов при полетах на больших высотах (см. также *Противогазы* и з о л и р у ю щ и е). По патенту общества Казале (Италия), вводя смесь К. и водяного пара в генератор, получают непрерывным путем водяной газ. В будущем можно ожидать развития применения К. или «воздуха Линде» (воздуха, обогащенного до содержания 40—50% К.) в доменных и металлургич. печах с целью получения высоких $t°$ и отходящих газов высокой калорийности. Мировое потребление К. (в виде чистого К. и обогащенного воздуха) в 1929 г. составляло приблизительно $1{,}6 \cdot 10^8$ $м^3$.

Лит.: М е н д е л е е в Д., Основы химии, т. 1—2, 9 изд., М.—Л., 1927—28; Ч у г а е в Л., Открытие кислорода и теория горения, П., 1919; Ullm. Enz., 1 Aufl., B. 10; G m e l i n-K r a u t's Handb. d. anorgan. Chemie, 7 Aufl., B. 1, Abt. 1, Heidelberg, 1906; K a s s n e r H., Archiv d. Pharmazie, Hannover—Lpz., 1920, B. 251, p. 596; K a s s n e r H., «Dingl.», 1912, B. 327; «Z. ang. Ch.», Leipzig, 1928, p. 139; «Chemical a. Metallurgical Engineering», New York, 1928, p. 419; P a b s t R., Flüssiger Sauerstoff und seine Verwendung als Sprengstoff im Bergbau, München—Berlin, 1917; «Zeitschrift für Sauerstoff- und Stickstoff-Industrie», Leipzig, ab 1908. **Е. Богоявленский.**

КИСЛОТНОЕ ЧИСЛО, к и с л о т н ы й к о э ф и ц и е н т, одна из величин, характеризующих жиры и смолы. К. ч. показывает содержание свободных к-т в смоле или жире и выражается числом *мг* едкого кали (KOH), которое требуется для нейтрализации свободных кислот (жирных или смоляных) в 1 *г* жира или смолы.

Для определения К. ч. жира или масла испытуемую навеску (5—10 *г*) растворяют в смеси равных объемов эфира и спирта, прибавляют 2—3 капли раствора фенолфталеина и при слабом нагревании титруют $^1/_{10}$ *N* или $^1/_2$ *N* раствором KOH. К. ч. вычисляется по формуле:

$$\frac{1000 \cdot T \cdot b}{a},$$

где *T*—титр раствора KOH, *b*—число $см^3$ употребленного KOH и *a*—навеска жира.

К. ч.—величина непостоянная; для одного и того же жира оно варьирует в зависимости от чистоты жира и его возраста. Свежие жиры почти не содержат свободных кислот. Животные жиры при сохранении обнаруживают гораздо более заметное возрастание К. ч., чем жиры растительные. К. ч. жиров, лишенных белковых веществ, более постоянно. Из растительных масел наибольшим К. ч. обладает пальмовое масло: оно содержит от 20 до 50% свободных жирных к-т. Обычно масла при величине К. ч. >8 считаются прогорьклыми.

Определение К. ч. смол сложнее, чем К. ч. жиров, вследствие более сложного состава их (кроме одноосновных жирных к-т, свойственных жирам, в смолах находятся еще двуосновные к-ты, ангидриды и лактоны) и более трудной растворимости смол. В качестве растворителей для смол употребляют смесь спирта и эфира, хлороформ, бензол и др. Кроме метода, описанного выше, для смол применяют еще определение т. н. н е п р я м о г о К. ч. (по Дитерихсу): навеску смолы в 1 *г* омыляют избытком $^1/_2$ *N* раствора KOH и после продолжительного стояния (12—24 ч., в зависимости от природы смолы) титруют кислотой.

Лит.: К и с е л е в В., Олифа и лаки, Москва—Ленинград, 1926. **Н. Ельцина.**

КИСЛОТНЫЕ КРАСИТЕЛИ, красящие вещества, представляющие собою по химическ. строению либо свободные к-ты, либо фенолы, либо, чаще, натриевые или аммониевые соли органических сульфокислот или карбоновых кислот. Все К. к. обладают способностью окрашивать животное волокно (шерсть, шелк) без протравы из кислой ванны. Нек-рые из

них способны, кроме того, образовывать с «протравными» металлами комплексные соли (лаки), придающие окраскам бо́льшую прочность, а иногда и углубляющие цвет окраски. Если эти лаки нерастворимы в воде (что бывает в тех случаях, когда красители не содержат сульфогрупп), то соответствующие К. к. называются протравными. С протравами они способны окрашивать как растительное, так и животное волокно. Примерами протравных К. к. могут служить ализарин и другие оксиантрахинонные красители, азокрасители, заключающие остаток салициловой к-ты, и др. Все эти красители содержат в качестве ауксохромов либо два гидроксила в орто-положении друг к другу, либо гидроксил и карбоксил в таком же положении, либо по крайней мере один гидроксил в орто-положении к хромофору. Если краситель с таким расположением ауксохромов имеет кроме того сульфогруппу, то лак его б. или м. растворим и непригоден для окрашивания растительного волокна, животное же волокно он окрашивает прочно. Так как образование лака происходит б. ч. на волокне при обработке раствором хромпика, то такие К. к. носят название хромировочных. Примеры: сульфированные антрахинонные, хромотроповые красители и др. Все остальные, неспособные к лакообразованию К. к., называются собственно кислотными; к ним принадлежат все сульфированные красители, не имеющие «протравного» расположения ауксохромов, а также красители чисто фенольного характера (нитрокрасители, розоловая кислота). **А. Порай-Кошиц.**

КИСЛОТОУПОРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, сосуды, аппараты и другие изделия, применяемые в химических производствах и обладающие свойством противостоять действию различных химических реагентов: кислот, щелочей, газов; кроме того эти изделия должны обладать достаточной прочностью.

Керамические К. и. относятся к классу так называемого каменного товара и характеризуются плотным, спекшимся черепом. Изготовляются они из соответствующих сортов глины или из специально составленных керамических масс.

Классификация по назначению и свойствам. Керамические К. и. могут быть разделены на две основные группы: тонко- и грубокерамическую. В состав первой группы входит заводская аппаратура для химич. промышленности, в виде частей конденсацион. устройств, баллонов, разного рода ванн для электролитич. и других целей, насосов и сосудов монжю с соответствующими приспособлениями, кранов и трубопроводов для отвода и перекачки к-т. Сюда же относятся вентиляционные трубопроводы (до 500 *мм* в диам.), снабженные керамич. эксгаустерами и вентиляторами, служащими для удаления газов и пыли. В состав грубокерамич. группы входят: кислотоупорный кирпич типа клинкерного, кольца Рашига и другие изделия, служащие для наполнения башен при производстве кислот; облицовочные плиты и плитки всякого рода, которые применяются для выкладки стенок реакционных котлов, баков, смесителей и других сосудов, работающих иногда с нагреванием и под давлением, для выкладки полов в мастерских и т. д.; канализационные трубы для отвода сточных, кислых и щелочных вод.

Испытание керамических К. и. Кислотостойкость изделий испытывается по методу берлинской лаборатории Зегера и Крамера. Черепок испытуемого материала измельчается и просеивается через два сита с 60 и 120 отверстиями на 1 *см*² для отделения тончайших частиц. Навеска в 100 *г* материала, задержавшегося на втором сите, для удаления пыли промывается водой, просушивается и затем кипятится в платиновой чашке со смесью, состоящей из 25 вес. ч. концентр. H_2SO_4, 10 вес. ч. HNO_3 (удельн. в. 1,4) и 65 вес. ч. воды, до начала выделения дыма SO_3. После охлаждения добавляется разбавленная HNO_3, и смесь снова нагревается до кипения. Остаток собирается на фильтре, промывается, сушится и взвешивается. Потеря в весе для доброкачественных К. и. не должна превышать 1—2%. Пористость керамических изделий средн. качества не должна превышать 1—1,5% по весу (поглощение горячей воды). В изломе черепа К. и. должен быть однородным, плотным и спекшимся, без наличия пустот и посторонних включений, неостеклованным и неблестящим. Для лучшего предохранения от действия кислот и уменьшения пористости черепа, керамические К. и. обычно покрываются глиняной или соляной *глазурью* (см.).

Сырье, керамические массы. В качестве основного сырья, идущего для изготовления массовых грубокерамических кислотоупорных изделий, применяются низкоспекающиеся, среднепластичные, огнеупорные или тугоплавкие *глины* (см.) с умеренной воздушной и огневой усадкой, к которым с целью отощения и уменьшения усадки прибавляется тонко измельченный шамот, приготовленный из брака и боя тех же изделий. Для обеспечения большего уплотнения черепа к глине добавляется тонко измельченный полевой шпат. В наименее ответственных сортах керамических К. и. в качестве отощителя применяется также тонко измельченный кварцевый песок, а в качестве уплотнителей—разнообразные содержащие щелочь породы и легкоплавкие глины. Содержание в глине окиси кальция, которая способствует раннему и резкому размягчению черепа при обжиге керамических К. и., не должно превышать 1—2%. С целью получения термически стойких керамических масс за границей в последнее время вводится в качестве добавки тонко измельченный естественный или искусственный корунд. Искусственно подобранные сложного состава керамич. массы требуют весьма тонкого измельчения и тщательного перемешивания; они применяются лишь для выделки особо ответственных К. и., как то: кранов, клапанов и изделий, работающих в условиях очень резких колебаний температуры. Приготовление этой массы производится мокрым путем в шаровых мельницах с последующим отделением большей части воды на фильтрпрессах и с более или менее длительным вылеживанием массы.

Формование керамических К. и. выполняется различными способами в зависимости от сложности их конфигурации. Изготовление труб производится на горизонтальных или вертикальных ленточных прессах, к-рые снабжены соответствующими мундштуками. Изготовление сосудов круглой формы и малого размера происходит в гипсовых формах от руки или с шаблоном на гончарном станке. Корпуса особенно крупных изделий формуются в гипсовых разборных формах при помощи заранее подготовленных пластов массы. Отдельно формуются нижние, донные части и верхние—колпаки. Затем звенья формы складываются вместе, и через отверстия в них отдельные части пластов тщательно соединяются. Крышки, отводы, патрубки и прочие мелкие детали к ним изготовляются также отдельно. После нек-рого провяливания этих деталей производится их сращивание с подвяленной же корпусной частью тщательным протиранием и выравниванием швов и мест стыка как с внутр., так и с внешней стороны. Мелкие детали аппаратуры изготовляются в зависимости от формы: путем формовки в гипсовых формах с последующей обточкой подсушенных изделий на токарных станках (краны, изоляторы и пр.); путем прессования на ручных ударных и винтовых прессах из подвяленной массы или с помощью штамповки из полусухой массы, смешанной с машинным маслом или нефтью (шары и тарелочки, употребляемые для насадки в башнях и колоннах, изоляторы и т. д.); путем отливки из разжиженных по способу Вебера масс в гипсовых формах (вентили, поршни насосов, вальцы, небольшие сосуды).

Сушка и обжиг. Особое внимание обращается на сушку изделий с неравномерной толщиной стенок и с утолщенными ребрами и дном, в особенности крупных закрытых изделий с развитой наружной поверхностью и внутренними деталями (перегородками, приставками и т. д.). В этом случае наружные края и выступающие части защищаются от слишком быстрого высыхания с целью более равномерной и одновременной просушки всего изделия в целом. Обжиг производится при SK 6—9 (1 200—1 280°), весьма осторожно и постепенно, в печах периодич. действия (см. *Обжиг* в керамическом производстве). После очень медлен. охлаждения изделия, требующие точной пригонки (краны, пробки и пр.), подвергаются обработке на шлифовальных станках.

До 1914 г. в России было 6 з-дов, изготовлявших керамич. К. и. В 1913 г. изготовлено 940 *m* изделий и импортировано 1 005 *m*.

В настоящее время производство керамических К. и. сосредоточено в трестах Центрошамот, Севхимтрест и Укрсиликаттрест (см. таблицу).

Производство кислотоупорных керамических изделий в 1924/25 и 1925/26 гг. (в *m*).

Наименование трестов	Фасонных изделий		Кислотоупорного кирпича		Итого	
	1924/25	1925/26	1924/25	1925/26	1924/25	1925/26
Центрошамот, завод в Боровичах . . .	437,0	632,1	695,8	1 033,9	1 132,8	1 666,0
Севхимтрест, Кокшанский завод . . .	82,2	24,3	193,1	245,2	275,3	269,5
Укрсиликаттрест	37,6	7,5	0,9	0,7	38,5	8,2
Всего	556,8	663,9	889,8	1 279,8	1 446,6	1 943,7

В ближайшие годы пятилетки 1928/29—1932/33 будет приступлено к постройке крупного завода при ст. Щекино Московско-Курской ж. д., с производительностью в 10 000 *m* канализационных труб и 2 000 *m* керамических К. и. в год.

Лит.: Юрганов В., Керамическ. промышленность России, Справочник Отдела химической промышленности им. Л. Я. Карпова, вып. 2, П., 1922; его же, Производство кислотоупорных изделий перед войной и в настоящее время, «Вестник силикатной промышленности», П., 1921, *6—7*; Слонимский З., Технич. контроль производства керамич. канализационных труб и кислотоупорных изделий, Харьков, 1928; Hecht H., Lehrb. d. Keramik, B., 1923; Singer F., Die Keramik im Dienste v. Industrie u. Volkswirtschaft, Brschw., 1923. **А. Фреберг.**

К. и. металлические. К этим изделиям относятся многие аппараты химическ. производств, некоторые аппараты и арматура металлич. промышленности (напр. травилки), оборудование гальваностегическ. мастерских (никелирование, хромирование, оцинкование и др.) и электроаффинажных з-дов, аппараты бумажных и красильных ф-к и т. п. В качестве материалов для К. и. употребляются как чистые металлы, наприм. медь, никель, свинец, так и многочисленные сплавы, наприм. нержавеющие стали, высококремнистые сплавы (см. *Коррозия* металлов и *Спр. ТЭ*, т. II). В табл. 1 приведены наиболее важные и употребительные материалы, служащие для изготовления К. и.

К достоинствам К. и. относятся: 1) высокая механическ. прочность, что дает возможность устраивать аппараты значительных размеров, работающие при больших статич. (напр. давление) и динамич. (удары жидкостей, твердых тел, подвижные части аппаратов) нагрузках; 2) разнообразие и сравнительная легкость возможных технологическ. обработок и точность изготовления частей конструкций (аппараты м. б. изготовлены весьма сложной формы, осуществима замена частей конструкции); 3) высокая теплопроводность и электропроводность, что для многих аппаратов, например связанных с нагревом и охлаждением, является одним из основн. требований задания; 4) способность выносить резкие температурные колебания; 5) возможность надежного присоединения различных частей конструкции (труб, кранов и т. д.). К недостаткам металлических К. и. следует отнести в первую очередь меньшую по сравнению с керамическими изделиями химич. устойчивость и относительно более высокую цену исходных материалов.

Табл. 1. — Металлические материалы, служащие для изготовления химически устойчивых изделий.

№	Наименование материала	Промышленные марки металлов и сплавов	Тип металла или сплава	Обозначение	Возможная и обычно применяемая обработка *1	Примечание
1	Литая сталь и железо	Торговые сорта железа и стали. Фасонное стальное литье	Fe-C	Ж	Л, Г, Х, Р, Т	
2	Железо «Армко» и электролитическое	Armco Ingot Iron (Америка)	Fe	Жа	Л, Г, Х, Р	
3	Чугун	—	Fe-C	Ч	Л, Р, Т	Р возможно не для всех чугунов
4	Нержавеющая высокохромистая сталь	Ascoloy 63, Carpenter Stainless Steel (1, 2, 3), Stainless (A, B, J) (Америка), V1M, V3M, V5M, V11M (Германия)	Fe-C-Cr	ЖХ	То же, что 1	
5	Нержавеющая сталь типа V2A	Carpenter Stainless St. 4, Duralloy 18—8, Resistal KA2, Stainless N (Америка), V2A, V4A, V6A (Германия), Anka (Англия)	Fe-C-Cr-Ni	V2A	» » » 1	Термическ. обработка редко применяется
6	Высококремнистые сплавы	Kruppsilid (Termisilid) (Германия), Tantiron, Duriron (Америка), Ironac (Англия)	Fe-Si	ЖС	Л, Ш	
7	Специальные железные сплавы		Fe-M_1-M_2 ...	$Ж_{сп.}$		
8	Никель		Ni	Ni	То же, что 2	
9	Нихромы и более сложные сплавы	NCT (4, 6, 8) Nichrome (Германия), Nichrome, Nichrome Castings, Tophet, Illium G. (Америка)	Ni-Cr-M_1 ...	$Ni_{M.}$	» » » 1	
10	Монель-металл	Monel Metall (Америка)	Ni-Cu-Mn	Мт	То же, что 1	
11	Медь		Cu	Cu	» » » 2	
12	Бронзы обычного типа	Бронза оловянистая, бронза оловянно-цинковая, фосфористая, пушечный металл, адмиралтейская бронза	Cu-Sn	Б	Л, Р, Т	
13	Бронзы специального типа	Хромакс-бронза, кобальтовая бронза противокислотная, бронза Хубертца, бронза цинковая кислотоупорная	Cu-Sn-M_1 ...	$Б_{сп.}$	То же, что 12	
14	Латуни обычного типа	Латунь обычная, латунь морская, томпак, Мунц-металл	Cu-Zn	Л	» » » 1	
15	Латуни специального типа	Металл Парсонса, Дюрана металл, кремнистая латунь, никелевые латуни	Cu-Zn-M_1 ...	$Л_{сп.}$	» » » 1	
16	Константан, нейзильбер	Nickel Silver (AB), Barberite, Ambrac, Adnic (Америка)	Cu-Ni	К	» » » 1	
17	Бронза алюминиевая	Aluminium Bronse, Resistac (Америка)	Cu-Al	$Б_{Al}$	» » » 1	
18	Специальные медные сплавы	Everdur (Америка), Irtman Alloys, кремнекобальтовая бронза (Германия)	Cu-M_1-M_2 ...	$Cu_{сп.}$		
19	Алюминий и алюминиевые сплавы	Дуралюмин, Силумин, KS (Германия)	Al; Al-M_1 ...	Al	То же, что 1	Г и Х возможны не для всех сплавов

Табл. 1.—Металлические материалы, служащие для изготовления химически устойчивых изделий. (Продолжение.)

№	Наименование материала	Промышленные марки металлов и сплавов	Тип металла или сплава	Обозначение	Возможная и обычно применяемая обработка *1	Примечание
20	Свинец мягкий		Pb	$Pb_{м.}$	Л, Х	
21	Свинец твердый	Chemical Lead, Hard Lead, Antimonial Lead (Америка)	Pb-Sb	$Pb_{тв.}$	То же, что 20	
22	Олово		Sn	Sn	То же, что 20	
23	Серебро		Ag	Ag	То же, что 2	
24	Эмалированное железо			$Ж_{э.}$		После эмалировки никакая обработка не возможна
25	Хромированное железо			$Ж_{Cr}$		
26	Оцинкованное железо			$Ж_{Zn}$		
27	Освинцованное железо			$Ж_{Pb}$		Возможна только резка, склепка, спайка и в некоторых случаях сварка
28	Луженое железо			$Ж_{Sn}$		
29	Покрытый сплавом металл			$М_{м.}$		

*1 В предпоследней графе введены следующие обозначения: Л—литье; Г—горячая механическ. обработка (ковка, прокатка, штамповка); Х—холодная механическ. обработка (ковка, прокатка, штамповка); Р—обработка режущими инструментами на станке; Ш—обработка на шлифовальных кругах; Т—термическая обработка.

В современной технике для достижения наиболее высоких коэф-тов использования материала и энергии начинают применять: 1) высокие и низкие $t°$ и высокие темп-рные градиенты, 2) высокие давления и высокий вакуум, 3) в наиболее широком объеме электрическ. энергию, 4) наряду с механич. воздействиями и химические. В соответствии с этим и К. и. находят все более широкое распространение, особенно с тех пор, как были найдены различные химически устойчивые сплавы и средства защиты от коррозии металлов.

С технологич. стороны металлическ. К. и. могут быть самых разнообразных типов. Способ изготовления их определяется природой металла и возможностями обработки его, а также характером работы изделия.

Литые К. и. Сюда относятся прежде всего отливки из чугуна и высококремнистых железных сплавов—трубы, чаши и баки для выпаривания и варки, краны, корпуса, насосы и др. Цветное литье (бронзы) идут главн. образом на арматуру (краны, насосы, вентили и т. п.). Способ отливки и последующая термич. обработка весьма часто играют существенную роль как в улучшении механич. качеств, так и в повышении химич. стойкости. Штамповка и выпрессовка (горячая и холодная) применяются для железа и железных сплавов, а также для никеля, серебра, латуни с целью получения изделий простых очертаний (баки без швов, чаши, мелкие детали, заклепки, трубы). Клепка применяется при изготовлении баков, реакторов, колонок, котлов и т. д., а также при присоединении различных частей конструкции (патрубки, люки и т. п.); все швы д. б. прочными и плотными. Широко применяемая сварка влияет не только на механическую прочность, но и на химическую устойчивость конструкции. Места сварки являются наиболее опасными в смысле коррозии, а потому необходимо наблюдать за тем, чтобы не пережечь металла в месте сварки и получить ровный шов с минимумом включений окислов. Для этого применяют электрическую, кислородо-водородную сварку а также сварку одноатомным водородом. При сварке применяются также защитные флюсы. Спайка применяется реже сварки. В отношении механической прочности шов оказывается всегда наиболее слабым местом; однако при помощи соответствующего подбора припоя (например пайка железа латунным припоем) химическ. устойчивость шва может быть получена более высокая, чем остальных мест конструкции. Паяют преимущественно не особенно ответственные и небольшие швы (напр. соединения трубок, арматуры). Детали, обрабатываемые на станках, например штоки насосов, валы мешалок, муфты, играют в К. и. подчиненную роль. В большинстве случаев гладкие тонкошлифованные поверхности лучше всего противостоят коррозии. Применением некорродирующих сплавов в сложных конструкциях (например металлич. или деревянные каркасы, обтянутые тонким листовым материалом) достигают уменьшения веса их и экономии листового материала, зачастую довольно дорогого. Аппараты, по-

Табл. 2.—Применение металлических материало

Реагенты	Изделия / Обозначение материалов	Трубки и трубчатые аппараты для жидкостей	Трубки и трубчатые аппараты для газов, конденсационные аппараты	Камеры реакционные, реакторы	Варочн. котлы, перегон. кубы, приборы для дистилляции, экстракторы	Приборы для выпаривания и концентрации, котлы, чаши	Трубы и трубопроводы для жидкостей
Азотная к-та, HNO_3	ЖХ, V2A, ЖС, $Ж_э$., $Ж_{Cr}$	ЖХ, V2A	ЖС, ЖХ, V2A	—	Ч	ЖС	ЖС, ЖХ, V2A
Бензойная к-та	Al, Ni, Cu, ЖХ, V2A	—	Ni, Ф	—	—	—	—
Жирные к-ты	ЖХ, V2A	Cu, Ф	Al, Cu, ЖС, Ф	—	Cu, $Ж_э$., Ж	Ч	Cu, ЖС
Молочная к-та	Al, V2A	Cu, Ф	—	—	—	Cu, $Ж_э$., Al	Cu
Муравьиная к-та	Б, Cu, Ni, V2A	—	—	—	—	—	—
Серная к-та, H_2SO_4	V2A*3, $Б_{Al}$, К, $Б_{сп.}$, $Cu_{сп.}$	Ф, Pb	Ф, Pb	Pb, Ч*8	—	ЖС	ЖС, Pb
Сернистая к-та, H_2SO_3	V2A	$Pb_{тв.}$, $Б_{Al}$, $Ж_{Pb}$.	$Б_{Al}$*9, $Pb_{тв.}$*10, $Ж_{Pb}$, Ж	—	—	Ч	$Б_{Al}$
Смешанная к-та, HNO_3+ $+H_2SO_4$	V2A	Ж*14	—	ЖС, Pb, $Ж_э$., Ж*14	—	—	—
Соляная к-та, HCl	Ф*2,3, $Ж_{сп.}$, $Ni_{М.}$, V2A*2,3, Ag, Mo, W, Ta	—	Ж*13	—	—	Ч	—
Уксусн. к-та, CH_3COOH	ЖХ, V2A, Ni, $Л_{сп.}$	$Б_{Al}$, ЖХ, Cu*16,17, Ф, Ag	Al*16, $Б_{Al}$, $Ж_э$.*16, ЖС, Ag	ЖХ, V2A, Ж*16	Al*16, Ж, Cu*16,17, V2A, Ni	Cu*17, Al*8, V2A	$Ж_э$.*16, ЖС, ЖХ, Ф, V2A, Ni
Уксусный ангидрид	Cu, $Ж_э$., ЖС, Ж, Pb, V2A	—	—	—	—	—	—
Фосфорная к-та	$Ni_{М.}$, ЖС, V2A, ЖХ	—	—	—	—	—	—
Хлорсульфоновая к-та	V2A	—	—	—	—	—	—
Хлоруксусная к-та	Cu, Pb, Ni, $Ж_э$.	—	—	—	—	—	—
Хромовая к-та	V2A*3	—	—	—	—	—	—

*1 Холодная концентрация выше 90%. *2 Низкие концентрации. *3 Невысокая t°. *4 Концентрация *8Высокие концентрации. *9 t° выше 150°. *10 t° > 200°. *11 t° > 200°. *12 t° > 100°. *13 Сухой. *14 С ной к-ты. В отсутствии воздуха.

Примечание 1. Указаны только важнейшие металлич. материалы. Для многих аппаратов определенны

Примечание 2. При конструировании и выборе материала для аппаратов необходимо принимать во вн и т. п.). В сносках условия указаны только грубо приблизительно. Для точного определения наиболее подх

Примечание 3. В графе второй помещены материалы, вообще применимые для данного реагента, т. к

в химическом аппаратостроении. Реагенты: кислоты.

Трубы и трубопроводы для газов	Поглотит. колонки и башни, скрубберы	Автоклавы	Насосы поршневые и центробежные	Краны, вентили, редукторы	Мешалки	Вентиляторы	Бомбы и баллоны	Сетки	Сосуды, отстойники, мерники	Баки для хранения	Баки для перевозки
ЖС	ЖХ, V2A, ЖСг, Жэ.	—	ЖС, ЖХ, V2A, Al*1	ЖС, V2A	ЖХ, V2A	ЖС	—	V2A	ЖХ, V2A Al*1	ЖХ, V2A, Жэ.	ЖХ, V2A, Al*1
Ni, М	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	Al, Б*2, ЖС, Л, М	ЖС, Б	—	—	—	—	Ч, Ж, Cu Жэ.	—	—
—	—	—	Б, Жэ., ЖХ*3	Б	—	—	—	—	—	Cu, Жэ., Al	Cu, Al
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	Ч, Ж*6, Pb	V2A	БAl*2, ЖС, ЖPb*5, $Pb_{тв.}$*5, М, Ж*7	ЖС, БAl*2	ЖPb	ЖС, $Pb_{тв.}$*2	—	V2A*3, ЖPb	Ч*4, Ж*4, ЖPb, Pb	Ч*4, Ж*4, ЖPb	Ж*4, ЖPb
БAl*10, Ч*11, Pb*10, Ж*13	Ж*12, ЖPb*10, Pb*10	V2A	БAl*8, Pb*8,12, $Б_{сп.}$	БAl	БAl, ЖPb, V2A	—	Ж*13	—	Pb, ЖPb	$Ж_{э.}$*2, 12, ЖPb*2,12	ЖPb
—	—	—	Ж*14, ЖPb	ЖС	—	—	—	V2A, $Ni_{М.}$	Ж*14, ЖPb	Ж*14, ЖPb	Ж*14, ЖPb
—	—	—	Pb*15, М*2,3, ЖС*2	ЖС*2	V2A*2,3, $Ni_{М.}$*2	—	—	—	—	—	—
—	—	—	БAl, ЖС, ЖХ, М, $Б_{сп.}$ Al*16	ЖС, ЖХ, БAl, $Б_{сп.}$ V2A	ЖХ, БAl, Al*8, М, $Л_{сп.}$ V2A	—	—	V2A, М	Al*16, Ж*16	Al*16, Ж*16	Al*16
—	—	—	ЖС	Ч, ЖС	—	—	—	—	Al, Ж	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

~ 85 — 100%. *5 Концентрация ≤ 70%. *6 Концентрация ~ 90% до дымящейся. *7 Концентрация ~ 90%. держание воды ≥ 20%. *15 Концентрация ~ 1—5%. *16 Ледяная. *17 Как замена Al в присутствии муравьи-

данных нет.
мание условия работы аппарата ($t°$, p, присутствие воздуха, загрязненность реагентов посторонними веществами.
дящего материала см. специальную литературу.
иногда источники не указывают на специальное применение.

Табл. 3. — Применение металлических материалов в химическом

Реагент	Изделия / Обозначение материалов	Трубки и трубчатые аппараты для жидкостей	Трубки и трубчатые аппараты для газов, конденсационные аппараты	Камеры реакционные, реакторы	Варочные котлы, перегонные кубы, приборы для дистилляции, экстракторы	Приборы для выпаривания и концентрации, котлы, чаши	Трубы и трубопроводы для жидкостей
Аммиак, NH_3; NH_4OH	Ч*1, Ж*1,2 Al*3,4, V2A, Pb*3, Sn	Ж	Ж*2, Pb	Ж	Ж, $Ж_э$., V2A	—	Ж, ЖХ, V2A
Едкое кали и едкий натр, KOH, NaOH	Cu*5, М*5, Ч*22, Ж*23, K	Ж, М, Ni	—	Ж	Ч, Ж	Ч, Ni	Ч, Ж
Сода	Ч*22, Ж*23, K	Ж	—	—	Ч, Ж, $Ж_э$.	Ч, Ж	Ч, Ж
Алюминий сернокислый, $Al_2(SO_4)_3$	Ч, V2A	Pb	—	Pb, $Ж_{Pb}$	—	$Pb_{тв.}$, $Ж_{Pb}$	Ч, $Ж_{Pb}$
Алюминий хлорист., $AlCl_3$	Ч*7, Ж*7	—	—	—	—	—	—
Аммоний азотнокислый, NH_4NO_3	Al, ЖХ, V2A	Ж, Al	—	—	—	Ч, Al	Ч, Ж, Al
Аммоний сернокислый, $(NH_4)_2SO_4$	М*5, V2A, K	Pb	—	—	М	—	ЖС
Аммоний хлористый, NH_4Cl	Pb*8, ЖХ, V2A	—	—	—	—	—	—
Гидросульфит натрия	Sn, Ni, М, $Ж_э$., Ж	Pb	—	—	—	—	—
Гипосульфит натрия	$Pb_{тв.}$, $Ж_{Pb}$, М, Ni, V2A	—	—	—	—	—	—
Железо хлорное, $FeCl_3$	$Ж_э$., V2A*9, ЖС	—	—	—	—	—	—
Калий цианистый, KCN	Ж, ЖС, ЖХ, V2A	—	—	—	—	—	—
Кальций хлористый, $CaCl_2$	ЖХ	Ж	—	—	—	Ч, Ж	Ч, Ж
Медь сернокислая, $CuSO_4$	Cu, Б, М, ЖХ, V2A	Cu, М	—	—	Cu, М	Cu, Б, М	Cu, М
Натр (калий) азотнокислый, $NaNO_3$, KNO_3	Ж, Ч, ЖХ, К, Б	—	—	—	—	Ч	—
Натр (калий) сернокислый, Na_2SO_4, K_2SO_4	V2A*11, ЖХ, $Б_{сп.}$, К	—	—	—	Ж, Pb, Cu	$Ж_{Zn}$	—
Натр (калий) сернистый, Na_2S, K_2S	ЖХ, К	Pb*12, Ж*13	—	—	—	—	Ж*13
Натр хлористый, NaCl	ЖХ, V2A, Б, К	Л, Cu, М, Ж	—	—	Cu	Ч, Ж	Ч, $Ж_э$.
Цинк хлористый, $ZnCl_2$	V2A, ЖХ, К	—	—	—	Ч	Ч, $Ж_э$.	—
Белильные растворы	—	—	—	—	—	—	Ч, ЖС, $Ж_{Pb}$
Вода *21	ЖХ, V2A, $Б_{сп.}$, $Л_{сп.}$, $Ж_э$., $Ж_{Zn}$	Ж, Л, Cu, М	Ж, Л, Cu, М	—	Ж, Cu, Л	—	—
Иод и бром	Ж*7	—	—	—	—	—	—
Перекись водорода, H_2O_2	ЖХ, V2A	—	—	—	—	—	—
Сульфитная жидкость целлюлозных фабрик	Ж, М, Pb	—	—	—	—	Ч	—
Фенол	V2A	Ag	Ag	—	Ag	—	—
Фруктовый сок	ЖХ, V2A	М, Al, Cu_{Ag}, Cu_{Sn}	—	—	Al	Al, $Ж_э$., М	$Ж_э$., М, Cu_{Sn}
Хлор	V2A*15,16	—	—	Ч, $Ж_э$. Pb, Ж	—	—	—
Хлорная вода	V2A	—	—	—	—	—	Ч*19, $Ж_э$., ЖС
Хлористая сера	Ж, Pb	—	—	—	—	—	—
Щелочная жидкость целлюлозных фабрик	Б, К	М, Ж	—	—	—	Ч, М, Ж	—

*1 Для водных растворов. *2 Для безводного NH_3. *3 Пары; высокая $t°$. *4 Обязательно отсутствие *9 При концентрациях $\geqslant 5\%$. *10 Холодный. *11 Насыщенный, кипящий, а также в присутствии H_2SO_4. *16 Влажный, низкой $t°$. *17 Влажный, $t° \geqslant 100°$. *18 Сухой и сжиженный. *19 $t° \geqslant 70°$. *20 Пере результаты с чугуном специального состава. *23 Наилучшие результаты с железом или сталью специального

аппаратостроении. Реагенты: щелочи, соли и другие соединения.

Трубы и трубопроводы для газов	Поглотит. колонки и башни, скрубберы	Вакуум-аппараты и вакуум-сушилки	Автоклавы	Центрифуги	Насосы поршневые и центробежные	Краны, вентили, редукторы	Мешалки	Вентиляторы	Бомбы и баллоны	Сетки	Сосуды, отстойники, мерники	Баки для хранения	Баки для перевозки
Ж*3, Pb	Ж, Жэ.	—	Жэ.	—	М, Ж, Ч	М, Ж	Ж, Жэ.	—	Ж*2	—	Ж, Жэ.	Ж	—
—	—	Ч, Ж	Ч, Ж М	—	Ч, М	Ч, ЖС	Ж	—	—	—	Ж	Ж	Ж
—	—	—	—	—	Ж, Ч	Ч, Ж	Ж, Жэ.	—	—	—	Ж, Жэ.	Ж, Жэ.	Ж
—	—	—	—	—	ЖС, $Pb_{тв.}$*6, $Ж_{Pb}$*6, Б	Б, ЖС	$Ж_{Pb}$*6, Б	—	—	—	$Ж_{Pb}$*6	$Ж_{Pb}$*6	$Ж_{Pb}$*6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	Ч, Ж, Al	Ч, V2A	Ж, ЖХ	—	—	—	Ж, Al	Ж	Ж
—	$Б_{Al}$, $Ж_{Pb}$, М	—	—	—	ЖС, Pb	ЖС, $Б_{Al}$, V2A	$Ж_{Pb}$	—	—	—	$Ж_{Pb}$, Pb	$Ж_{Pb}$, Pb	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	Pb	—	—	—	$Ж_э$.М, $Ж_{Pb}$	—	—	—	—	—	—	$Ж_{Pb}$	—
—	—	—	—	—	$Ж_{Pb}$, $Pb_{тв.}$	М, V2A	—	—	—	—	$Ж_{Pb}$, $Pb_{тв.}$	$Ж_{Pb}$	—
—	—	—	—	—	ЖС*10	ЖС*10	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Ж	Ж	Ж
—	—	—	—	—	Б, М	Б	Cu, Б	—	—	—	Cu, М	Cu, М	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Ж	Ж	Ж
—	—	—	—	—	Ч, $Б_{сп.}$, Ж	Ч, $Б_{сп.}$	—	—	—	—	Ж	Ж	Ж
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Pb, Ж	Pb*12, $Ж_{Pb}$*12, Ж*13	—
—	—	—	—	—	Б, Ч, М	Б, Ч	$Ж_э$., Б, Л	—	—	—	$Ж_э$.	$Ж_э$.	—
—	—	—	—	—	М, ЖС, Ж	—	—	—	—	—	—	Ж*14	—
—	—	—	—	—	Ч, ЖС, $Ж_{Pb}$	М, Ч, ЖС	—	—	—	—	—	М	—
—	—	—	—	—	Ж, Ч, Б, М, $Ж_м$	Ni*20, М*20, V2A*20, Б, $Ж_м$	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	Ч, $Pb_{тв.}$, Б	—	—	—	—	—	Ж, Pb, $Ж_{Pb}$	Ж, $Ж_{Pb}$	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$Ж_э$.	$Ж_э$.	—
—	—	—	—	—	Б, М, ЖХ, Cu_{Sn}	—	—	—	—	—	—	$Ж_э$., М, Cu_{Ag}, Cu_{Sn}	—
Ч*15, ЖС*15 $Ж_{Pb}$*17 Ж*15	—	—	—	—	—	М*18, Ag, $Ж_{сп.}$, V2A	—	Ч*16, ЖС	Ж	—	—	—	—
—	—	—	—	—	Ч*19, $Ж_э$., ЖС	$Ж_{сп.}$, ЖС	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	Ж	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	Ч, Ж	Ч	—	—	—	—	—	Ж	—

щелочей. *5 Для фильтров. *6 Концентрация >20° Bé. *7 Безводный. *8 При концентрациях до 10%. *12 Концентрация 5—25%. t° > 100°. *13 Высокие концентрации. *14 Д. б. свободен от меди. *15 Сухой, t°~100°. гретый пар. *21 Действие в большой степени зависит от состава воды, t° и других условий. *22 Наилучшие состава (например 3% Ni-сталь).

строенные из металлич. и неметаллич. материалов (футерованные котлы, баки, трубчатые аппараты с керамиковыми трубками), имеют существенные недостатки: трудно достижимая плотность присоединяемых разнородных частей; не всегда надежные замазки, заливки и т. д.; недостаточная механическ. прочность; разность коэфициентов теплового расширения керамики, стекла и металлов.

При комбинировании в одном К. и. различных металлическ. материалов необходимо учитывать явления контактной коррозии и принимать следующие меры. 1) Избегать соединения металлов, сильно различающихся по химич. устойчивости,—например железа и нержавеющей стали. Во всяком случае поверхность более устойчивого металла в конструкции д. б. значительно меньше, чем поверхность менее устойчивого (допустимы краны, трубки из специальных сплавов в обычных железных или чугунных конструкциях, но не наоборот). 2) Наиболее ответственные части конструкции д. б. приготовлены из материалов несколько более устойчивых, чем остальные части конструкции. Так для заклепок в железных конструкциях можно применять железо более чистое или с небольшими количествами специальных добавок, повышающих химич. устойчивость металла (напр. Ni). Краны, вентили, тонкостенные трубки из стали V2A м. б. присоединяемы к аппаратам из обычной нержавеющей стали или никеля. 3) Наименее устойчивые части аппаратов, которые страдают от действия реагентов больше других, следует делать отъемными, легко заменяемыми. 4) В тех случаях, где загрязнение жидкости разрушаемым металлом не имеет значения (охладительные растворы, отходящие загрязненные воды и т. п.), полезно применять металлические протекторы (цинк для железных и медных конструкций в нейтральных и слабокислых растворах, цинк для алюминия и цинк и кадмий для дуралюмина в нейтральных растворах).

Из К. и., изготовленных с применением металлических материалов, покрытых другими металлами, наибольшее значение имеют освинцованные аппараты. Хромированные изделия применяются пока при работе с сульфатными щелоками и в камерах для крекингования. Оцинкованные и кадмированные части аппаратов допустимы только для работы на открытом воздухе и в пресной воде. Кадмирование значительно надежнее оцинкования.

В табл. 2, 3 представлены данные относительно металлических материалов, применяемых при изготовлении главнейших типов аппаратов. Таблицы составлены на основании главным образом американских и германских данных. Обозначения материалов в таблицах те же, что и в табл. 1.

В применении материалов для кислотоупорных изделий за последнее время намечаются след. тенденции: 1) замена обычных сортов железа и чугуна специальными железными сплавами, 2) замена меди и медных сплавов специальн. железными сплавами, 3) в группе медн. сплавов переход от меди и обычных медных сплавов к специальным, 4) широкое применение освинцованного железа, 5) широкое применение штамповки, выпрессовки, а также сварки (где это возможно), 6) отыскание правильных комбинаций материалов в конструкциях. Весьма важным является также согласование вопроса об изготовлении К. и. с естественными производительными ресурсами страны, в частности например вопрос о суррогатировании никеля в сплавах.

В СССР изготовление металлическ. К. и. лишь начинает налаживаться. Главные трудности—в неподготовленности металлургических баз в этом отношении, новизне дела и отсутствии заводов химич. машиностроения со специальным оборудованием.

Лит.: Акимов Г. В., Металлы и сплавы для химического аппаратостроения, М.—Л., 1929; Металлы химич. аппаратуры, «Америк. техника и промышленность», Нью Йорк, 1929, т. 6, *8*; Tungay S., Acid-Resisting Metals, London, 1925; Hamlin M. and Turner F., Chemical Resistance of Engineering Materials, N. Y., 1923; Calcott W. S., Whetzel J. C. and Whittaker H. F., Monograph on Corrosion Tests a. Materials of Construction for Chemical Engineering Apparatus, New York, 1923; Speller F., Corrosion Causes a. Prevention. An Engineering Problem, New York, 1926; Symposium in Corrosion-Resistant. Heat-Resistant and Electrical-Resistant Alloys, «Proc. Am. Soc. of Testing Materials», Philadelphia, Pa., 1924; Materials of Construction Issue, «Chemical and Metallurgical Engineering», N. Y., 1929, v. 36, *9*; «I. Eng. Chem.»; «Chemical and Metallurgical Engineering», New York; «Korrosion u. Metallschutz», Berlin, ab 1927; «Chemische Apparatur», Leipzig, ab 1914. **Г. Акимов.**

КИСЛОТЫ, химич. соединения, водород которых способен замещаться металлами. В зависимости от числа атомов водорода, способных обмениваться на металл, различают одноосновные, двуосновные и многоосновные К. Общим свойством всех К. является их способность распадаться в водных растворах на положительно заряженный ион водорода ($H^{\cdot}$) и соответствующий анион. Величина этого распада—*степень диссоциации*, определенная в некоторых постоянных условиях, характеризует собою *силу* данной К. Экспериментально степень диссоциации м. б. определена следующими способами: 1) измерением электропроводности; 2) измерением эдс концентрационных цепей; 3) измерением скорости реакций, протекающих под влиянием $H^{\cdot}$-ионов (например омыления сложных эфиров, разложения диазоуксусного эфира, инверсии тростникового сахара); 4) измерением распределения основания между двумя К.

По степени диссоциации в $^1/_1N$ растворах К. разделяются на сильные (диссоциированные более, чем на 50%), средние (диссоциированные более, чем на 1%) и слабые (диссоциация которых не достигает 1%). Ниже приведены степени диссоциации некоторых наиболее важных К.

Кислоты	%
Иодистоводородная, HJ	90,0
Бромистоводородная, HBr	90,0
Азотная, HNO_3	88,9
Хлористоводородная, HCl	87,5
Марганцовая, $HMnO_4$	80,5
Серная, H_2SO_4	51,0
Фосфорная, H_3PO_4	16,0
Фтористоводородная, HF	7,0
Угольная, H_2CO_3	0,17
Сероводород, H_2S	0,07
Синильная, HCN	0,01
Борная, H_3BO_3	0,01

При возрастании концентрации К. в растворе степень диссоциации падает. Концен-

трированные К., выпускаемые в продажу, диссоциированы весьма слабо; так, 98%-ная H_2SO_4 диссоциирована только на 0,7%, 63%-ная HNO_3—на 9,6% и 36%-ная HCl—на 13,3%. В виду того, что степень диссоциации К. является функцией их концентрации, в качестве меры силы К. пользуются независимой от концентрации величиной—к о н с т а н т о й д и с с о ц и а ц и и (см. *Диссоциация электролитическая*). Напр. перечисленные ниже слабые К. имеют следующие константы диссоциации K (при 25°):

Кислоты	K	Кислоты	K
Муравьиная	$2 \cdot 10^{-4}$	Угольная	$3{,}0 \cdot 10^{-7}$
Сернистая	$1{,}7 \cdot 10^{-2}$	Сероводород (при 18°)	$5{,}7 \cdot 10^{-8}$
Мышьяковая	$5{,}0 \cdot 10^{-5}$	Борная	$6{,}5 \cdot 10^{-10}$
Уксусная	$1{,}86 \cdot 10^{-5}$		
Азотистая	$4{,}5 \cdot 10^{-4}$		

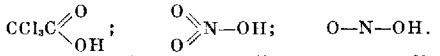
Константа диссоциации К. зависит только от $t°$, причем это влияние для различных К. выражается различным образом. Так, при 0° кремневая к-та, H_2SiO_3, является более сильной К., чем вода, а при 300° вода сильнее кремневой К. Для качественного открытия К. пользуются и н д и к а т о р а м и (см. *Индикаторы* в х и м и и)—красителями, обладающими способностью менять свою окраску при достижении определенной концентрации ионов водорода в растворе. Напр. водные растворы лакмуса в присутствии свободных К. окрашиваются в красный цвет, красные (щелочные) растворы фенолфталеина и желтые *n*-нитрофенола становятся бесцветными, желтые растворы метилрота и метилоранжа окрашиваются соответственно в красный и розовый цвета, а красный конго (от сильных К.)—в синий.

Другим свойством, общим для всех К., является их способность образовывать *соли* (см.) при взаимодействии с основаниями:

$$Ac \cdot H + B \cdot OH = Ac \cdot B + H_2O$$

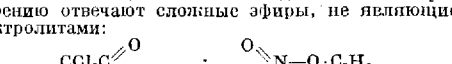
(Ac—кислотный радикал, B·OH—основание).

В чистом безводном состоянии многие К. не являются электролитами и обладают иными свойствами, чем их водные растворы. Особенно резкие различия между безводными и водными К. наблюдаются в их оптических свойствах. В то время как спектры поглощения ультрафиолетовых лучей нек-рых сильных К. (азотной, галоидоводородных, трихлоруксусной и других) в водных растворах аналогичны спектрам их солей,—безводные К. дают кривые поглощения ультрафиолетового света, сходные с кривыми, которые характерны для сложных эфиров этих К. Так как исследование спектров поглощения является одним из надежнейших методов определения строения веществ, то вполне вероятно, что строение безводных К. аналогично эфирам, а строение водных К. тождественно с их солями. На основании этих наблюдений Гантчем была предложена теория строения К., которая в основных чертах сводится к следующему. В безводном состоянии К. не имеют атомов водорода, связанных ионогенно (т. е. способных отщепляться в виде иона), и строение их отвечает ф-лам:



трихлоруксусная К. азотная К. азотистая К.

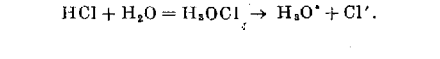
В них водород соединен с кислородом (или с другим отрицательным атомом) нормальной валентностью и не способен отщепляться в виде иона. Этому же строению отвечают сложные эфиры, не являющиеся электролитами:



Далее Гантч принимает, что кислоты с водой образуют солеобразные соединения — г и д р о к с о н и е в ы е с о л и, аналогично тому, как с аммиаком образуются аммониевые соли:

$$HCl + NH_3 = NH_4Cl \rightarrow NH_4^{\cdot} + Cl'$$
$$HCl + H_2O = H_3OCl \rightarrow H_3O^{\cdot} + Cl'.$$

Эти соли распадаются на ион г и д р о к с о н и я $(H_3O)^{\cdot}$ и соответствующий анион; поэтому водные растворы К. обладают теми же оптическими свойствами, что и настоящие соли. К. же в безводном состоянии не имеют ионогенных связей, не диссоциированы и становятся электролитами только после соединения с водой; например:



безводная К. (неэлектролит) сложный эфир (неэлектролит) гидроксониевая соль (электролит)

Эти представления были подтверждены рентгенографическ. исследованиями, обнаружившими, что в узлах кристаллич. решетки, например гидрата хлорной К., $HClO_4 \cdot H_2O$, находятся группы H_3O и ClO_4. По Гантчу К.—это соединения водорода с отрицательными атомами или атомными комплексами, обнаруживающие склонность замещать водород более положительными атомами или группами. Мерой измерения силы данной К. должна служить эта тенденция к образованию солей. Сильные К. в водных растворах полностью переходят в гидроксониевые соли и потому нацело диссоциированы. Солеобразование у слабых К. протекает только частично; К. и гидроксониевая соль одновременно присутствуют в растворе,—диссоциация слабая. Дальнейшее исследование показало, что нек-рые К. и в чистом безводном состоянии не состоят из идентичных молекул, но представляют собой смеси К. с а ц и л и е в ы м и с о л я м и; под последними Гантч понимает соединения из двух молекул К., распадающиеся на разноименно заряженные ионы. Например, безводная азотная К., кроме соединения

(неэлектролита), содержит нитрат нитрония

$[NO(OH)_2]^{\cdot}[NO_3]'$.

Минеральные К. Бескислородные К. получаются либо восстановлением определенных элементов соответствующими восстановителями либо непосредственным синтезом из элементов:

$$J_2 + H_2S = 2HJ + S; \quad J_2 + H_2 = 2HJ.$$

Кислородные К. представляют собой гидраты окисей металлоидов и получаются присоединением воды к этим окисям:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4; \quad CO_2 + H_2O = H_2CO_3.$$

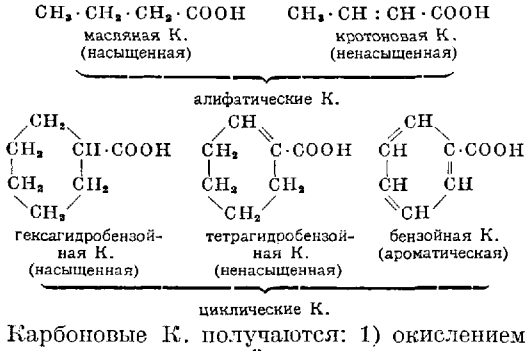
Высшие окислы многовалентных металлов, по свойствам близко подходящие к металлоидным окислам, присоединяя воду, также образуют К.:

$$CrO_3 + H_2O = H_2CrO_4; \quad Mn_2O_7 + H_2O = 2HMnO_4.$$

Многие кислородные К. являются энергичными окислителями (например марганцовая, азотная, хромовая). При замещении гидроксильных групп в К. хлором образуются х л о р а н г и д р и д ы к и с л о т, из которых многие имеют применение в технике,—напр. *хлорсульфоновая кислота* (см.), хлористый сульфурил, хлористый тионил (см. *Серы соединения*), *фосген* (см.), хлорокись фосфора (см. *Фосфора соединения*). О свойствах отдельных технически важных К. см. соответствующие статьи.

Органические К. составляют обширный класс органическ. соединений. Они м. б. подразделены на две основных группы: 1) карбоновые К. и 2) все остальные (не карбоновые) К. К последним принадлежат многие соединения, водород которых способен обмениваться на металлы. Сюда относится ряд гидроксильных соединений, в которых гидроксил, находясь под влиянием отрицательн. атомов или атомных комплексов, приобретает кислотные свойства (напр. мочевая кислота, пикриновая кислота). Аналогом галоидоводородных кислот в органическ. химии является цианистый водород (см. *Синильная кислота*). Особо важное значение в технике имеют *сульфокислоты* (см.).

Карбоновые К. характеризуются присутствием одной (в одноосновных К.) или нескольких (в многоосновных К.) карбоксильных групп $-C\overset{O}{\underset{OH}{<}}$. В зависимости от строения углеродного скелета, с к-рым связана карбоксильная группа, различают алифатические, или *жирные кислоты* (см.) и циклические К. Из циклич. К. наибольшее технич. значение имеют *ароматические кислоты* (см.). Далее различают ненасыщенные и насыщенные К., в зависимости от того, имеются ли в молекуле кратные связи между атомами углерода или нет.



Карбоновые К. получаются: 1) окислением первичных алкоголей или альдегидов:

$$R\cdot CH_2\cdot OH \xrightarrow{O} R\cdot C\overset{O}{\underset{H}{<}} \xrightarrow{O} R\cdot COOH;$$

ароматич. К. получаются также окислением соответствующих углеводородов, например:

$$\underset{\text{толуол}}{C_6H_5\cdot CH_3} \xrightarrow{O_2} \underset{\text{бензойная К.}}{C_6H_5\cdot COOH};$$

2) гидролизом (или гидратацией) сложных эфиров (например жиров, масел), ангидридов, хлорангидридов и амидов кислот, трехгалоидных производных углеводородов (вида $R\cdot CX_3$) и нитрилов:

I. $\underset{\text{трипальмитин}}{(C_{15}H_{31}\cdot CO\cdot O)_3C_3H_5} + 3H_2O = \underset{\text{глицерин}}{C_3H_5(OH)_3} + 3\underset{\text{пальмитиновая К.}}{C_{15}H_{31}\cdot COOH};$

II. $\underset{\text{уксусный ангидрид}}{(CH_3\cdot CO)_2O} + H_2O = 2\underset{\text{уксусная К.}}{CH_3\cdot COOH};$

III. $\underset{\text{хлористый ацетил}}{CH_3\cdot CO\cdot Cl} + H_2O = CH_3\cdot COOH + HCl;$

IV. $\underset{\text{ацетамид}}{CH_3\cdot CO\cdot NH_2} + H_2O = \underset{\text{ацетат аммония}}{CH_3\cdot COONH_4};$

V. $\underset{\text{бензотрихлорид}}{C_6H_5\cdot CCl_3} + 2H_2O = \underset{\text{бензойная К.}}{C_6H_5\cdot COOH} + 3HCl;$

VI. $\underset{\text{ацетонитрил}}{CH_3\cdot CN} + 2H_2O = \underset{\text{ацетат аммония}}{CH_3\cdot COONH_4};$

3) действием окиси углерода на алкоголяты или действием двуокиси углерода на металлорганические соединения:

$$CH_3\cdot ONa + CO = CH_3\cdot COONa;$$
$$C_2H_5\cdot Na + CO_2 = C_2H_5\cdot COONa;$$
$$C_6H_5\cdot MgJ + CO_2 = C_6H_5\cdot COOMgJ \xrightarrow{H_2O} C_6H_5\cdot COOH;$$

4) через производные ацетоуксусного или малонового эфиров (см. *Синтез органический*).

Карбоновые К.—частью жидкие, частью кристаллич. вещества. Их свойства обусловливаются гл. обр. присутствием карбоксильной группы; вместе с тем природа органич. радикала, с к-рым связан карбоксил, влияет на реакционную способность последнего. Кислотность карбоксила возрастает, если с ним связан ароматический (арил) или ненасыщенный радикал, или если при ближайшем к карбоксилу атоме углерода находится отрицательный атом либо атомный комплекс (Cl; NO_2; другая COOH-группа и т. д.). Карбоновые К. характеризуются следующими реакциями. 1) Атом водорода в карбоксиле может быть замещен металлами (с образованием солей), алкилами или арилами (получаются сложные эфиры) или ациловым остатком (получаются ангидриды К.):

$$CH_3\cdot COOH + KOH = CH_3COOK + H_2O;$$
$$CH_3\cdot COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O;$$
$$CH_3\cdot COOH + CH_3\cdot COOH = CH_3\cdot CO\cdot O\cdot CO\cdot CH_3 + H_2O.$$

2) Гидроксил карбоксильной группы может обмениваться на галоиды, аминогруппу $-NH_2$ и на группы $-NH\cdot NH_2$, $-N_3$, $-SH$, $-NH\cdot OH$; при этом образуются соответственно: галоидангидриды К., амиды, гидразиды, азиды К., тиокислоты и гидроксамовые К. Например:

$$CH_3\cdot COOH + PCl_5 = CH_3\cdot COCl + POCl_3 + HCl;$$
$$CH_3\cdot COONH_4 \xrightarrow{\text{нагрев.}} CH_3\cdot CONH_2 + H_2O;$$
$$5CH_3\cdot COOH + P_2S_5 = 5CH_3\cdot COSH + P_2O_5.$$

3) При нагревании кальциевых солей карбоновых К. происходит отщепление CO_2 и образуются кетоны:

$$(CH_3\cdot CO\cdot O)_2Ca = \underset{\text{ацетон}}{CH_3\cdot CO\cdot CH_3} + CaCO_3;$$

Если нагреванию подвергать смесь кальциевых солей какой-либо К. и муравьиной К., то получаются альдегиды:

$$\begin{matrix}CH_3\cdot CO\cdot OCa_{1/2}\\ +\\ H\cdot CO\cdot OCa_{1/2}\end{matrix} = \underset{\text{ацетальдегид}}{CH_3\cdot CHO} + CaCO_3.$$

Многие карбоновые К. встречаются в природе в виде сложных эфиров, как главная составная часть животных и растительных жиров и масел (см. *Жиры и масла*), а также и *эфирных масел* (см.). Другие К. (муравьиная, уксусная, щавелевая, бензойная, фталевая, коричная, янтарная, масляная, валериановая, малоновая, малеиновая и друг.) приготовляются синтетически и находят разнообразное применение в технике (см. соответствующие статьи).

Лит.: Чичибабин А. Е., Основные начала органической химии, 2 изд., М.—Л., 1929; Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. organ. Chemie, 2 Auflage, B. 1, B.—Lpz., 1922; Oppenheimer C., Kurzes Lehrbuch d. allgem. Chemie in Natur u. Wirtschaft, Leipzig, 1923. **С. Медведев.**

КИСЛЫЙ ПРОЦЕСС, получение стали в мартеновских печах, электрических печах и в конвертере, футерованных кислыми огнеупорными материалами. В конвертере К. п. ведется продувкой чугуна, а в печах—плавкой смеси чугуна с железом. Наличие кремнистой футеровки исключает возможность применения основного флюса в процессе передела. Благодаря этим условиям удаление в шлак фосфора и серы из металлич. ванны делается невозможным, вследствие чего в передел идут чистые сырые материалы. Такие материалы обходятся дорого и не везде м. б. получены в требуемом количестве. При К. п. в мартеновской печи сгорание вредных примесей железа идет медленнее, чем при *основном процессе* (см.). Этими обстоятельствами объясняется факт постепенного упразднения К. п. на металлургическ. заводах разных стран. Лишь для Англии и Швеции

он еще не утратил значения (мартеновским переделом в Англии готовят судовую сталь, а в Швеции—высококачественный металл из чистейшего древесноугольного чугуна на древесном газе, лишенном серы).

КИТОВЫЙ УС, роговой материал мелкой промышленности, добываемый из пасти беззубых китов. Из числа ок. 30 видов китообразных подотряда б е з з у б ы х (Mysticetae) только 9 видов доставляют К. у. промышленного значения, причем три вида н а с т о я щ и х к и т о в (Balaenidae) дают материал более высокого качества, а киты п о л о с а т и к и (Balaenopteridae)—худшего (по длине пластинок и по темной их окраске). Промышленные виды китообразных: 1) гренландский кит (Balaena mysticetus), водящийся в арктич. области; К. у. от него считается наиболее ценным; 2) бискайский или нордкапский кит (B. biscayensis), водящийся в северной части Атлантического океана, между Ирландией и Гебридскими островами, и близкий к нему японский кит (B. japonica); 3) южный кит (B. australis), водящийся в антарктической области; 4) длиннорукий полосатик, или горбач (Megaptera longimana и M. nodosa Bonn.), водящийся в Атлантическом и Тихом океанах; 5) большой полосатик (Balaenoptera musculus L.), водящийся почти во всех морях; 6) финваль (Balaenoptera physalus, или Physalus antiquorum) — вид, общий всем океанам и морям; К. у. финваля и горбача заметно отличается от доставляемого настоящими китами и носит особое рыночное название Finnfisch, в отличие от собственно К. у. (Fischbein); 7) Balaenoptera borealis—главн. обр. между Ирландией и Исландией; 8) Balaenoptera hyperoodon—преимущественно в Норвежском море; 9) калифорнийск. серый кит (Rhachianectes glaucus Cope) водится у берегов Калифорнии, а также в японских водах.

К. у. представляет ткань, из которой построены продолжения небных складок кита; она состоит из роговых волокон, сросшихся в длинные, тонкие пластины или горбыли с бахромчатым нижним краем, свешивающиеся в ротовую полость с поперечных валиков неба. Число таких пластин у кита 300—600; средние пластины длиннее крайних. У гренландского кита длина пластин бывает 200—500 *см* при ширине 35 *см* и толщине 10 *см*. Взрослое животное даст 750—1 600 *кг* К. у., в отдельных случаях до 2 500 *кг*. К. у. от финваля значительно короче и по длине редко превосходит 122 *см*; кроме того волокна его гораздо грубее.

Д о б ы ч а К. у. составляет один из моментов китоловной промышленности, мощность к-рой характеризуется в среднем числом 4 000 животных за год, на сумму около 70 млн. долл. Извлечение К. у. из пасти производится ударами режущей лопаты по углублениям желобка между деснами и челюстной частью; затем К. у. разделяют на куски, содержащие по 3—6 пластин. После очистки от мяса и жира, пластины тщательно промывают в соленой воде, просушивают и распиливают на возможно длинные куски. Дальнейшая обработка состоит в двухчасовом размягчении кипящею водою, растягивании К. у. на особых винтовых верстаках и разрезании его при помощи специальных кривых ножей на сортовые куски. В продажу К. у. поступает в следующих сортах: 1) четырехгранные штабики—так наз. зонтичный К. у.; 2) плоские куски шириною 3—4,5 *см*; 3) прутья; 4) волокно (для плетеных изделий); 5) стружки и волокна, отделенные при обработке и очистке К. у.; 6) крошка (материал для роговой муки).

С в о й с т в а К. у. По химическ. составу вещество К. у. относится к кератинам, подгруппе настоящих белков. Оно характеризуется нерастворимостью в воде, разбавленных к-тах и щелочах и способностью набухать в конц. уксусной к-те и конц. растворе KOH на холоду с последующим постепенным разложением, ускоряющимся при нагревании. К. у. содержит до 5% серы и дает положительную милоновую и ксантопротеиновую реакции. К. у. заметно гигроскопичен; при нагревании (в воде или в песке) он становится пластичным, принимает под давлением любую форму и по охлаждении сохраняет ее. В механическ. отношении К. у. обладает большой упругостью и гибкостью, высокими коэф. прочности на разрыв и на изгиб, довольно значительной твердостью и почти несравнимо тонкой расщепляемостью. Кроме указанных свойств следует отметить еще хорошую механич. обрабатываемость, способность штамповаться в нагретом состоянии, принимать полировку, серебрение [1] и окраску [2]. Прокрашивание К. у. в массе достигается выдержкою его в ванне, составленной из равных объемов четырех отдельно заготовленных водных растворов (1% хлористого бария, 1% хлористого кальция, 2% хлористого цинка, 3% квасцов) и последующим погружением в спиртовый раствор органического красителя.

П р и м е н е н и е К. у. основано главным образом на его упругости и гибкости. Пластинки К. у. используются при изготовлении одежды, корсетов, ортопедических изделий, вееров, зонтов, охотничьего снаряжения. Из толстых кусков К. у. выделываются трости, ручки, рукояти и т. п. Расщепляемость К. у. на тонкие и упругие волокна позволяет применять его как материал для тканья и набивки; волокна К. у. иногда вводятся в тяжелые шелковые ткани (для придания большей упругости); они идут также на изготовление плетеных хлыстов, бичей, сандалий, портсигаров, сигарных ящиков и на набивку экипажных подушек. Горячей штамповкой из К. у. выделывают пуговицы, туалетные принадлежности и предметы роскоши. Наконец значительное содержание азота в К. у. (7—14%, смотря по засоренности крошки) повело к переработке отбросов его на р о г о в у ю м у к у, применяемую в качестве удобрения.

З а м е н и т е л и и с у р р о г а т ы К. у. Высокая цена на К. у. издавна побуждала искать для него подходящих заменителей. Кроме стальных пластинок или проволок, для этой цели м. б. использованы соответственно переработанные (измельчением, химич. обработкой и прессованием) роговые пластинки, сухожилия, связки, кости, рога, копыта и кожа крупных животных, а также различные искусственные пластические мас-

сы. Наиболее удачными заменителями К. у. оказались продукты обработки твердых растительных волокон—напр. валлозин, изобретенный Феклером [3]. Для производства этого материала идет испанский камыш (стволы ротанговых пальм рода Calamus L.). С него снимают кору, извлекают кремнекислоту из древесины, расщепляют ее на четырехгранные призмы, окрашивают в черный цвет, пропаривают под давлением, высушивают и пропитывают под давлением особым составом (он получается из трех растворов: 8 ч. гуттаперчи в 16 ч. каменноугольного дегтя, 1 ч. каучука в 12 ч. того же дегтя и 1 ч. серы в 12 ч. того же дегтя); после пропитки материал подвергается вулканизации и испарению растворителя. Другим растительным заменителем К. у. служит (в Америке) т. н. к о р а л и н—волокно из листьев некоторых мексиканских агав—напр. Agave Funkiana, известной под названием и с т л е (иштле), т а м п и к о и г о н д у р а с с к о й т р а в ы.

Имеется целый ряд предложений изготовлять суррогаты К. у. из животной кожи, путем обработки ее по следующим способам: 1) Коже дают набухнуть в растворе извести и сернистого натрия; затем ее, не промывая, отверждают погружением в концентрированный раствор двухромовокислого калия, сильно спрессовывают и пропитывают водоупорными веществами—каучуком, олифою или лаком [4]. 2) Кожу, освобожденную от мездры и волос, выдерживают в течение 48 час. в смеси 2 ч. амилацетата с 1 ч. ацетона, затем посредством кисти кроют раствором, состоящим из равных количеств целлюлоида, ацетона и амилацетата, и наконец выдерживают кожу в течение 24 ч. в ванне из 1 ч. 90%-ного спирта и 2 ч. белого шеллака; полученный материал по упругости напоминает рог или К. у. и обладает высокими электроизолирующими свойствами [5]. 3) Невыделанную кожу обрабатывают паром для частичного превращения в клей, затем насыщают скипидаром и, после просушки на воздухе, олифят и лакируют [6]. 4) Способ Зепена и Лехсена состоит в горячем прессовании кожи, предварительно выдержанной в течение 2—6 дней в растворе хромовых квасцов с хлористым натрием [7]. 5) Кожа, предварительно разрезан. на полоски, выдерживается в течение 10 час. в известковой воде, затем 3—15 дней—в растворе поташа, окрашивается и прессуется [8]; после проварки в воде, смягчения вазелином и повторной прессовки такая кожа дает материал, к-рый, будучи отполирован и покрыт коллодием или лаком, годен для замены китового уса.

В качестве заменителя К. у. предлагалась также наслоенная тонкая бумага, пергаментированная конц. серной кислотой [10]. Иногда основание заменителя производят искусственно—наприм. ткань из конского волоса с хлопком или шерстью пропитывают парáкаучуком, прессуют под большим давлением при нагреве и разрезают по направлению конского волоса [11]. Наконец имеются предложения выделывать суррогаты К. у. непосредственно из пластическ. масс. Таков напр. с о с т а в Г у д ъ и р а (Goodyear) [12], состоящий из 500 ч. каучука, 250 ч. серы, 250 ч. сернистой сурьмы, 200 ч. шеллака и 200 ч. магнезии, с добавкою в некоторых случаях 250 ч. каменноугольного дегтя; изделия из этой массы подвергаются прогреву при $t°$ 120—150°. Сходной по составу пластич. массой является т. н. б а л е н и т [12,3].

Лит.: [1]) B e c k e r, «Dinglers polytechn. Journal», Stg., 1858, B. 147; [2]) «Techn. Rundschau», Beilage 7 z. d. «Berliner Tageblatt», Berlin, 1908, p. 395; [3]) V ö k l e r Th., «Bayer. Kunst- u. Gewerbeblatt», Mch., 1856, p. 659; [4]) Г. П. 72923, 72551; [5]) Г. П. 244566; [6]) Г. П. 81600; [7]) Г. П. доб. 91825; [8]) Ам. П. 983791, Ф. П. 422248; [9]) Г. П. 78053; [10]) Г. П. 77218; [11]) Г. П. 293103; [12]) G o o d y e a r, «Hannover Mitteilungen», Hannover, 1855, p. 294.

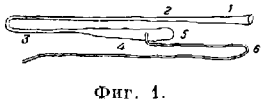
Б р е м А. Э., Жизнь животных, 3 изд., пер. с нем., т. 4, СПБ, 1911; Г р и м м О., О китоловстве и влиянии его на рыболовство, «Сельское хозяйство и лесоводство», СПБ, 1880; с г о ж е, О китобойном промысле на Мурмане, СПБ, 1886; Ф а у с е к В., На далеком Севере, «Вестник Европы», Петербург, 1891; T r e s s l e r D. K., Marine Products of Commerce, p. 624—646, New York, 1923; B r e h m A., Tierleben, B. 12—Saugetiere, Lpz.—W., 1920; A n d r e w s, Whale Hunting with Gun a. Camera, N. Y., 1916; J e n k i n s J. T., History of the Whale Fisheries, London, 1921; P ö s c h l V., Warenkunde, 2 Auflage, B. 2. p. 311, Stuttgart, 1924; P ö s c h l V., Technische Mikroskopie, Stuttgart, 1927; N e b e s k y O., Beiträge zur histologischen Charakteristik der Hornmaterialien, «11 Jahresbericht d. Wiener Handelsakademie», W., 1883, p. 217, 219; M a r s c h a l k F., Horn-, Elfenbein- u. Fischbeinersatz, «Kunststoffe», Mch., 1911, Jg. 1, p. 187 (сводка 86 патентов); H o f m a n n P., ibid., B. 1, p. 187 (заменители); «Chemisch-technische Industrie», B.—Schöneberg, 1918, *38*.

П. Флоренский.

КИШЕЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО имеет целью утилизировать части желудочно-кишечного тракта убойных животных для промышленных надобностей. Кишки в переработанном виде имеют применение: в колбасном производстве (оболочки для колбасных изделий), для изготовления музыкальных и теннисных струн, кетгута (бараньи черевы), оболочек для сыров (желудки рогатого скота) и экстракта для створаживания молока в сыроварении (телячьи сычуги). Оболочка кишек убойных млекопитающих в поперечном разрезе состоит из след. трех слоев: внешнего—серозного, внутреннего—рыхлого, слизистого и среднего—мускульного, образующего стенку кишки. Обработкой кишек удаляют внешний и внутренний слои, и освобожденный средний мускульный слой консервируется двумя способами—посолкой или сушкой. В этом и состоит основная задача кишечного производства.

В К. п. имеет применение различного рода кишечное сырье (см. табл.).

На фиг. 1 приведена схема кишечника крупного рогатого скота, где *1*—проходник, *2*—широкие круги, *3*—узкие круги, *4*—открытый конец синюги, *5*—глухой конец синюги, *6*—черевы; на фиг. 2—схема кишечника свиньи, где *1* и *2*—гузенка, *3*—кудрявка, *4*—глухарка, *5*—черевы, *6*—желудок.



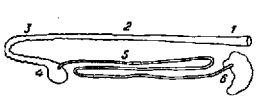
Фиг. 1.

Переработка кишек в общих чертах их сводится к следующему. 1) С кишечника, получаемого с бойни, удаляют брыжейку (о т о к у), к которой прикреплены кишки, и срезают жир. 2) Кишки освобождают от содержимого и промывают водой. 3) Снаружи тонким ножом удаляют слизь и сало—кишки пинзелюются. 4) Кишки выворачи-

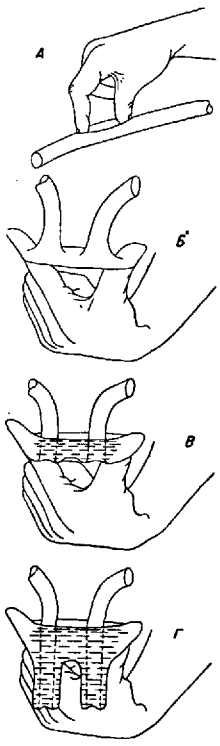
Виды кишечного сырья.

Анатомические названия	Промышленные названия	Естественная длина в *м*	Диаметр в широком (*D*) и в узком (*d*) концах в *мм*
От крупного рогатого скота (быка, вола, коровы):			
Тонкие кишки	Черевы говяжьи	27—50	*D*=35÷50, *d*=25÷45
Двенадцатиперстная кишка	Брыжеечные черевы	1—2	
Слепая кишка	Синюга	0,8—2	Не определяется
а) верхняя оболочка слепой кишки	Пленка	0,3—1,5	
Толстые кишки	Круги говяжьи	5,5—12	*D*=55÷70, *d*=35÷50
Прямая кишка	Проходник	0,15—0,5	Не определяется
Пищевод:			
а) верхний слой	Пикальный рукав	0,4—1,2	Не определяется
б) внутренний слой	Пикало		
Желудок	Брюховица	—	—
Пузырь мочевой	Говяжий пузырь	0,25—0,4	—
От баранов, овец, коз:			
Тонкие кишки	Черевы бараньи	18—35	*D*=19÷30, *d*=13÷20
Слепая кишка	Синюга баранья	0,5—1,4	Не определяется
Прямая кишка	Гузенка »	0,75—1,5	Не определяется
От свиней:			
Тонкие кишки	Черевы свиные	14—20	26—37
Ободочная кишка	Кудрявка свиная	2—3,5	35—80
Прямая кишка	Гузенка »	0,75—1,75	35—70
Мочевой пузырь	Пузырь свиной	0,20—0,35	—
От лошадей:			
Тонкие кишки	Черевы конские	14—25	50—85
От телят:			
Желудки	Сычуги	—	—

вают внутренним слоем наружу (как чулок). Выворачивание (черев и кругов говяжьих) производится или вручную или при помощи воронки. В первом случае на кишке, в середине ее длины, делается продольный прорез (фиг. 3, А), через который часть кишки выворачивается (фиг. 3, Б), образуя как бы лодочку (фиг. 3, В); последняя слегка наполняется водой (фиг. 3, Г), под тяжестью к-рой кишка начинает выворачиваться. В Америке применяют для этой цели воронку, в к-рую укладывается кишка *а* (фиг. 4); через горлышко воронки *б* пропускают свободный конец кишки *г* и, выворотив его кверху, закрепляют стальным кольцом *в*; если в воронку налить воды *д*, то под ее тяжестью кишка начинает скользить через горлышко, одновременно выворачиваясь. Выворачивание кишек мелкого скота не производится. 5) Кишки шлямуются, т. е. освобождаются от внутреннего рыхлого слизистого слоя (т. н. шляма), при помощи деревянного ножа. 6) Кишки штрифуют т. е. споласкивают в воде, и тем же ножом с них окончательно удаляют остатки шляма. Для удаления шляма с бараньих и свиных черев, которые не выворачиваются, их замачивают в течение 2—3 суток в холодной воде. Под влиянием воды шлям разрыхляется и легко выдавливается (выжимается) из кишки. 7) Калибровка заключается в определении основного размера кишки, т. е. ее толщины (диам.) при наполнении кишки воздухом или водой. Калибром служит деревянная пластинка с вырезами различной величины, в к-рые вставляется калибруемая кишка. При калибровке определяются одновременно и все повреждения стенок кишки, т. е. точки, где кишки пропускают воздух (воду); в таких местах кишку перерезают, образуя отрезки или концы. Калибровка соленого товара производится до посолки; сухие кишки калибруются после сушки, для чего определяется ширина кишки, сплюснутой продольно в ленту. Калибровка устанавливает сорт кишек. 8) Метровка кишки заключается в том, что кишечное сырье, имеющее в оригинале неровную длину (см. таблицу), отмеривается (метруется) на пучки определенной длины. Метруют только черевы и круги, остальные кишки идут на рынок в естественной длине. Говяжьи черевы соединяют в пучки длиною в 18,5 *м*, круги—в пучки в 10,5 *м*, причем полметра идет на усолку, т. е. на укорочение кишек при посолке. Метрованные кишки сматывают в виде кольца и свободным концом кишки перевязывают один, два или три раза: число узлов указывает на калибр или сорт кишек (величину диаметра). 9) Посолка кишек имеет целью придать кишечному товару стойкость при хранении. Посолка говяжьих кишек производится в деревянных чанах с продыряв-

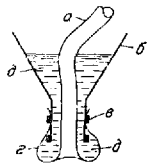


Фиг. 2.



Фиг. 3.

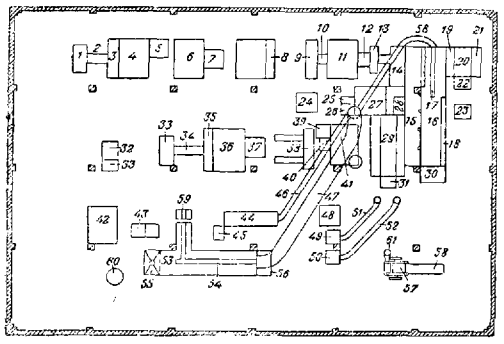
ленным дном, через к-рое стекает образующийся рассол. Через 24 часа говяжьи кишки вынимают и укладывают в бочки, причем каждый ряд пучков пересыпают солью. Бараньи и свиные кишки засаливают всухую в чанах без дыр и просаливают в образующемся рассоле в течение 5—6 дн., после чего их перекладывают в бочки, пересыпая солью. Соленый товар хранится в помещениях с $t°$ 10—12° (в подвале). 10) Сушка кишек производится при $t°$ 40—45°.



Фиг. 4.

Сушке подвергают следующие сорта кишек: пузыри крупного и мелкого скота, пикала, желудки и сычуги телячьи. Остальной товар обычно имеет сбыт в соленом виде. Черевы говяжьи имеют спрос и в сухом и в соленом виде. При сушке товар теряет в весе от 80 до 88%. Сухой товар при хранении сильно страдает от насекомых (моль) и от грызунов. Кишки, идущие в сушку, не метруют, т. е. их сушат в естественной длине (в оригинале). Желудки и сычуги, пикала, синюги, проходники и пузыри сортируются по величине и идут в продажу поштучно или пачками. В пачке (по 25 шт.) товар подбирают одинакового сорта.

Кишечные заводы и мастерские планируют согласно приведен. выше схеме производства и нормам выработки на 1 квалифицированного рабочего. К. п.—весьма грязное производство и рабочие на кишечных заводах находятся в особо неблагоприятных условиях. Поэтому Наркомтруд требует на одного рабочего-кишечника, занятого в производстве, не менее 20 $м^3$ полезного объема воздуха, при наименьшей высоте помещения в 3,5 *м*. Так. обр. площадь, потребная на одного рабочего, по нормам Наркомтруда, составит 20 : 3,5 = 5,6 $м^2$. Исходя из этой нормы и зная нормы выработки товара, легко рассчитать потребную площадь кишечной мастерской. За единицу выработки


Фиг. 5.

считают комплект кишечного сырья, т. е. все части кишечника, используемые в производстве. В 7-час. рабочий день в настоящее время достижимыми можно считать следующие нормы выработки на 1 чел. 1) С работой, начиная от снятия отоки: говяжьи кишки—5—6 комплектов, бараньи—25—30 компл., свиные—20—25 компл. 2) С работой, начиная от шлямовки: говяжьи кишки 7—9 компл., бараньи—30—35 компл., свиные—25—30 компл. Чаны для замочки кишек мелкого скота рассчитывают на вместимость в 1 $м^3$ от 300 до 350 черев при трехсуточной выдержке. Засолочные помещения рассчитывают, исходя из возможности разместить здесь 7—10 бочек, засолочные ящики и стол для учета кишек и стекания рассола. Для средних заводов площадь засолочной равна 16—25 $м^2$, для больших з-дов—25—35 $м^2$. Подвалы для склада кишек должны быть сухими и хорошо вентилируемыми. Размеры подвала берутся исходя из расчета числа бочек с товаром, подлежащих одновременному хранению. На каждую бочку требуется 0,425 $м^2$ площади пола. Недавно построена в Ростове н/Д. крупная кишечная мастерская для ежедневной переработки 400 компл. кишек крупного рогатого скота, 400 компл. бараньих и 200 компл. свиных кишек. Фиг. 5 дает планировку механизированной кишечной мастерской и помещения для переработки отходов при крупной американской бойне.

Цифры на фиг. 5 означают: *1, 3, 8, 9, 14, 28, 33, 35, 37—39* и *42*—чаны для разных операций; *2, 15, 16, 20, 23, 27, 29, 32, 34, 43—45, 49, 50, 53* и *54*—столы для обработки кишек; *4, 6* и *36*—шлямовочные машины; *5* и *7*—корзины к ним; *10, 22, 26, 30, 31* и *40*—жиросборники; *11, 13, 41*—пинзеловочные машины; *12*—приемник; *17*—сетка для приемки кишек; *18*—спуск содержимого кишек; *19* и *21*—платформы; *25*—передвижная ванна; *46, 47, 51, 52* и *58*—желоба для спуска с бойни желудков, кишек, костей, голов; *24* и *48*—промывательные краны; *55*—трап для каныги; *56*—сборка требушного жира; *57*—дробилка и мойка для костей; *59*—резальная машина и *60*—зонтичный промыватель для требухи.

В СССР имеется до 1 200 кишечных мастерских с ежегодной продукцией товара на сумму до 15 млн. руб.

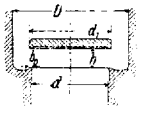
Торговля кишками. Кишки—товар, имеющий экспортное значение. В 1913 году сумма экспорта кишек из России составляла 2 700 тыс. руб. Товар шел главн. образом в Германию (80%) и Австрию (15%). В то же время Россия импортировала кишек на сумму 675 тыс. руб. Экспорт кишек из СССР начат был в 1922/23 году. В 1927/28 году было вывезено кишек на 11 183 тыс. руб., что превосходит экспорт 1913 года почти в 4,5 раза. Импорт кишек в настоящее время не производится. На мировом рынке СССР по торговле кишками занимает одно из первых мест. Особенно значительным спросом пользуются за границей кишки ордынских и калмыцких баранов.

Производство кетгута. Кетгут (catgut)—нить, вырабатываемая из бараньих тонких кишек (черев), имеющая важное значение в хирургии, где она применяется для наложения швов при операциях. Производство кетгута, несложное в техническ. отношении, требует чрезвычайных мер предосторожности в виду особого назначения этого товара. Главное условие производства—выработка абсолютно стерильного продукта; стерильность проверяется лабораторным путем—контрольной проверкой каждой партии выпускаемой продукции химико-бактериологич. исследованием. Для производства кетгута идет мускульная оболочка бараньей черевки, разрезанной продольно на две половинки; слизистая и серозная оболочки кишек тщательно удаляются. Для изготовления выбирают черевы бараньи диаметром от 14 до 20 *мм*, преимущественно в свежем

виде. До переработки в кетгут кишки проходят все этапы переработки сырых кишек в готовый товар. Для полного удаления остатков слизистой оболочки применяют вымачивание кишек в слабом растворе поташа. Когда кишка окончательно очищена и промыта, приступают к первой операции—расщеплению кишки на две продольных половинки. Это достигается при помощи острого ножа, лезвие к-рого протягивают через кишку. Получаемые таким способом полосы нарезают кусками по 2,5 *м*. Кетгутная нить, смотря по толщине, получается путем скручивания от 1 до 5 сложенных вместе полос. После этого кетгутные нити подвергаются *стерилизации в иодном растворе и поступают* на крутильный аппарат для скручивания. Скрученные нити сырого кетгута отбеливают, подвергая их действию сернистого газа, и затем на рамах передают в сушильные шкафы. Высушивание производится при темп-ре 45 — 50°. После этого для придания нити однообразной толщины и гладкости ее шлифуют пемзой. Следующей операцией является калибрование нитей кетгута, т. е. определение их диаметра, и сматывание кетгута в кольца. Нормальная длина хирургической нити—2,5 *м*, толщина нити 0,2—0,8 *мм*. Кетгут упаковывают в бумажные конверты, куда укладывается от 5 до 10 нитей одного и того же диаметра. Для контроля над производством кетгута необходима хорошо оборудованная химическая и бактериологическая лаборатория, возглавляемая врачом. В Симферополе имеется единственная в СССР кетгутная фабрика Госторга, вырабатывающая кетгут отличного качества, не уступающий заграничному.

Лит.: Мясное дело. Справочник для мясозаготовителей, М., 1926; Номенклатура и техническ. условия приемки и сдачи кишечного сырья, офиц. изд., М., 1929; Дыскин М. и Юргенсон Г., Экспорт кишечных товаров из СССР, «Скоропорт. продукты и холод. дело», М., 1929, *13—14*; The Packers Encyclopedia, Chicago, 1923. **Д. Христодуло.**

КЛАПАНЫ. К. служат для разобщения и сообщения одной или нескольких полостей между собой или с наружной атмосферой. В отличие от *задвижек* (см.) К. перемещается перпендикулярно к плоскости своего седла или поворачивается вокруг связанной с ним оси. По роду работы К. разделяются на 4 основных группы. 1) Вентили, применяемые в трубопроводах, причем открытие и закрытие вентилей совершается



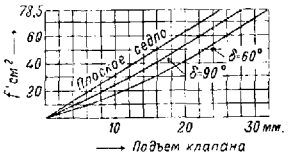
Фиг. 1.



Фиг. 2.

обычно от руки. 2) Автоматические К., движение которых осуществляется благодаря разности давления на верхнюю и нижнюю поверхности тарелки К.; к этой группе относятся К. насосов, компрессоров и воздуходувок. 3) К. с механическим управлением, открытие и закрытие которых совершается в точно определенные моменты времени действием специального распределительного механизма; к этим К. относятся К. двигателей внутреннего сгорания и паровых машин, а также отдельные конструкции К. в насосах и компрессорах. 4) К. специального назначения, а именно: предохранительный клапан, редукционный клапан и др.

Вентили служат запорными приспособлениями в трубопроводах. Преимуществом вентилей перед задвижками является быстрота их открытия и закрытия, а также относительно бо́льшая герметичность запирания. Недостаток вентилей заключается в относительно большом сопротивлении прохождению потока жидкости, *пара или газа*, так как при проходе через вентиль поток меняет свое направление. Тарелка К. вентиля



Фиг. 3.

выполняется с плоской (фиг. 1) или конической (фиг. 2) рабочей поверхностью. Для того чтобы скорость движения проходящего через вентиль потока не изменялась, высота подъема К. должна удовлетворять ур-ию:

$$\pi d h = \frac{\pi d^2}{4},$$

т. е. $h = \frac{d}{4}$. Ширину седла b_0 в *см* для более легкой пришлифовки (притирки) К. выполняют возможно узкой и, в зависимости от рабочего давления p *кг/см*² на тарелку К. и допускаемого напряжения смятия k_d *кг/см*² материала седла и К., определяют из ур-ия:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} p = \pi d_m b_0 k_d,$$

где d_m—средний диам. седла в *см*. При коническом очертании рабочей поверхности седла величина b_0 обозначает проекцию образующей конуса на горизонталь. Проф. Ретчер рекомендует не превышать следующих значений k_d (в *кг/см*²):

Для кожи	≤ 80
» бронзы	≤ 150
» фосфористой бронзы	≤ 200
» никеля	≤ 300

Диаметр D корпуса вентиля определяется из уравнения:

$$\frac{\pi}{4}(D^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4} d^2 \text{ или } D \cong 1{,}4 d_1 .$$

Необходимо учитывать, что направляющие ребра клапана уменьшают площадь свободного прохода на 20—30%. При конической поверхности седла площадь свободного прохода f' при том же подъеме К. будет относительно меньше. Учитывая, что $h' = h \sin \frac{\delta}{2}$ и $d' = d + h' \cos \frac{\delta}{2}$ (фиг. 2), получим ур-ие для определения площади свободного прохода:

$$f' = \pi \left(d + h \sin \tfrac{\delta}{2} \cdot \cos \tfrac{\delta}{2}\right) h \cdot \sin \tfrac{\delta}{2};$$

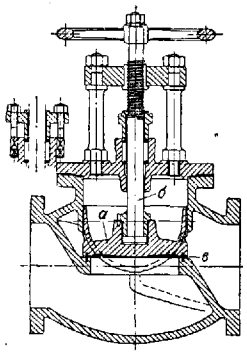
при угле $\delta = 90°$

$$f' = 2{,}22 \left(d + \tfrac{h}{2}\right) h .$$

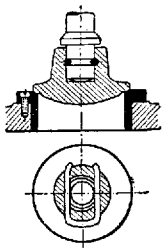
Диаграмма фиг. 3 дает для примера зависимость площади свободного прохода f' от высоты подъема h для К. без направляющих ребер—при $d = 100$; $b_0 = 5$; $d_1 = 111$ *мм*—для плоского и конич. клапанов.

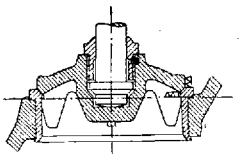
Материалом для изготовления корпуса вентиля служат литая сталь, чугун, бронза;

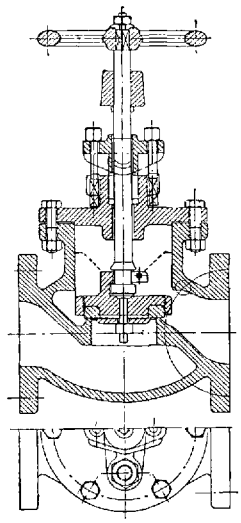
при больших давлениях корпус вентиля выполняют из кованой стали. Движение клапана *а* (фиг. 4) вентиля осуществляется при помощи шпинделя *б*. При небольших давлениях К. опирается на седло, выполненное в теле вентиля. При больших давлениях седло изготовляется в форме втулки, или же снабжается бронзовыми или никелевыми уплотняющими кольцами *в*. Установка уплотняющих колец при помощи пресса не является надежной, если деформация кольца и деформация корпуса будут различны при изменении температуры, что имеет место напр. при бронзовых кольцах, впрессованных в чугунный корпус вентиля. Поэтому более совершенной является конструкция седла, выполненная в форме втулки, которая укрепляется в теле вентиля при помощи шурупов (фиг. 5) или путем развальцовки ее нижнего края (фиг. 6). Вентили для перегретого пара выполняются с никелевыми кольцами, коэф-т расширения к-рых одинаков с коэфициентом расширения литой стали, из которой изготовляют корпус вентиля. Для воды и пара низкого давления применяют уплотняющие кольца из специальной массы; такие кольца обычно заправляются в выточку К. (фиг. 7). Для направления движения клапана служат направляющие ребра (фиг. 6 и 7). Недостатком ребер является их возможное заедание при $t°$-ных деформациях; если же ребра выполнять с зазором, то при открытии К. последний под действием проходящего потока начинает бить; поэтому целесообразнее ребер не применять и изготовлять шпиндель вентиля относительно большего сечения. Соединение К. вентиля со шпинделем д. б. подвижным, для того чтобы была обеспечена правильная посадка К. на седло и чтобы в момент открытия и закрытия К. он не вращался вместе со шпинделем. Конструктивное выполнение соединения К. со шпинделем изображено на фиг. 5 и 6. При больших давлениях или при больших размерах К., для облегчения открытия вентиля предусматривается разгрузка К. при помощи перепуска; для этого вентиль выполняется или с небольшим дополнительным перепускным вентилем (фиг. 8) или со специальн. вспомогательным клапаном *б*, который открывается раньше открытия главного К. *в* вентиля (фиг. 9). Конструкция вентиля с разгруженным К. изображена на фиг. 10; в этой конструкции К. выполнен в форме конуса и седло клапана имеет два седла с уплотняющими кольцами *a* и *b*, которые после их установки на место развальцовываются.

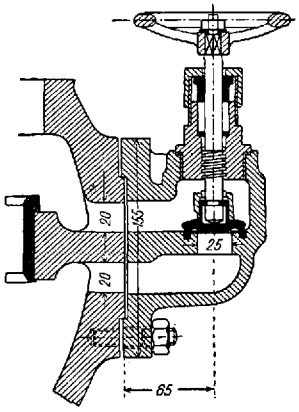


Фиг. 4.

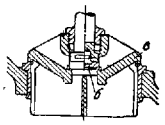

Фиг. 5.


Фиг. 6.


Фиг. 7.



Фиг. 8.

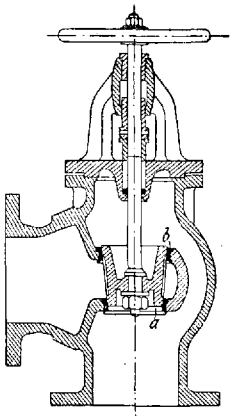


Фиг. 9.

К., действующие автоматически. К. н а с о с о в. Работа автоматическ. К. насоса схематически представлена на фиг. 11. При вращении шейки коленчатого вала Z по кривой ABC поршень K движется влево. К. S под действием давления атмосферы приподнимается и жидкость по всасывающей трубе R поступает в насос. При обратном движении поршня силой давления поршня на засосанную в насос жидкость всасывающий К. S прижмется к своему седлу, нагнетательный клапан D откроется, и жидкость из насоса перетечет в подающую трубу. На фиг. 12 изображена индикаторная диаграмма $GHIK$ давления в цилиндре и кривая высоты подъема всасывающего и нагнетательного К., в зависимости от пути s, пройденного поршнем. К. насосов выполняются тарельчатыми (фиг. 13) (плоские и конические), шаровыми (фиг. 14) и кольцевыми (фиг. 15). Площадь свободного прохода шарового К. определяется из ур-ия:

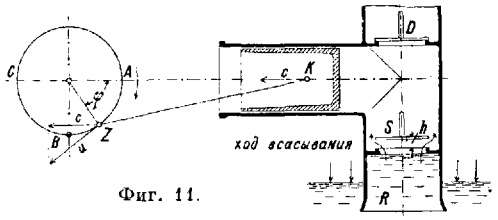
$$f = \pi d_m h \sin \delta ,$$

где δ обыкновенно равняется 45°; диам. шарового К. выполняется равным $1{,}4—1{,}5 d_m$. Для увеличения свободного прохода К. насосов осуществляют в виде групп независимо действующих клапанов. Многокольцевые К.



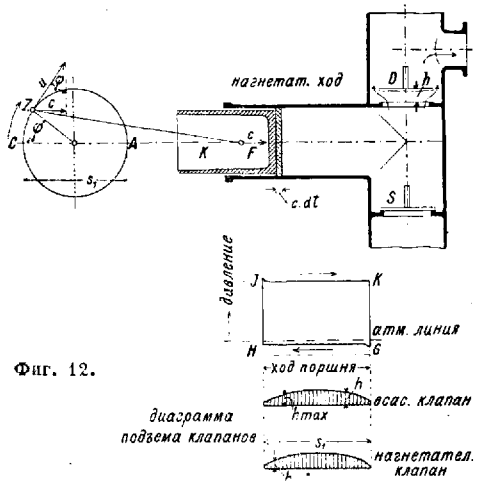
Фиг. 10.

встречаются двух систем: седла всех К. расположены в одной плоскости (фиг. 16) или седла расположены одно над другим (фиг. 17).



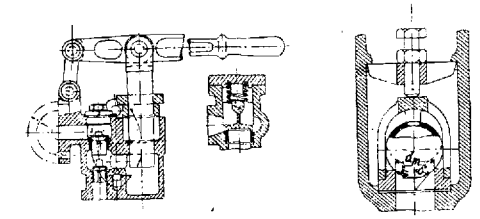
Фиг. 11.

Плотность соприкосновения рабочей поверхности К. осуществляется: 1) выполнением К. из эластичного материала, который хорошо

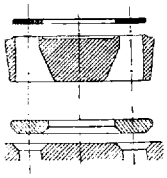


Фиг. 12.

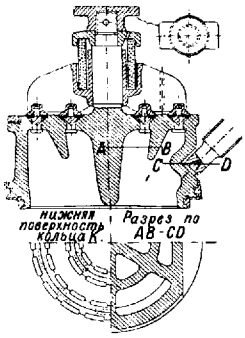
прилегает к седлу, напр. из кожи или резины; такие К. хорошо работают при небольших давлениях и холодной воде; 2) тщательной обработкой тарелок К. и поверхности седла; чем тоньше ширина рабочих поверхностей седла и К. тем легче они м. б. хорошо пришлифованы друг к другу; при этом необходимо обеспечить правильную посадку К., чтобы не было перекоса, для чего служат особые направляющие; 3) специальными вспомогательными приспособлениями; примером может служить изображенный на фиг. 16 К. системы Фернис: давление на К. воспринимается непосредственно металлич. поверхностью седла, а плотность закрытия достигается специальными кожаным или резиновыми кольцами, помещенными в теле К. так, что края кожаных колец (фиг. 18), прижимаясь к верхнему краю седла, осуществляют полную герметичность закрытия. Для того чтобы края кожаных колец не оказывали сопротивления проходящему потоку, кольца выпрессовываются специальным прессом так. обр., чтобы их края всегда



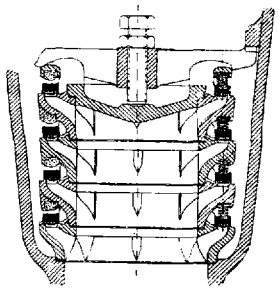
Фиг. 13. Фиг. 14.



Фиг. 15.

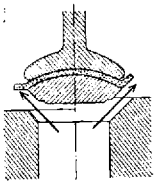


Фиг. 16.



Фиг. 17.

во время работы К. были приподняты кверху, как это и изображено на правой стороне фиг. 18. Материалом для изготовления седла служит бронза, т. к. черные металлы ржавеют, благодаря чему нарушается плотность закрытия. При соленой воде или при воде, содержащей кислоты, необходимо предусмотреть меры для предотвращения образования гальванических пар, электрический ток которых быстро разрушает седло и клапан.

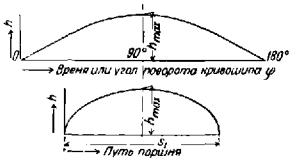


Фиг. 18.

Законы движения автоматическ. К. могут быть определены из схемы фиг. 11. Пренебрегая конечной длиной шатуна, можно считать, что количество воды dQ, засосанное за время dt движения поршня K с площадью сечения F, будет равно

$$dQ = F \cdot c \cdot dt = Fu \sin \varphi \, dt,$$

где c — скорость движения поршня, u — окружная скорость кривошипа, φ —угол поворота кривошипа. Обозначая через v скорость движения потока, проходящего через свободный проход К., вводя коэф. истечения μ и учитывая, что своб. проход клапана $f = lh \sin \delta_1$, где l—длина среднего периметра свободного прохода, h—высота подъема клапана и δ_1— угол образующей конусной поверхности седла, получим из условия непрерывности потока



Фиг. 19.

$$h = \frac{F \cdot c}{\mu v l \sin \delta_1} = \frac{Fu \sin \varphi}{\mu v l \sin \delta_1}$$

максимальный подъем клапана

$$h_{max} = \frac{F \cdot u}{\mu v l \sin \delta_1},$$

так что $h = h_{max} \sin \varphi$.

Диаграмма движения (хода) К. в зависимости от угла φ поворота кривошипа и от хода s_1 поршня изображена на фиг. 19. Наиболь-

шая площадь свободного прохода f_{max} клапана получается при $\varphi=90°$:

$$f_{max} = lh_{max} \sin \delta_1 = \frac{Fu}{\mu v};$$

в мертвых точках $h=0$, т. е. К. должен точно открываться и закрываться в мертвых точках. Обозначая через Q_0 $м^3$ секундный расход воды и учитывая, что $u = \frac{\pi s_1 n}{60}$ $м/сек$, где n—число об/м., получим:

$$f_{max} = \frac{\pi F s_1 n}{60 \mu v} = \frac{\pi Q_0}{\mu v} \; м^2.$$

Для того чтобы клапан насоса правильно работал, он должен или обладать достаточным весом или быть правильно нагружен действием пружины. Если площадь тарелки К. равна f_1 $см^2$, то при его работе, т. е. когда К. открыт, жидкость под К. будет находиться под давлением $b = 10 \frac{P}{f_1}$ $м$ водяного столба, где P (в $кг$)—нагрузка на К. Так как кинетич. энергия К. незначительна, то можно считать, что сила P слагается из силы K, зависящей от степени сжатия пружины и веса G клапана при уд. весе материала К. γ и жидкости γ_1:

$$P = K + G\left(1 - \frac{\gamma_1}{\gamma}\right);$$

для водяного насоса при $\gamma_1 = 1$ сила

$$P = K + G\frac{\gamma - 1}{\gamma}.$$

Под действием давления b жидкость вытекала бы из отверстия в тонкой стенке со скоростью $v' = \sqrt{2gb}$, где g—ускорение силы тяжести. В действительности, благодаря специальной форме свободного прохода К. и влиянию самого К. и соседних с ним частей, скорость проходящего через К. потока μv будет отличаться от теоретически возможной и будет равняться

$$\mu v = \mu_P \cdot v' = \mu_P \sqrt{2gb},$$

где μ_P—определяемый опытным путем «нагрузочный» коэф. истечения. Проходящее за время dt через К. количество воды равно:

$$dQ = f \cdot \mu_P \cdot v' \, dt.$$

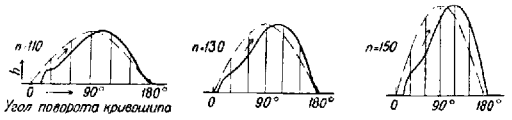
Если коэф. μ_P известен, то необходимая для К. нагрузка м. б. определена из ур-ия:

$$b = \frac{1}{\mu_P^2} \cdot \frac{Q^2}{f^2 \cdot 2g}.$$

Скорость движения клапана определяется из уравнения:

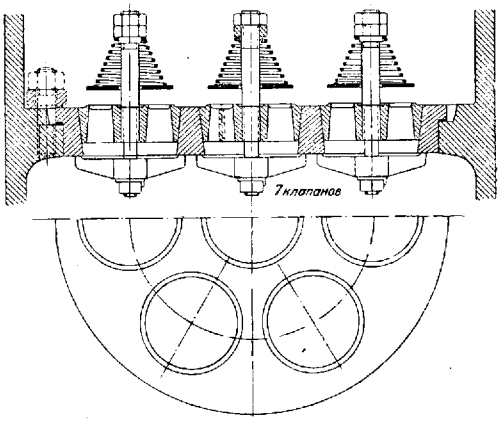
$$v_v = \frac{dh}{dt} = h_{max} \cdot \cos \varphi \frac{d\varphi}{dt} = h_{max} \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \cos \varphi;$$

следовательно скорость движения автоматическ. К. изменяется по косинусоиде и наибольшую скорость К. имеет при $\varphi=0$ или 180°, т. е. в момент открытия и закрытия. В



Фиг. 20.

действительности движение К. отступает от выведенного выше теоретически благодаря следующим причинам: К. при его движении сам действует подобно поршню, скорость потока, проходящего через щель клапана, μv не является величиной постоянной, шатун имеет конечную длину и наконец в движущемся столбе жидкости могут образоваться колебательные движения. Вследствие этих явлений происходит запаздывание момента



Фиг. 21.

открытия и закрытия автоматич. действующего К. и это запаздывание увеличивается с увеличением числа оборотов кривошипа. На фиг. 20 сплошными кривыми изображены действительные подъемы К. при различных числах оборотов кривошипа в зависимости от угла его поворота; пунктирной линией нанесены пути К. по синусоиде. Крутой подъем кривой при открытии указывает на наличие удара, сила которого увеличивается при увеличении числа оборотов. Учитывая указанные причины, действующие на работу К., величину его подъема определяют из ур-ия:

$$h = \frac{Fc}{\mu v l \sin \delta_1} - \frac{f_1 v_r}{\mu v l \sin \delta_1} =$$

$$= h_{max}\left(\sin \varphi - \frac{f_1}{\mu v l \sin \delta_1} \cdot \omega \cos \varphi\right),$$

и действительная скорость движения К.

$$v_v' = \frac{dh}{dt} = h_{max}\left(\omega \cos \varphi + \frac{f_1}{\mu v l \sin \delta_1} \cdot \omega^2 \sin \varphi\right).$$

Скорость клапана v_s в момент его закрытия с углом опоздания ψ будет равна:

$$v_s = h_{max}\left[\omega \cos (180° + \psi) + \right.$$

$$\left. + \frac{f_1}{\mu v l \sin \delta_1} \cdot \omega^2 \sin (180° + \psi)\right];$$

при малом угле ψ можно считать

$$v_s = -h_{max}\omega = -\frac{Fs_1\omega^2}{2\mu_P v' l \sin \delta_1}.$$

В момент закрытия кинетическая энергия К. массы M, будет равна $\frac{Mv_s^2}{2}$; так как от этой величины зависит сила удара при закрытии клапана, то стремятся выполнять К. возможно более легкими. Проф. Бонин (Bonin) считает, что

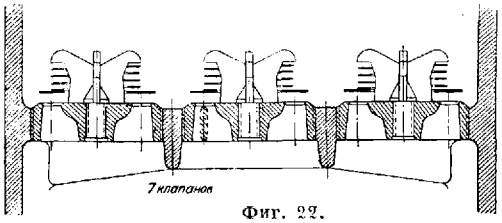
$$\frac{Mv_s^2}{2f_1} \leq \xi \frac{\pi^4}{3600} \cdot \frac{G}{gf_1}\left(\frac{Q_0 n}{\sqrt{b_0} l \sin \delta_1}\right)^2,$$

или

$$\frac{G}{f_1 b_0} \cdot \frac{Q_0^2 n^2}{l^2 \sin^2 \delta_1} \geq C^2 \quad \text{и} \quad C \sin \delta_1 \leq \sqrt{\frac{G}{f_1 b_0}} \cdot \frac{Q_0 n}{l},$$

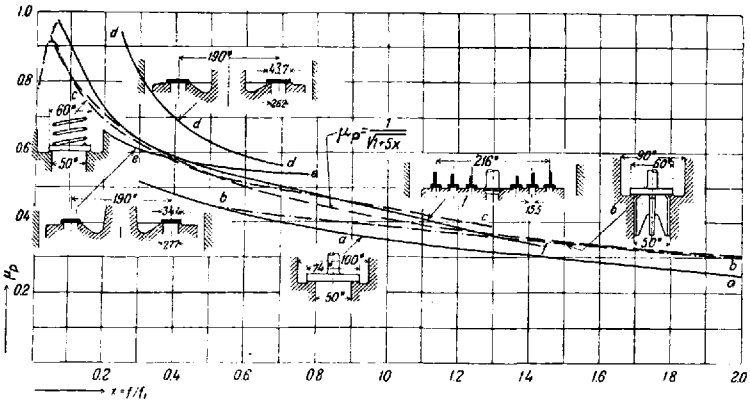
где ξ—поправочный коэфициент—и C определяют опытным путем, Q_0—секундный рас-

ход в *л*, f_1—площадь К. в *см*², b_0—давление в *м* водяного столба, l берется в *см*. Для уменьшения высоты подъема клапана а следовательно и для уменьшения его скорости,



Фиг. 22.

выгодно применять групповые тарельчатые или групповые кольцевые К. (фиг. 21 и 22). Результаты испытания по Ретчеру различных типов К. приведены в таблице.



Фиг. 23.

Зависимость определяемого опытным путем коэф. нагрузки μ_P от размера свободного сечения f К. и площади f_1 седла для нек-рых К. изображена на диаграммах фиг. 23 и 24, где по оси абсцисс отложена величина $x = \frac{f}{f_1}$, причем для плоского седла и тарельчатого клапана $x = \frac{4h}{d}$ (d—диам. сечения седла и h—высота подъема); для кольцевого клапана $x = \frac{2h}{a}$, где a—ширина кольцевого отверстия седла; при коническом седле и тарельчатом клапане $x = \frac{4h\sin\delta_1}{d}$, для кольцевого $x = \frac{2h\sin\delta_1}{a}$. Диаграмма фиг. 23 дана для плоского седла, диаграмма фиг. 24—для конического. Две кривые CC и CC_1 для одного и того же клапана получились вследствие того, что характер потока при определенной высоте подъема клапана изменялся.

Определение силы давления K_{max} пружины при наибольшем подъеме К. насоса м. б. произведено, если известен коэфициент μ_P. Давление b на тарелку клапана в *м* водяного столба выражается следующей формулой:

$$b = \frac{(v')^2}{2g};$$

здесь $v' = \frac{\mu v}{\mu_P}$ есть средняя идеальная скорость потока, которую можно определить по значениям μ_P из диаграмм фиг. 23 и 24. Сила давления P_{max}, с которой тарелка К. действует на жидкость, определяется из следующего уравнения:

$$P_{max} = \frac{f_1 b}{10} = \frac{f_1 (v')^2}{20g} = G\frac{\gamma - 1}{\gamma} + K_{max};$$

следовательно

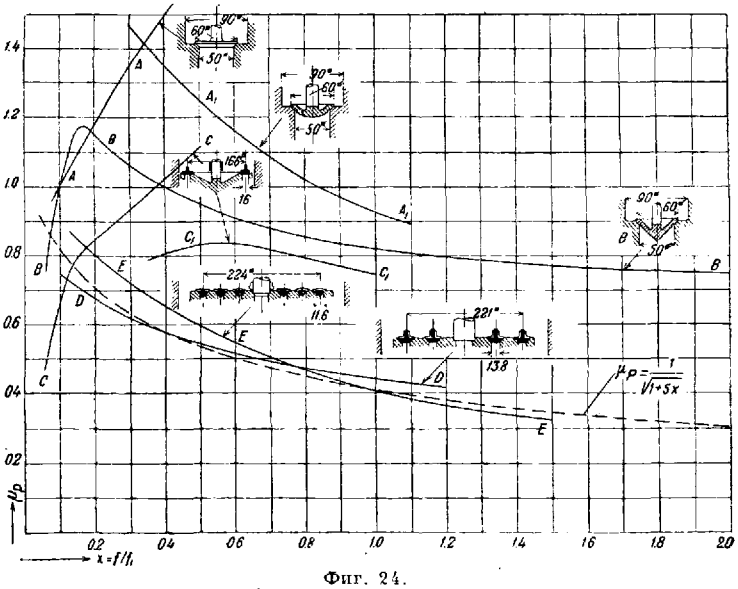
$$K_{max} = \frac{f_1 (v')^2}{20g} - G\frac{\gamma - 1}{\gamma}.$$

Силу давления K_0 (в *кг*) пружины при закрытом клапане Бонин рекомендует определять из уравнения:

$$K_0 = \frac{f_1 b_0}{10} - G\frac{\gamma - 1}{\gamma},$$

где $b_0 = \frac{1}{(C\sin\delta_1)^2}\cdot\frac{G}{f}\cdot\frac{Q_0^2\cdot n^2}{l^2}$ в *м* водяного столба—необходимая нагрузка на К.; G—вес тарелки К., выраженный в *кг*, площадь f_1—в *см*², расход Q_0—в *л/сек*, периметр свободного прохода l—в *см*.

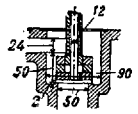
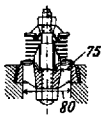
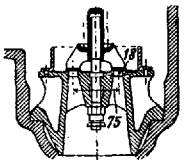
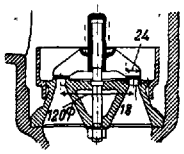
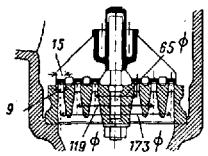
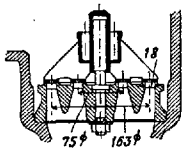
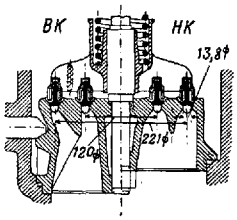
К. воздуходувок и *компрессоров* (см.). Схема работы воздуходувки двойного действия изображена на фиг. 25. Засосанный через всасывающий клапан S воздух сжимается по кривой AB, в точке B давление сжатого в цилиндре воздуха достигает величины давления в нагнетательной трубе и приоткрывается выпускной (нагнетательный) клапан



Фиг. 24.

D, который остается открытым до момента C. При обратном движении поршня оставшийся в цилиндре воздух расширяется по

Результаты испытаний автоматически действующих К.

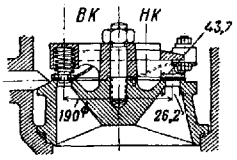
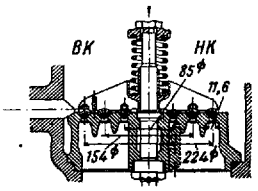
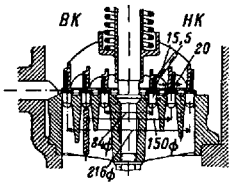
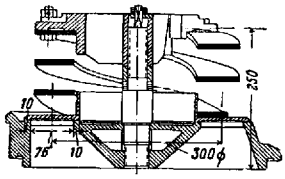
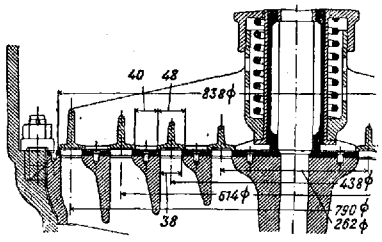
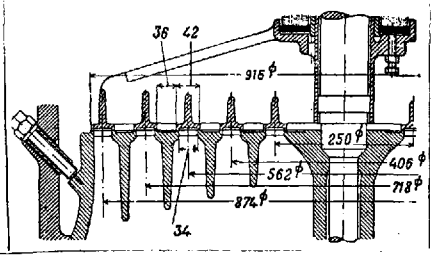
№ испытания	Эскиз клапана	Тип клапана		Диаметр тарелки или кольца в мм	Радиус тарелки К. или ширина отверстия кольцевого К. в мм	Нижняя поверхность тарелки К. (=площади прохода в седле) в см²	Длина l периметра свободного прохода f клапана в см	Максимальный подъем h_{max} в мм	Площадь свободн. прохода клапана f в см²
1		Клапан с грузом, седло плоское		50	(25)	19,6	15,7	17,6	27,6
2		Простой кольцевой клапан, применяемый в группах		62,5	17,5	34,4	39,3	10,5	41,3
3		Простой кольцевой клапан	слабо нагруженный	75	18	42,4	47,1	11,1 17,4	52,3 82
			сильно нагруженный					11,0 16,8	51,9 79,2
4		Простой кольцевой клапан	слабо нагруженный	120	18	67,9	75,4	9,3 13,2	70,1 99,6
			сильно нагруженный					13,6 17,7	102,6 133,5
5		Трехкольцевой клапан с плоским седлом	слабо нагруженный	173 119	9	101	224	7,2 10,5	161 235,5
			сильно нагруженный	65				11,2 17,8	251 399
6		Двухкольцевой клапан с плоским седлом	слабо нагруженный	75	18	134,6	149,5	5,7 7,3	85,2 109,1
			сильно нагруженный	163				11,0 15,2	164,5 227
7		Двухкольцевой клапан Ферниса с коническим седлом		221 120	13,8	148,1	213,9	8,75 8,41	132 127

Т.

(цифры, помещенные в строках, отмеченных звездочкой, относятся к нагнетательным К.).

Число открытий в минуту n К.	Расход воды Q_0 в $л/сек$	Скорость w потока, проходящего через щель К. в $м/сек$	Вес тарелки К. в кг (верхняя цифра обозначает вес в воздухе, нижняя—вес в воде)	Вес пружины в воде в кг	Нагрузка: в закрытом состоянии К. K_0 в кг	Нагрузка: в закрытом состоянии К. b_0 в м вод. столба	Нагрузка: K_{max} при наибольшем подъеме в кг	Высота всасывания в м	Угол запаздывания закрытия К. ψ	Подъем К. в мертвой точке в мм	Допустимая скорость закрытия в $м/сек$	$C \sin \delta_1$	$n \cdot h_{max}$ в $мм/мин$	$Q_0 \cdot n$ в $л/сек \cdot л/мин$
60	1,51	1,72	1,055 0,933	—	—	0,476	—	—	—	—	—	1,94	1 056	91
60	1,85	1,41	—	—	1,52	—	2,36	—	—	—	—	—	630	111
144	1,87	1,12	0,75 0,66	—	0,715 1,719	0,324 0,56	1,23	—	—	—	160 до 200	1,35	1 600	269
110	2,37	0,91					1,52	—	—	—		1,29	1 915	261
195	2,53	1,53					2,59	—	—	—		1,86	2 145	493
149	3,21	1,27					3,05	—	—	—		1,80	2 520	478
144	2,59	1,16	1,09 0,96	—	0,74 3,072	0,25 0,59	1,38	—	—	—		1,25	1 340	373
118	3,23	1,02					1,65	—	—	—		1,28	1 560	381
176	4,82	1,48					5,08	—	—	—		1,85	2 395	818
150	5,41	1,27					5,69	—	—	—		1,77	2 660	811
165	4,52	2,81	3,04 2,68	—	0,83 3,517	0,35 0,61	1,33	—	—	—		0,98	1 190	746
123	5,32	2,26					1,56	—	—	—		0,86	1 290	654
169	7,44	2,96					6,87	—	—	—		1,24	1 890	1 259
123	9,06	2,27					8,84	—	—	—		1,11	2 190	1 114
177	3,18	1,17	2,86 2,53	—	0,815 4,192	0,25 0,50	1,21	—	—	—		1,10	1 010	563
142	3,92	1,13					1,32	—	—	—		1,09	1 040	556
164	7,22	1,38					7,49	—	—	—		1,38	1 800	1 184
123	9,06	1,25					8,71	—	—	—		1,54	1 870	1 114
72,8	15,3	1,15	8,89	1,55	0	0,62	42,1	2	4°56′	0,93	110 до 120	1,63	637*	1 100
		1,20	7,60	0,78	0	0,57	40,6		5°32′	0,75			613	

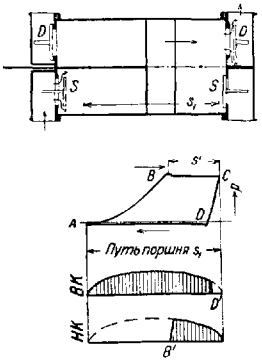
Результаты испытаний автоматически действующих К. (цифры, помещенные

№ испытания	Эскиз клапана	Тип клапана	Диаметр тарелки или кольца в *мм*	Радиус тарелки или ширина отверстия кольцевого К. в *мм*	Нижняя поверхность тарелки К. = (площади прохода в седле) в $см^2$	Длина l периметра свободн. прохода f клапана в *см*	Максимальный подъем h_{max} в *мм*	Площадь свободн. прохода клапана f в $см^2$
8		Простой кольцевой клапан Гербигера (Hörbiger)	190	26,2	156,4	119,1	4,64 5,65	55,2 67,2
							4,56 4,65	54,3 55,4
9		Тот же клапан с уменьшенной шириной опорной поверхности	189,8	27,2	165,4	119,2	10,02 9,14	119,5 108,9
							10,28 11,04	122,6 131,7
10		Трехкольцевой клапан Ферниса с коническими седлами	224 154 85	11,6	168,8	290,8	7,46 7,85 11,79 —	153 162 242 —
11		Трехкольцевой клапан с плоским седлом	216 150 84	15,5	218,8	282,9	9,98 8,89 8,02 6,53 9,92 9,36	282 251 227 185 281 265
12		Однокольцевой клапан для насоса канализационных вод	300	76	716	188,5	25,9 22,5	488,2 424,1
13		Четырехкольцевой клапан насоса	790 614 438 262	38	2 512	1 322	16,9 20,7	2 234 2 736
14		Пятикольцевой всасывающий клапан	874 718 562 406 250	34	3 000	1 735	14,8 13,3	2 612 2 347

в строках, отмеченных звездочкой, относятся к нагнетательным К.). (Продолжение.)

Число открытий в минуту n К.	Расход воды Q_0 в $л/сек$	Скорость μv потока, проходящего через щель К. в $м/сек$	Вес тарелки К. в $кг$ (верхняя цифра обозначает вес в воздухе, нижняя — вес в воде)	Вес пружины в воде в $кг$	Нагрузка в закрытом состоянии К. K_0 в $кг$	Нагрузка в закрытом состоянии К. b_0 в $м$ вод. столба	Нагрузка при наибольшем подъеме K_{max} в $кг$	Высота всасывания в $м$	Угол запаздывания закрытия К. ψ	Подъем К. в мертвой точке в $мм$	Допустимая скорость закрытия в $мм/сек$	$C \sin \delta_1$	$n \cdot b_{max}$ в $мм/мин$	$Q_0 \cdot n$ в $л/сек \cdot 1/мин$
74,3	15,6	2,83	0,99	0,19	23,9	1,64	98,5	2,04	2°4′	0,27	110 до 120	0,632	345*	1 140
		2,32	0,87		22,8	1,51	106		3°7′	0,27			420	
73,8	15,5	2,86			23,9	1,64	97	4,05	2°5′	0,28		0,625	337*	1 140
		2,80			22,8	1,51	91		7°38′	2,11			343	
73,1	15,4	1,29	0,95	0,34	0	0,07	36,2	2	3°1′	0,7		2,63	733*	1 125
		1,41			0	0,07	39,4		2°16′	0,4			668	
148,6	23,1	1,88	0,83		33,8	2,17	35,0	2	2°26′	0,64		1,48	1 530*	3 430
		1,75			0	0,07	1,2		5°31′	1,40		—	1 640	
101,6	16,4	1,07	5,96	0,56	0	0,34	38,2	2	3°39′	0,57		1,76	758*	1 670
		1,01			0	0,34	39,2		4°1′	0,36			797	
123,4	25,9	1,07	5,14	0,55	29,3	2,07	91	2	2°58′	0,36		1,44	1 460*	3 200
		—			0	0,34	—		—	—		—	—	—
100,4	21,1	0,75	9,41	1,55	0	0,45	36,7	2	1°38′	0,28		2,33	1 002*	2 120
		0,84			0	0,45	44,9		1°52′	0,19			894	
122,4	19,1	0,84			7,0	0,77	35,6	2	3°7′	0,60		1,95	983*	2 340
		1,03	8,26		7,0	0,77	—		3°37′	0,24			800	
122,1	25,6	0,91			23,7	1,53	65	2	2°1′	0,15		1,93	1 210*	3 130
		0,96			24,4	1,56	74,4		4°3′	0,14			1 140	
60,7	48,6	3,13	6,70	—	47	0,74	130	—	—	—	—	1,23	1 542	2 950
		3,61	6,00	—	60	0,92	151,5					1,13	1 366	
60	182	2,56	103	—	200	1,15	284,5	4	—	—	—	1,55	1 014	10 920
		2,09	90				303,5						1 240*	
50	192	2,31	139	—	150	0,91	224	2,25	—	—	—	1,23	740	9 600
		2,57	122		200	1,07	216					1,13	665	

кривой CD. Если в точке D давление в цилиндре дойдет до давления всасывания, то впускной К. откроется, и новая порция воздуха будет засосана в цилиндр при движении поршня от точки D до точки A. Работа К. воздуходувок и компрессоров аналогична работе насосов, но протекает с относительно большей скоростью; поэтому на облегчение веса К. надлежит обращать особое внимание. В отличие от К. насосов седла К. воздуходувок выполняются кроме бронзы также из чугуна или из стали, так как опасность порчи от ржавления по сравнению с условиями работы насосов значительно меньше. Форма седла преимущественно плоская. При давлении до 1,5 atm тарелка К. может быть выполнена из кожи (реже из специального войлока), усиленной металлич. пластиной, но при давлениях выше 1,5 atm необходимо применять К. металлические. Определение размеров К. компрессора производится аналогично К. насоса, но так как выпускной К. компрессора открывается обычно после прохода поршнем половины его хода, то в расчетную формулу взамен максимальной скорости c_{max} поршня можно ввести меньшую величину. Поэтому наибольшая поверхность f_{max} свободного прохода К. компрессора м. б. определена по ф-ле:



Фиг. 25.

$$f_{max} = \frac{F \cdot c}{\mu \cdot v}.$$

Для средней скорости $v_m = \mu v$ потока, проходящего через клапан, Ретчер рекомендует брать следующие величины:

Клапан	Воздуходувка	Компрессор
Всасывающий	15—25 *м/сек*	25—35 *м/сек*
Нагнетательный	25—35 »	35—50 »

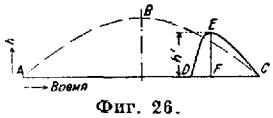
Максимальный подъем К., для избежания ударов при его работе, обычно берется от 3 до 10 *мм* и редко достигает 13 *мм*, причем, чем больше число оборотов кривошипа, тем меньшую можно допускать величину подъема К.

Клапан компрессора в открытом состоянии находится под действием следующ. сил: 1) силы рабочего давления К. P_1, 2) силы давления P_2, оказываемого на тарелку К. протекающим потоком воздуха, 3) силы инерции движущихся частей; примем:

$$P_1 = \frac{\gamma_1 p_{абс.}}{10\,000} \cdot f_1 \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ кг},$$

$$P_2 = \frac{\gamma_1 p_{абс.}}{10\,000} \cdot f_1 \cdot \psi \cdot \frac{v_1^2}{g} \text{ кг},$$

где v — действительная скорость потока в свободном проходе в *м/сек*, v_1 — средняя скорость потока в сечении седла в *м/сек*, f_1 — нижняя поверхность тарелки клапана в *см*^{2}, $\gamma_1 = \frac{342 \cdot p_{абс.}}{273 + t}$ — объемный вес сухого воздуха при температуре t в *кг/м*^{3}, g — ускорение силы тяжести, ψ — числовой коэф.; при $\gamma_1 = 1{,}23$ *кг/м*^{3}, $P_1 = \frac{6{,}22}{1\,000\,000} f_1 v^2$ и $P_2 = \frac{12{,}44}{1\,000\,000} f_1 \psi v_1^2$. Сила P_1 остается неизменной, если движение клапана следует закону синусоиды; сила P_2 зависит от скорости v_1 и достигает своего максимума при прохождении поршня через середину его хода; при нахождении поршня в мертвых точках сила P_2 равняется нулю. Для выяснения действующих сил инерции необходимо определить максимальное ускорение b'; для случая открытия К. раньше достижения поршнем середины его хода, какой имеет место для всасывающего К., движение которого после открытия довольно точно следует закону синусоиды, ускорение $b' = -h_{max}\omega^2$; при малых подъемах и малом весе клапана силы его инерции незначительны, и ими можно пренебречь. Иначе дело обстоит с выпускными К., которые открываются после прохождения поршнем середины его хода (фиг. 26), причем открытие происходит быстро до момента достижения максимального подъема и движение К. значительно отступает от закона синусоиды, как это видно из диаграммы (фиг. 26): кривая ABC изображает синусоиду, а кривая DEC — действительное движение К. Если высота подъема К. равняется h' *м* и время, необходимое для его закрытия, изображается отрезком $FC = t$ *сек.*, то ускорение $b' = \frac{2h'}{t^2}$.



Фиг. 26.

Так как путь s_1 поршня известен и задаются путем s'' поршня, в течение которого нагнетательный клапан должен закрыться, то соответствующий угол кривошипа определяется из формулы:

$$\cos\varphi = 1 - 2\frac{s''}{s_1};$$

тогда

$$t = \frac{30\varphi}{n \cdot n} \text{ сек.}$$

Сила K_{max} пружины К. при максимальном его подъеме определяется из ур-ия:

$$K_{max} = P_1 + P_2 + b'\frac{G}{g} + G \text{ кг},$$

при закрытом клапане сила пружины $K_0 = P_1 + b'\frac{G}{g} + G$ *кг*, причем положительный знак относится к висячим К., а отрицательный — к стоячим К. Конструктивное выполнение К. компрессора — см. *Компрессоры*.

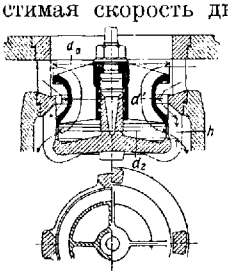
К. с механическими приводами. В отличие от К. автоматических эта группа К. приводится в движение особым распределительным механизмом, состоящим из кулачкового вала и системы толкателей и рычагов, или системой перекатывающихся рычагов. К. с механическим приводом применяются главн. образом в паровых машинах (см. *Парораспределение*), в двигателях внутреннего сгорания и в нек-рых системах насосов и компрессоров.

Впускной и выпускной К. паровой машины часто выполняются с двойным седлом (фиг. 27). Этот тип К. нужно отнести к разгруженным К., так как давление пара действует только на кольцевую поверхность с диаметром $d_a - d_2$. Для того чтобы можно было вынуть К., наружный диаметр нижнего седла выполняют равным внутреннему диаметру верхнего седла. Размеры клапана определяются из условий одинаковой скорости потока пара при его проходе через

клапан. Площадь f сечения свободного прохода клапана определяется из уравнения:

$$f = \frac{F \cdot c_{max}}{v_{max}},$$

где F—площадь поршня, c_{max}—его максимальная скорость, v_{max}—наибольшая допустимая скорость движения пара. Для цилиндра высокого давления скорость v_{max} пара, при проходе через впускной К. берется 35÷55 *м/сек*, а для выпускного К. от 30 до 48 *м/сек*; для цилиндра низкого давления v_{max} соответственно равняется 40÷65 *м/сек* и 35÷55 *м/сек*. При двух седлах К. половина количества пара проходит внутри К. и половина количества пара снаружи К.; поэтому диаметр d' определяется из уравнения:



Фиг. 27.

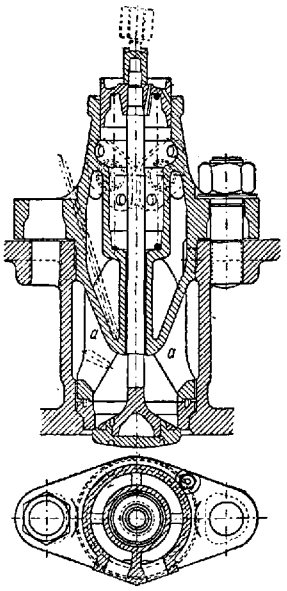
$$\frac{\pi}{4}\left(d'\right)^2 = \frac{\pi}{4}d^2 - \frac{f}{2};$$

высота h подъема К. с плоским седлом определяется из ур-ия:

$$h = \frac{f}{2\pi d},$$

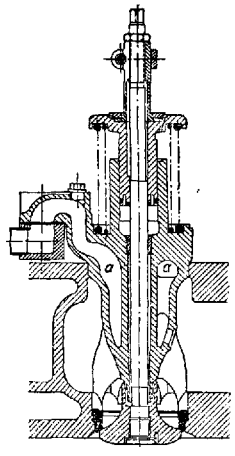
где d—внутренний диаметр верхнего седла. Для К. с коническ. седлом, как выше указывалось, высота подъема д. б. соответственно изменена. Законы движения К. паровых машин и закон изменения скоростей пара зависят от конструкции распределительных механизмов (см. *Распределение* и *Парораспределение*).

К. двигателей внутреннего сгорания, служащие для впуска свежего воздуха или рабочей смеси в цилиндр двигателя и для выпуска отработавших газов, выполняются тарельчатого типа с плоским или конич. седлом и приводятся в движение распределительным механизмом. Во время работы двигателя К. подвергаются сильному нагреву. Поэтому для стационарных двигателей (газовых и дизелей больших мощностей) тарелка К. выполняется из чугуна как исключительно стойкого против нагрева материала. Для двигателей небольших мощностей, работающих на жидком топливе, К. выполняются из литой стали за одно целое со шпинделем (стержнем клапана). Для авиационных и автомобильных двигателей К. выковываются из специальных сортов сталей, а именно: вольфрамовой—с содержанием 14% вольфрама и 0,6% углерода, хромовой—с содержанием 7—13% хрома и 0,35—0,6% углерода, никелевой—с содержанием ~3% никеля и хромоникелевой—с содержанием от 3 до 3,4% никеля и от 0,32 до 0,39% углерода. В К., тарелка которых выполнена из чугуна, особое внимание нужно обращать на соединение тарелки К. с его шпинделем. Хорошие результаты в работе дает навинчивание тарелки в нагретом состоянии на шпиндель, который расчеканивают или дополнительно закрепляют посредством раскле-

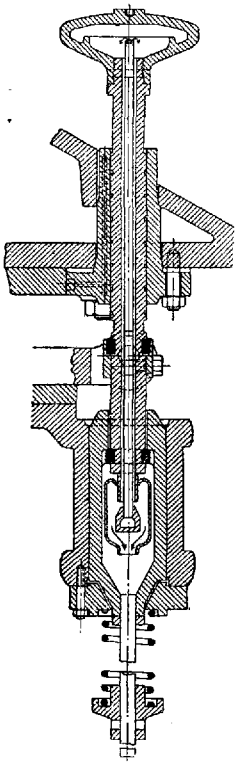


Фиг. 30.

панного штифта. Для возможного охлаждения К., в особенности выпускного, к-рый находится под действием раскаленных выхлопных газов, применяют или охлаждение водою его стакана, к-рый имеет в этом случае водяную рубашку *a* (фиг. 28), или же стержень К. выполняется трубчатой формы, и в него вставляется трубка, по к-рой подводится охлаждающая вода к полой головке клапана (фиг. 29). Из К. вода отводится по кольцевому пространству между вставленной трубкой и стержнем. Охлаждающая вода подводится по телескопическим трубкам. Седло К. для достижения герметичности пришлифовывается (притирается). Стакан К. часто выполняют соединенным посредством ребер *a* (фиг. 30) с нажимным кольцом, прижимающим седло К.; ребра нужно располагать так, чтобы они не мешали проходу газа. Стакан выпускного К. ставится в головку цилиндра с зазором в верхней части от 0,1 до 0,4 *мм* во избежание появления опасных термич. напряжений при нагревании стакана. Шпиндель клапана в газовых двигателях, в противоположность дизелям, пришлифовывается; кроме того иногда он снабжается лабиринтными канавками. Снаружи выпускные К. уплотняются сальниками. Седла К. в виду малого размера не имеют специального охлаждения, и обычно приходится ограничиваться охлаждением стакана. Для умень-

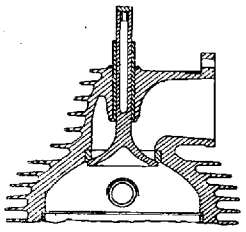


Фиг. 28.



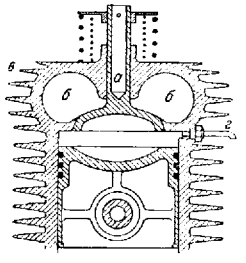
Фиг. 29.

шения нагрева выпускного К. з-д Този строит двигатели с двумя управляемыми от общего привода К., причем оба К. служат как для впуска, так и для выпуска; для этого предусмотрена специальная заслонка, соединяющая оба К. поочередно с всасывающей и выпускной трубой. Т. к. в этой конструкции оба К. служат для впуска и для выпуска, то для проходящего потока газа используется сумма сечений клапанов, что улучшает наполнение цилиндров; кроме того проходящий поток воздуха охлаждает клапаны и их седла.



Фиг. 31.

Особое внимание необходимо обращать на охлаждение К. авиационных, автомобильных и мотоциклетных двигателей с воздушным охлаждением. Для хорошего охлаждения этих К. надлежит головки цилиндров выполнять из материалов, отличающихся большой теплопроводностью, например из сплавов алюминия, и снабжать их охлаждающими ребрами. Правильное конструктивное выполнение головки цилиндра двигателя с достаточно развитым воздушным охлаждением изображено на фиг. 31. Необходимо стремиться к тому, чтобы охлаждающий воздух непосредственно подводился к охлаждаемым частям. Расстояние между охлаждающими ребрами и толщина их зависят от материала, из к-рого изготовлены головки цилиндров; для чугунных и алюминиевых головок ребра изготовляются длиною 25 *мм*, толщиною у основания 3 *мм*, по периферии толщиною 1,5 *мм*, при расстоянии между ребрами в 10 *мм*. Для хорошего охлаждения К. необходимо на каждую эффективную силу иметь от 260 до 330 *см*^{2} поверхности охлаждения при алюминиевых головках цилиндра, при чугунных и стальных головках эту величину увеличивают до двойного значения. В последнее время для лучшего охлаждения К. авиационных двигателей применяют конструкцию К. с высверленным стержнем и заполнением отверстия различными солями, которые и отводят тепло от головки К. В новейшей модели 9-цилиндрового авиацион. двигателя Дизеля завода Паккард, мощностью в 250 HP, с звездообразным расположением цилиндров, каждый из цилиндров имеет один большой К. *а* (фиг. 32), к-рый служит как для всасывания свежего воздуха, так и для выпуска сгоревших газов. Воздух поступает через канал *б* непосредственно к К. и интенсивно охлаждает как самый К., так и всю головку *в* цилиндра. Топливо подается через форсунку *г*.

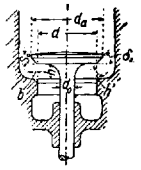


Фиг. 32.

Расчет К. двигателей внутреннего сгорания. По величине свободного прохода f *см*^{2}, высота подъема h *см* (фиг. 33) определяется из следующего уравнения:

$$f = (d^2 - d_0^2)\frac{\pi}{4} = \pi d h \cos\delta_1 = F\frac{c}{v},$$

где d — диаметр седла в *см*; d_0 — диаметр шпинделя в *см*; δ_1 — угол наклона образующей конуса седла; F — площадь поршня в *см*^{2}, причем при двигателях двойного действия площадь поршня F нужно уменьшить на площадь поперечного сечения штока; c — средн. скорость поршня, равная $\frac{n \cdot s}{30}$ *м/сек*, при ходе поршня s в *м*; v — средняя скорость потока газа, которая принимается в 25—30 *м/сек* для впускного и выпускного К. малых двигателей, 45—50 *м/сек* для впускного клапана больших двигателей, 50—60 *м/сек* для выпускного К. больших двигателей. Для бензиновых моторов величина v допускается до 80 *м/сек*. Для уменьшения действия сил инерции величину подъема h обычно выполняют равной $d : 6$. Толщина s_0 тарелки К. определяется приблизительно по формуле:



Фиг. 33.

$$s_0 = \frac{d}{2}\sqrt{\frac{1{,}24p}{k_b}},$$

где p — давление горения $\cong 30$ *atm* у газовых двигателей и 40 *atm* у дизелей; k_b — допускаемое напряжение, для чугуна 200 *кг/см*^{2}, для стали — до 400 *кг/см*^{2}. Диаметр d_0 (в *см*) шпинделя определяется по ф-ле:

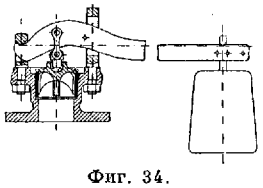
$$d_0 = \frac{d}{8} + 0{,}2.$$

Размеры площади седла К. рассчитывают по допускаемому давлению на смятие по ф-ле:

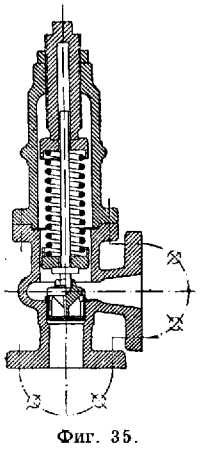
$$d_a = d\sqrt{\frac{p_0}{p_0 - p}},$$

где d_a и d — наружный и внутренний диаметры седла в *см*, p — давление горения, p_0 — допускаемое давление на седло; при малых размерах К. $p_0 \cong 100$ *кг/см*^{2}, при больших размерах К. $p_0 \cong 200$ *кг/см*^{2}.

К. специального назначения. Предохранительный К. Назначение его — открыть выпуск газа, пара или жидкости при превышении в установке нормального давления. Этот клапан прижимается к седлу или посредством груза или пружиной (фиг. 34 и 35). Преимуществом клапана с грузом является независимость нагрузки от подъема К., но этот тип предохранительного К. можно ставить только на стационарных установках; для морских котлов и паровозов необходимо ставить предохранительный К. с пружиной. Д. б. предусмо-



Фиг. 34.

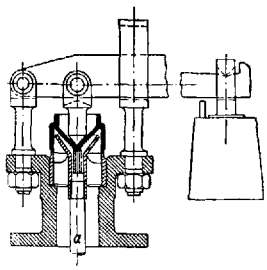


Фиг. 35.

трены меры для предотвращения произвольного изменения нагрузки (пломбирование, специальные замки). Необходимо ставить два предохранительных К., независимо действующих. Минимальная площадь свободного сечения предохранительного К. определяется из формулы:

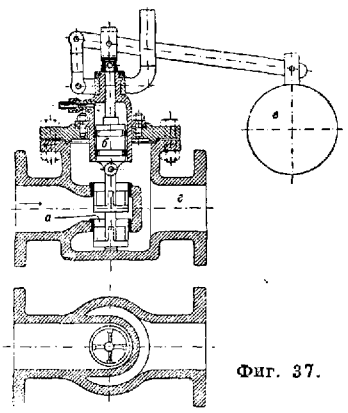
$$f = \frac{4{,}74H}{\sqrt{p\gamma}}\ см^2,$$

где H—площадь нагрева котла в $м^2$, p—рабочее давление в *atm* и γ — объемный вес пара при давлении p *atm* в $кг/м^3$. Недостатком конструкций, изображенных на фиг. 34 и 35, является то обстоятельство, что благодаря истечению пара давление на тарелку уменьшается и тарелка К. открывается лишь незначительно. Только при последующем увеличении давления в котле увеличивается подъем К., так что эти предохранительные К. скорее служат сигналами и не всегда предохраняют от опасного повышения давления. В этом отношении более совершенными являются конструкции, обеспечивающие полное открытие предохранительных К. (полный подъем). Примером такой конструкции является изображенный на фиг. 36 предохранительный клапан системы Гюбнера: под тарелку К. подведена специальная труба *a*, проведенная из такого места котла, в к-ром на давление пара не оказывает влияния его истечение, так что тарелка К. находится все время под полным давлением. К. с полным подъемом выполняют относительно меньшего поперечного сечения.



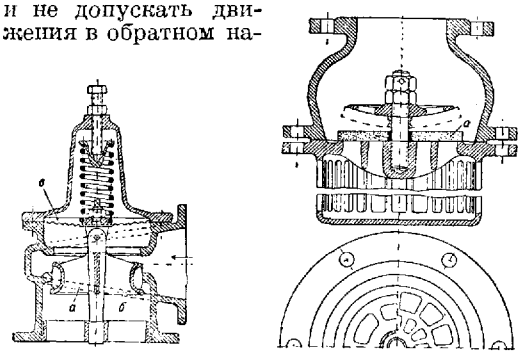
Фиг. 36.

Редукционные К. служат для изменения давления рабочего тела в трубопроводе на более низкое. Один из типов редукционного К. изображен на фиг. 37. Клапан *a* состоит из 2 тарелок, которые связаны с поршнем *б*; на поршень действует груз *в*. Клапан остается открытым до тех пор, пока давление пара на поршень не уравновесит давления груза. При увеличении давления пара в полости *г* поршень передвигается кверху, и свободный проход К. прикрывается. Действие груза м. б. заменено давлением пружины. Т. к. поршень благодаря силе трения или загрязненному пару может заесть, то более совершенной является конструкция редукционного К. с мембраной (фиг. 38), выполняемой при горячем рабочем теле (пар) из металла, при холодном (воздух)—из резины или кожи. Под действием пружины К. *а* будет открыт до тех пор, пока давление в полости *б* не повысится и мембрана *в* под влиянием увеличившегося давления не выгнется кверху и не прикроет К.



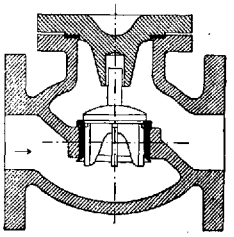
Фиг. 37.

К. обратный, или питательный, имеет назначение допускать движение жидкости, газа или пара в одном направлении и не допускать движения в обратном направлении. Примером может служить приемный К. насоса (фиг. 39); при работе насоса резиновый или кожаный К. *а* находится в поднятом состоянии, а при остановке насоса К. садится на седло и предотвращает обратный выход воды из всасывающей трубы, благодаря чему облегчается всасывание жидкости при начале последующей работы насоса. Конструкция питательного клапана котла изображена на фиг. 40.



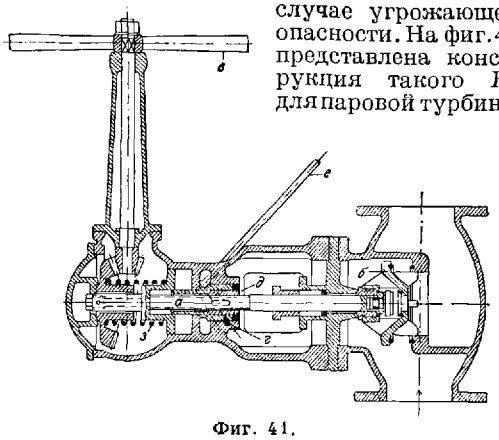
Фиг. 38.

Фиг. 39.



Фиг. 40.

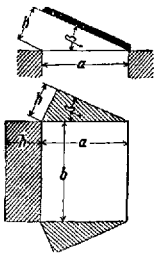
К. быстрозапирающиеся служат для быстрого прекращения доступа рабочего тела в трубопровод или к машине в случае угрожающей опасности. На фиг. 41 представлена конструкция такого К. для паровой турбины завода AEG. Шпиндель *а* клапана *б* имеет левую резьбу и при вращении рукоятки *в* по часовой стрелке открывает К., преодолевая давление пара. К. будет открыт до тех



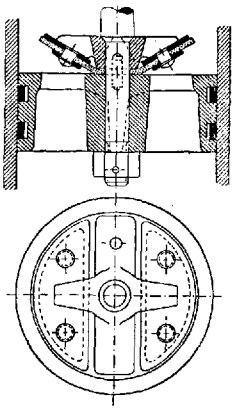
Фиг. 41.

пор, пока защелка *г* удерживает гайку *д* от вращения. При повороте рычага *е* от руки или от регулятора защелка *г* освобождает гайку, и шпиндель под действием пружины *з* закрывает К.

К. с качающимся движением находят применение в отдельных конструкциях насосов, компрессоров и вентилей. Преимуществом этого типа клапанов является относительно меньшее сопротивление, оказываемое К. проходящему через него потоку, при незначительном отклонении движения потока. Площадь свободного прохода f, согласно фиг. 42,



Фиг. 42.

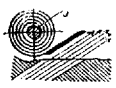


Фиг. 43.

состоит из суммы площадей прямоугольного очертания и двух—треугольного очертания и определяется из ур-ия:

$$f = h \cdot b + 2a \cos\beta \frac{h}{2} = h\,(b + a\cos\beta) = a \cdot b.$$

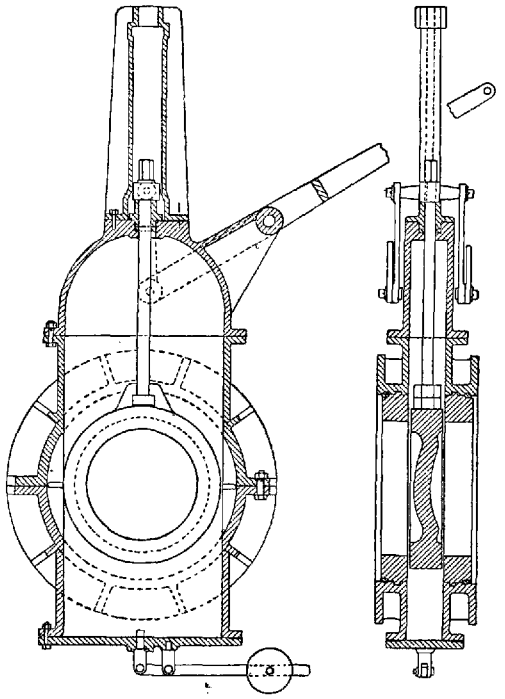
Примером могут служить К. колодезного насоса (фиг. 43) и К. сист. Гутермута (фиг. 44), имеющие применение в компрессорах; последние выполняются в форме стальной тонкой пластинки, составляющей одно целое со спиральной пружиной *s*.



Фиг. 44.

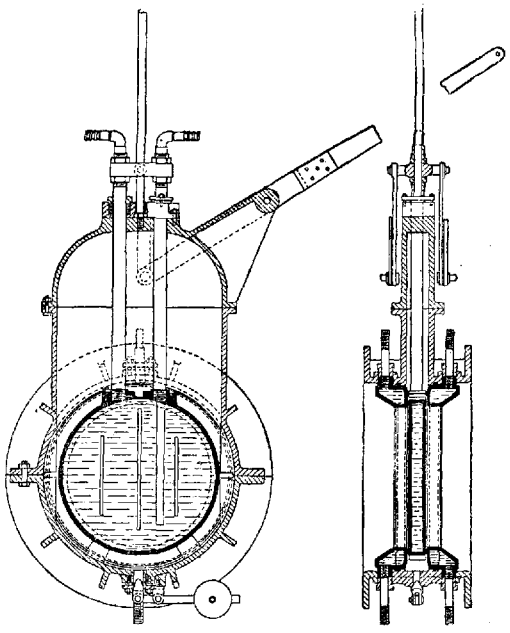
Лит.: Дуббель Г., Паровые машины и паровые турбины, перевод с нем., 3 изд., Л., 1927; его же, Двигатели внутр. сгорания, стационарные и судовые, перевод с нем., Л., 1928; Брилинг Н. Р., Двигатели внутреннего сгорания, 2 изд., М.—Л., 1927; Rötscher F., Die Maschinenelemente, B. 1, Berlin, 1927; Güldner H., Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgas-Anlagen, 3 Aufl., Berlin, 1922; Ricardo H., Schnellaufende Verbrennungsmaschinen, B., 1926. **Б. Шрини.**

К. горячего дутья—вспомогательные устройства при доменных печах, которые служат: 1) для отделения воздухонагревателей от трубы горячего дутья, 2) для отделения кольцевой трубы печи от воздухопровода горячего дутья и 3) для разобщения при общей трубе горячего дутья труб, работающих на разные печи. По конструкции своей эти К. бывают двух видов: типа задвижки и тарельчатые. Для первой цели могут служить и те и другие, для двух остальных—только задвижки. К. горячего дутья являются слабым местом в арматуре доменных печей; до сих пор еще не выработаны конструкции, могущие работать без порчи и смены в течение ряда лет. Клапаны горячего дутья работают в весьма тяжелых условиях, подвергаясь попеременно нагреву до 700—900° и охлаждению почти до нормальной $t°$. Под влиянием этих темп-рных колебаний закрывающая часть клапана (тарелка или задвижка) с течением времени коробится и



Фиг. 45.

начинает плохо прикрывать седло, благодаря чему получается утечка дутья и нагревание клапана в его закрытом положении.

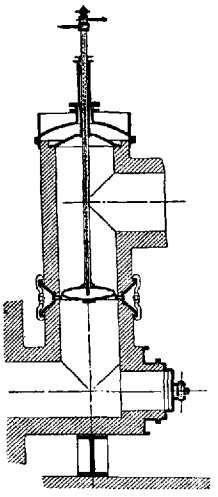


Фиг. 46.

Клапан-задвижка, наиболее простой по конструкции, но и худший в работе, представляет собою чугунную литую коробку (фиг. 45), в которой движется чугунная ли-

тая задвижка, поднимаемая и опускаемая при помощи стержня системой рычагов; она опирается на отдельные вставные кольца, так как именно эта часть корпуса, соприкасающаяся непосредственно с током горячего воздуха, подвержена скорейшей порче. Для меньшего коробления задвижке придана изогнутая форма. Дальнейшим усовершенствованием этих К. являются полые бронзовые литые задвижки, охлаждаемые, так же как и опорные кольца, протекающей внутри их водой. Опорные кольца изготовляются чугунные, с залитой внутри трубкой, или же бронзовые, в виде полой кольцевой коробки (фиг. 46). Для того, чтобы задвижка в закрытом положении не имела зора, плотно соприкасалась с опорными кольцами и в то же время легко задвигалась, ее делают с наклонными поверхностями соприкосновения.

К. горячего дутья тарельчатого типа изображен на фиг. 47. Он состоит из цилиндрич. клепаного корпуса, футерованного огнеупорным кирпичом. Внутри его ходит на штоке тарельчатый К., садящийся на кольцеобразное седалище (седло). Седалище делают всегда чугунное, охлаждаемое, в виде кольца с залитой внутри трубкой. Клапан изготовляют или из литой стали, без охлаждения, шарнирно сидящий на стержне, или же литой бронзовый, полый, охлаждаемый внутри водой, поступающей и уходящей через стержень, неподвижно соединенный с К. Охлаждаемые К.-задвижки служат более продолжительное время, держат лучше воздух, но более дороги и для смены требуют много времени (2—3 часа). Неохлаждаемые тарельчатые К. портятся очень быстро, зато смена их непродолжительна ($^1/_2$ часа). Седалище портится чаще, чем К.; для смены его требуется 10—15 мин. Недостаток охлаждаемых тарельчатых К., соединенных неподвижно со стержнем,—неплотное прикрытие при малейшем перекосе или смещении стержня или седалища.

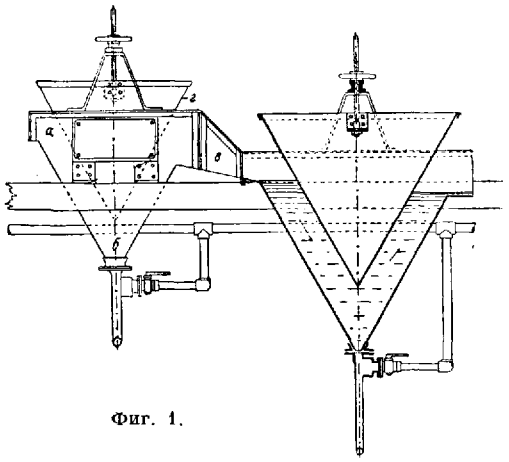


Фиг. 47.

Лит.: Линин В. Н., Металлургия чугуна, железа и стали, т. 1, 2 изд., Л., 1925; Жендзян С. В., Устройство и ведение доменных печей, 2 изд., Харьков, 1927, «Рабочий техникум на дому», кн. 4, Металлургия чугуна, Л., 1928; Павлов М. А., Атлас по домен. производству, СПБ, 1904. **А. Новоспасский.**

КЛАССИФИКАТОРЫ, приборы для механич. разделения смеси минеральных зерен на группы (классы) зерен, одинаковых по крупности (т. н. сухая классификация, или грохочение) или имеющих одинаковые конечные скорости падения в какой-либо среде: в воде (мокрая классификация), в воздухе (воздушная классификация). В первом случае К. являются грохота (см. *Грохочение*), во втором—собственно К. Воздушная классификация осуществляется в т. н. *сепараторах* (см.). К. могут иногда служить и для сгущения разбавленного водой зернистого материала, а также для осветления вод, отработанных на обогатительных ф-ках. К. разделяются на следующие основные группы: а) гидравлич. К. с восходящей струей, в к-рых разделение происходит в условиях свободного или стесненного падения, б) простые К., действие к-рых основано на разделении в горизонтальной струе, в) механические К. и г) конуса.

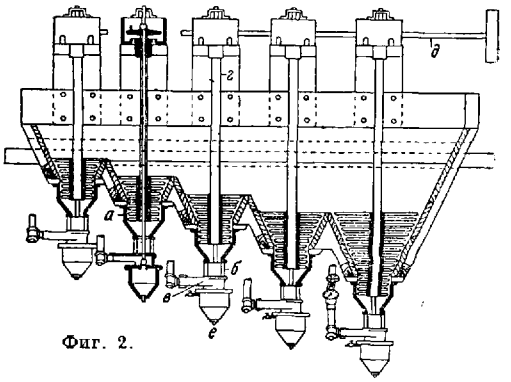
Гидравлические К. Шпицлуты Риттингера состоят из зигзагообразного канала *абв*, образованного между косыми стенками двух ящиков (фиг. 1), входящих один в



Фиг. 1.

другой. В части *бв* струя воды, протекающая по каналу, имеет восходящее движение, и здесь собственно происходит разделение смеси зерен по скоростям падения в условиях свободного падения, причем зерна, имеющие скорость падения бо́льшую, чем скорость восходящей струи, оседают вниз и выгружаются через камеру и сифонную трубу. Шпицлуты устанавливаются группами с последовательно уменьшающейся скоростью струи воды, регулируемой передвижением внутреннего призматич. ящика *г*.

К. сист. Ричардса-Джанней принадлежит к типу гидравлич. К. со стесненным падением (фиг. 2). Он состоит из нескольких пи-



Фиг. 2.

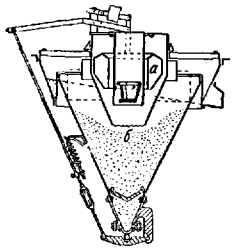
рамидальных осадительных ящиков последовательно большей величины, установленных так, что края разделяющих их стенок расположены уступами. Нижняя часть ка-

ждого ящика состоит из трех элементов: собственно осадительной камеры *а*, классификационной трубы *б* и нагнетательной камеры *в*, в которую входит вода тангенциально и направляется вверх. Чтобы препятствовать уплотнению материала, в каждом ящике вращается на полой оси мешалка *г* с приводом от вала *д*. Выгрузка осевшего материала производится из камеры *е*. Классифицируемая смесь минеральных зерен направляется в К. из жолоба (не показан на фиг.) слева и поступает в наименьший по величине ящик, в к-ром придают наибольшую скорость восходящей струе воды. Здесь выделяются частицы, имеющие наибольшую скорость падения, остальные же переносятся водой в следующий ящик. Во втором ящике скорость восходящей струи меньше, чем в первом, и в нем выделяется следующий по скорости падения класс зерен, и т. д.

Простые К. К этому типу К. относятся шпицкастены Риттингера, состоящие из ряда пирамидальных ящиков, последовательно большей величины, расположенных ступенчато и соединенных плоскими желобами. В виду все уменьшающейся скорости течения воды в ящиках происходит разделение перемещаемого материала. Шпицкастены более пригодны для классификации мелких зерен—илов.

Механические К. получили в последнее время значительное распространение для проверочной классификации при мелком и тонком дроблении в *шаровых мельницах* (см.). Эти К. представляют собою корыто, поставленное под углом в 20° к горизонту. Подвергающийся классификации материал подается с водой в середину корыта; муть сливается через нижний край корыта, а наиболее крупная его часть оседает на дно. Осевший крупный материал особыми скребками или архимедовым винтом поднимается по дну корыта и вновь загружается в мельницу.

Конуса служат для проверочной классификации и вместе с тем для сгущения материала. Конус Аллена (фиг. 3) состоит из конич. сосуда, в который через центральную трубу подается жидкая муть. Из мути же выделяются более крупные частицы, оседающие в конусе, а тонкий материал переливается вместе с водой через край конуса в жолоб. Конус снабжен автоматич. регулятором для выгрузки осевшего материала.



Фиг. 3.

Действие регулятора основано на движении поплавка *а*; когда уровень осевших песков достигает края внутренней трубы *б*, вода перестает поступать в конус, поплавок поднимается и при помощи соединенных с ним рычагов открывает выпускное отверстие в нижней части конуса. См. *Обогащение*.

Лит.: Корзухин И. А., Механич. обработка (обогащение) полезных ископаемых, СПБ, 1908; Чечотт Г. О., Обогащение полезных ископаемых, вып. 1—7, Л., 1924—29; Richards R. H. and others, Textbook of Ore Dressing, 2 ed., N. w York, 1925; Truscott S. J., A Textbook of Ore Dressing, London, 1923; Finkey J., Die wissenschaftlichen Grundlagen d. nassen Erzaufbereitung, Berlin, 1924; Taggart A., Handbook of Ore Dressing, N. Y., 1927. **П. Лященко.**

КЛЕЕНКА, хлопчатобумажная, льняная или иная ткань, которая покрыта с одной или обеих сторон особой массой, называемой грунтом, состоящей из олифы, наполнителей (мел, каолин и др.) и разжижителей (керосин, скипидар и др.), к которым для окрашивания грунта прибавляются еще различные краски. Обычно на ткань наносится не один, а несколько (3—5 и более) грунтов, в зависимости от сорта и рода применения клеенки. Грунты накладываются на ткань последовательно один за другим и различаются по составу и густоте. Каждый грунт после наложения на ткань сушится, и на него накладывают следующий только после того, как предыдущий вполне хорошо высохнет. На последнем грунте часто печатается рисунок в одну или несколько красок, а также производится лакировка и тиснение. Благодаря масляному грунту клеенка не пропускает воды и других жидкостей, поэтому с нее легко смывается пыль и грязь. Грунт К. должен быть прочным, иметь хорошую связь как с тканью, так и между отдельно нанесенными слоями грунта, д. б. возможно более эластичным и гибким.

К. употребляется гл. обр.: а) для покрытия столов (салфетки, мозаика); б) для обивки мебели, стен, дверей и потолков (мебельная, американка, вагонная и другие); в) для обивки пола (половая); г) для выделки различных предметов—сумок, чемоданов, чехлов, шляп, фуражек и т. д.; д) для переплетного дела (американка); е) для изготовления «сантиметров»; ж) для медицинских надобностей (компрессная, гладкобелая и др.); з) для различных специальных целей (литографская, транспортерная и др.).

Изготовление К. долгое время производилось кустарным способом. В настоящее время работают крупные клееночные ф-ки с большой производительностью (ф-ка им. В. П. Ногина в Кунцеве, близ Москвы, выпускающая ежегодно до 10 000 000 *м* готовой К., ф-ка «Пролетарский труд» в Ленинграде и др.), на к-рых почти все основные операции осуществляются при помощи машин. Соответственно основным процессам производства, на клееночных ф-ках различают цехи или отделы, занятые следующими работами: 1) подготовительный отдел—подготовкой ткани к наложению на нее грунта (ткань бракуется, чистится, стрижется, каландрируется, а иногда подчесывается и аппретируется); 2) олифо-лаковарочный отдел—приготовлением олифы, лака и сикативов; 3) краскотерочный цех—приготовлением грунтов и красок; 4) грунтовальный цех—наложением грунтов на ткань и сушкой их; 5) печатный и набойный цехи—нанесением на грунт рисунка машинным или ручным способом и перекрытием его для некоторых сортов товара (мозаика, мрамор и друг.) лаком; 6) тиснильный отдел—нанесением на К. рельефного рисунка при помощи стальных гравированных валов; 7) сортировочный и паковочный отделы — сортировкой, браковкой и упаковкой готового товара. Кроме того при клееночных фабриках имеются

еще следующие вспомогательные отделы: 1) граверный—для гравировки медных валов под печать и стальных валов для тиснения, 2) резчицкий—для изготовления манер (см. ниже) для ручной печати и набойных валов для машинной печати, 3) склады, 4) лаборатории, 5) механический отдел и 6) другие подсобные отделы.

В производстве К. употребляются следующие сырые материалы: 1) ткань или подкладка разных сортов и ширины; 2) материалы для приготовления олифы—льняное масло и сикативы; 3) материалы для приготовления грунтов (кроме олифы): а) наполнители (каолин, мел и др.), б) разжижители (керосин, скипидар и др.), в) омыляющие вещества (сода, нашатырный спирт, бура и др.), г) связывающие вещества (клей, отвар карагена, мыло и др.), д) смягчители (рыбий жир, растительное масло и друг.); 4) краски для окрашивания грунтов и для печати—литопон, хром желтый и оранжевый, охра, мумия, умбра, железный сурик, зелень хромовая, ультрамарин, сажа и др., а также пигментные лаки различных органич. красителей на минеральном или органическом субстрате (краплак, баканы, лак фиолетовый и др.); 5) материалы для приготовления лака (кроме олифы и сикативов): а) смолы (канифоль, даммар, копалы—каури и конго, и др.), б) растворители (бензин, скипидар и другие). Кроме этих материалов употребляются и другие, как например крахмал для аппретирования ткани, препарированные смолы, различные мастики и т. д.

Ткань для К. употребляется гл. обр. хлопчатобумажная, типа кембрика или миткаля, бязи, саржи, бумазеи, молескина и т. п. Для половой клеенки употребляется льняная ткань из низк. номеров пряжи высокой доброты, типа мешочных или паковочных тканей; для медицинск. компрессной клеенки употребляют обычно тонкую шелковую ткань различной плотности. Необходимым условием получения высококачественной К. являются: высокое качество ткани—чистота и отсутствие на ней ткацких пороков (подплетин, недосек, утолщенных нитей и т. п.) и ровные и одинаковой толщины кромки; в результате недостатков ткани грунт получается не вполне гладким. Поэтому на качество подкладки в клееночном производстве д. б. обращено особенное внимание.

Первая операция, которой подвергается ткань, — б р а к о в к а и ч и с т к а. Чистку ткани производят сначала во время браковки, а затем на бастовальных, стригальных и пухоочистительных машинах одинакового устройства с применяемыми для этой цели на красильных хл.-бум. фабриках. На бастовальных машинах при помощи наждачных валиков с ткани удаляют грязь и другие посторонние тела; на стригальных машинах при помощи спиральных ножей удаляют выступающие волокна; на пухоочистительных при помощи круглых щеток ткань окончательно очищают от пуха. После этого ткань, сшитую по нескольку кусков, накатывают на ролик, разглаживают на каландрах и отправляют в грунтовальный цех для наложения на нее грунта. Легкие ткани иногда предварительно аппретируют крахмалом и сушат на шпан-рамах, чтобы придать им более гладкий вид—для равномерного наложения грунтов и получения определенной, стандартной ширины К. Более тяжелые ткани, в зависимости от сорта К., несколько раз подчесывают с одной стороны на чесальных машинах.

Основным материалом клееночных грунтов до настоящего времени является л ь н я н а я о л и ф а; поэтому льняное масло, которое служит для получения олифы, является одним из главных сырых материалов клееночного производства. Льняное масло д. б. прозрачным, не содержать более 2% отстоя (по объему), иметь иодное число не менее 170 и кислотное не более 3—4. Масло, получаемое из южных семян, с более низкими иодными числами менее пригодно для олифы, употребляемой в производстве К. Применение других масел, с более высокими иодными числами, чем у льняного (как напр. периллового), еще не вошло в практику клееночного производства. Льняная олифа для К. должна удовлетворять двум основным условиям: 1) быть хорошо высыхающей (в тонком слое на стекле при 60° должна высыхать в 12—18 мин.) и 2) иметь значительную вязкость. Уд. в. такой олифы 0,980—0,982 и более. Получение олифы ведется в железных котлах различной емкости, вделанных в кирпичную кладку и закрываемых сверху крышками с отводными трубами для удаления газов. Котлы снабжаются иногда мешалками и рубашками для пара или воды. Нагревание масла производят или в котлах на голом огне из топок, находящихся под котлами, или перегретым паром высокой темп-ры, что значительно безопаснее в пожарном отношении. Масло наливают в котлы из отстойных баков в количестве не более $^2/_3$—$^3/_4$ емкости котла, т. к. при варке оно сильно поднимается и дает много пены. При 130—150° к маслу прибавляют сикативы, т. е. такие соединения, которые, растворяясь в масле, значительно увеличивают скорость его высыхания. Чаще всего употребляют кобальтовые сикативы, так как они дают светлую и хорошо сохнущую олифу, затем марганцевые и др. Белые и светлые грунты К., приготовленные на олифе с кобальтовыми и марганцевыми сикативами, не темнеют с течением времени, подобно грунтам, приготовленным на свинцовом сикативе, и менее липки, чем последние. Сикативы обычно применяют или в форме резинатов (соединений металла с абиетиновой к-той канифоли) или в форме линолеатов (соединений металла с жирными кислотами льняного масла). Количество сикатива по отношению к маслу должно составлять при расчете на чистый металл для Co—0,1%, Mn—0,25% и Pb—0,5%. Темп-ру при получении олифы для К. поднимают до 300—310° и держат масло при этой темп-ре до тех пор, пока оно не получит определенной вязкости, приблизительно 4—5 ч. Весь процесс варки масла продолжается 10—12 часов. Масло при высокой температуре полимеризуется (уплотняется) и отчасти оксидируется (окисляется), но самые изменения, происходящие в масле, в настоящее время еще не достаточно изучены.

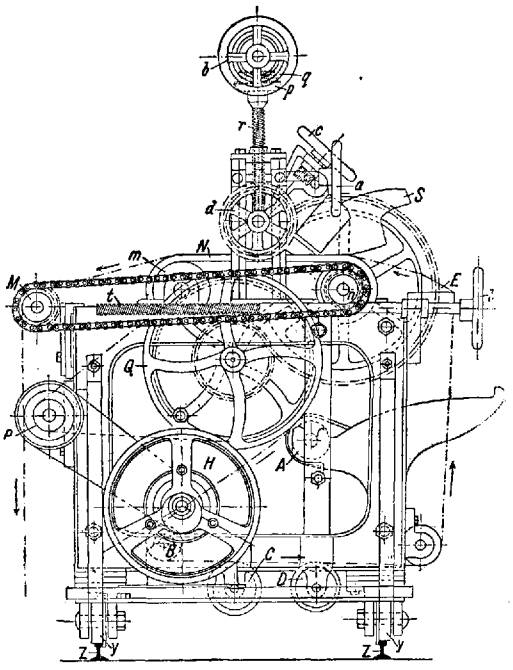
Следующая операция после подготовки ткани и производства олифы—одна из наиболее важных—приготовление грунтов. Различают 3 основных грунта: 1-й грунт (который обычно не окрашивается)—наиболее густой, накладываемый или прямо на очищенную и прокаландрированную ткань или же на ткань, предварительно апретированную; 2-й грунт—так наз. форгрунт; 3-й грунт—отделочный. В состав каждого грунта входит олифа, к-рая является связующим материалом для всех прочих составных частей грунта и между грунтом и тканью или между отдельными грунтами, почему олифа и является наиболее ответственной составной частью грунтов. Состав 1-го грунта примерно таков: 25% олифы, 25—50% воды, керосина и других летучих веществ, 25—50% наполнителей (каолина и др.). Значительные колебания в содержании воды наполнителей объясняются тем, что на разных фабриках работают с грунтами различной густоты и плотности. Для лучшего высыхания к грунту прибавляют еще немного жидкого сикатива. Приготовление 1-го грунта производится следующим образом. В мешалку, сделанную из железа, внутри к-рой вращаются лопасти, наливают олифу, затем каолин (белая глинка), предварительно растертый в другой мешалке с водой, раствор соды и нашатырный спирт; все это перемешивают в течение 3—6 часов, под конец прибавляют небольшое количество (3—5%) керосина. После этого мешалку наклоняют при помощи винта, не останавливая лопастей, к-рые постепенно выбирают грунт из мешалки в подставленные ящики. Емкость мешалки от 800 до 1 000 *кг* и более. Каолин должен иметь белый цвет, давать с водой однородную, нежную кашицу и не содержать песка и твердых каменистых частиц. Для лучшего связывания массы к каолину, замешанному с водой, или непосредственно к грунту прибавляют растворы вяжущих веществ, как караген, столярный клей и т. п. Сода и нашатырный спирт служат усреднителями свободн. кислот, содержащихся в олифе, и образуют с ними мыла, играющие роль загустителя в массе грунта. Поэтому иногда в грунт вводят прямо раствор обыкновенного или жидкого мыла. Олифа, смешанная с каолином и водой в присутствии щелочей и мыла, дает при размешивании эмульсию и распределяется поэтому во всей массе грунта равномерно. При перемешивании грунт постепенно густеет настолько, что может сползать с поднятого ножа только очень медленно. К концу перемешивания к грунту прибавляют разжижитель (керосин и др.), к-рый отчасти разжижает грунт до нужной густоты и растворяет могущие остаться в мешалке кусочки олифы, а главное придает грунту блеск и однородность.

Форгрунт и отделка отличаются от 1-го грунта тем, что они содержат больше олифы, совершенно не содержат воды, более жидки, менее вязки и окрашены в тот или иной цвет красками, предварительно затертыми на олифе. Примерные составы, обычно употребляемые для форгрунта (II грунт) и отделки (III грунт), таковы (в %):

Форгрунт		Отделка	
Мел+краска	50	Мел+краска	43
Олифа	37	Олифа	40
Разжижитель (керосин и др.)	13	Разжижитель (керосин и др.)	17

В качестве наполнителя для форгрунта и отделки употребляют молотый и очищенный мел белого цвета или просушенный, измельченный и просеянный каолин. Наполнитель вместе с частью олифы и керосином замешивают в мешалке и пропускают через краскотерку. К этой основной массе прибавляют затертые на олифе краски, остальную часть олифы и все снова перемешивают в мешалке в течение ок. 1 ч.; затем пропускают через краскотерку один или два раза, взвешивают и отправляют готовый грунт в грунтовальный цех. Для растирания форгрунта и отделки применяют вальцовые одноэтажные и двухэтажные краскотерки с 3 и 6 стальными или мраморными вальцами и с водяным охлаждением, т. е. такого же устройства, какие часто применяют для получения тертых красок. Производительность их — 600—800 *кг* грунта за 7 ч. работы.

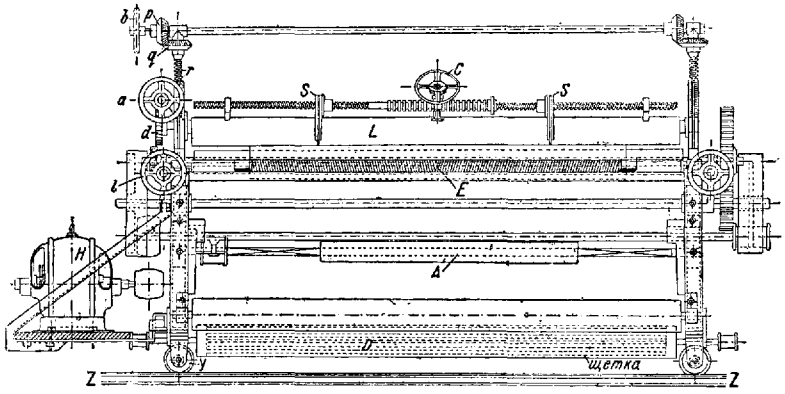
Следующими основными операциями клееночного производства являются наложение грунтов на ткань и сушка их, а также пемзование и пропуск через каландр (последнее обычно применяется только для 1-го грунта). Наложение грунтов производится на особых грунтовальных машинах, а сушка их—в кирпичных камерах различной величины и



Фиг. 1а.

емкости. Грунтовальная машина (фиг. 1а и 1б) состоит из вращающегося на двух валах *m* и *n* бесконечного резинового чехла *N* и поставленной над ним острой планки *L*, называемой ножом, которая при помощи маховичка *a* с червячной передачей *d* может легко менять свое положение и наклон по

отношению к чехлу. Кроме того нож м. б. поднят вверх вращением маховичка b и конич. колес p и q с винтом r. На ноже имеются две поперечные пластины, или шпакли, S для устранения растекания грунта по резине за края кромок ткани, могущие передвигаться вправо и влево при помощи маховичка c. Для натяжения резинового чехла у вала m имеется подвижный подшипник,



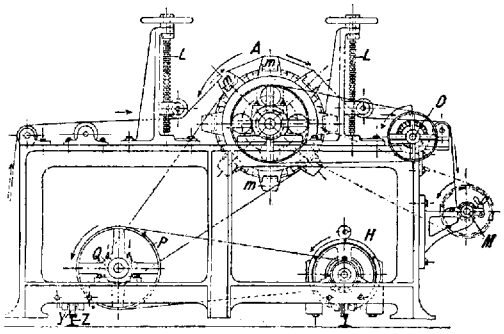
Фиг. 1б.

который при вращении колеса l с винтом t может приближаться или удаляться от вала n. Последний цепью Галля соединен с роликом M для направления товара, выходящего из машины. Грунтовальная машина покоится на колесах y и потому свободно может передвигаться по рельсам Z. Свое движение она получает от мотора H через передаточные шкивы P и Q. Товар с ролика A через передаточный ролик B проходит над очищающим ткань аппаратом C и щеткой D на расправитель E и затем по резиновому чехлу N через ролик M поступает в камеру для сушки. Ткань заправляется поверх чехла, и на нее перед ножом накладывается грунт; при движении чехла он увлекает за собой ткань вместе с грунтом, который распределяется ножом по ткани равномерным слоем, толщиной равной ширине щели между ножом и тканью. Ткань с грунтом непосредственно поступает в камеру, где она навешивается большими петлями по нескольку рядов, вручную или механически. Нагревание камер производится или паром, который пропускается через батареи, расположенные в камерах, или воздухом, нагретым в калорифере. Темп-ра в камерах достигает 50—70°, в зависимости от состава грунта. Процесс сушки грунтов протекает в две фазы: сначала происходит испарение летучих составных частей грунта, а затем—собственно сушка или окисление олифы. Продолжительность сушки грунта зависит кроме $t°$ от качества и состава грунта и от устройства вентиляции, так как скорость обмена воздуха при сушке играет весьма важную роль. Обычно она колеблется в пределах от 1,5 до 6 ч. и более для каждого грунта.

При ручном навешивании камеры обычно загружаются днем, а сушка товара происходит ночью, после чего камеры охлаждают и товар на следующее утро выбирают из камер, накатывая его на ролики при помощи особых машин, называемых выкатками. При выкатке товар нередко пемзуется, т. е. очищается от всякого рода неровностей и шероховатостей грунта.

Пемзовальная машина изображена на фиг. 2. Она состоит из вращающегося барабана A, по оси которого между железными планками укреплены пемзовальные камни m. Барабан получает свое движение от мотора H, установленного на станине машины, через передаточные шкивы P и Q. От барабана A вращение передается ролику M, на который накатывается товар по выходе из машины. Товар прижимается к пемзовальным камням той стороной, на которую нанесен грунт, при помощи винтов L и затем очищается щеткой D. Вся машина снабжена колесами и может свободно передвигаться по рельсам. Первый грунт кроме того разглаживается и размягчается пропусканием между нагретыми валами каландра. В последнее время ручное навешивание товара в камерах заменяется механическим, что соединяется с беспрерывной сушкой грунтов.

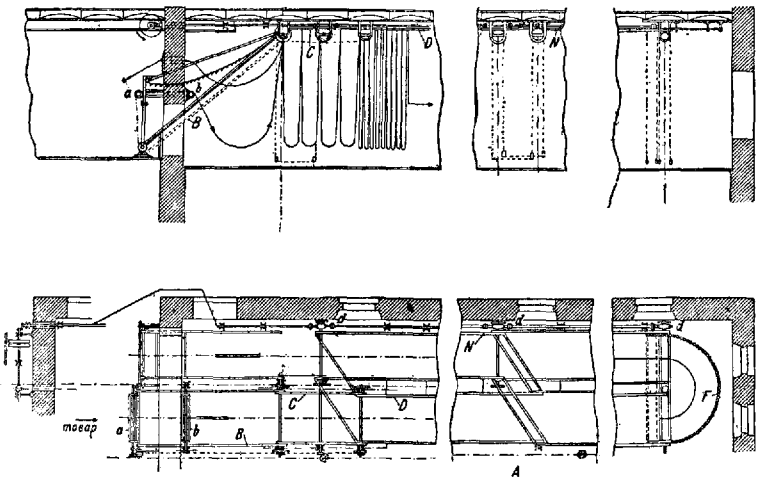
Круговая механич. завеска К. в камеры впервые была установлена на ф-ке им. В. П. Ногина в Кунцеве (близ Москвы) в 1927 году немец. фирмой Фишер. Устройство завески показано на фиг. 3. В кирпичной камере A помещаются два аппарата. В настоящее



Фиг. 2.

время камера разделена продольной стенкой во всю длину пополам, и поэтому каждый аппарат работает совершенно независимо от другого. Товар по выходе из грунтовальной, печатной или лакировочной машины при помощи вращающихся баранчиков a и b поступает в камеру и навешивается в ней петлей. В это же время по наклонной подъемной цепи Галля B подается в камеру палочка, к-рая захватывает левую половину петли и поднимает ее за собой вверх. После этого петли товара передаются на цепь C и затем на цепь D. Скорость цепей различна, т. к. вначале петли делаются значитель-

но шире, для того чтобы при раскачивании их не происходило слипания грунтов или смазывания печати и лака. В виду того что камеры очень длинны (42,5 *м*), цепь в камере обычно разбивают на 3—5 отдельных участков, приводимых в движение при помощи вала *N* с коробками скоростей *d*. В конце камеры цепь делает полукруг *F*, и товар движется в обратном направлении. При выходе товара из камеры палочки отделяются от товара и падают вниз, а затем при помощи особого приспособления снова автоматически подаются на цепь *B*; товар же поступает на выкатку, где он накатывается на ролик. При последнем способе работы достигается: 1) значительное сокращение топлива для сушки товара, так как камеры не приходится охлаждать; 2) сокращение количества рабочей силы и улучшение условий труда, так как рабочим не приходится постоянно находиться в камерах, где выделяются вредные для здоровья пары разжижителей (керосин, скипидар и др.); 3) производительность камер увеличивается в несколько раз, т. к. при беспрерывной сушке товара не требуется времени на загрузку и выгрузку камер и устраняется простой на их охлаждение. Для удаления газов и для обмена воздуха камеры снабжают приточно-вытяжной вентиляцией с таким распределением темп-ры: самая низкая—в начале и наивысшая—в конце ее, т. е. в середине пути прохождения товара по камере. Производительность камер, при емкости их в 3 000 *кг* К., в зависимости от состава грунта равняется от 7 500 до 11 000 *м* за 7-часовой рабочий день.



Фиг. 3.

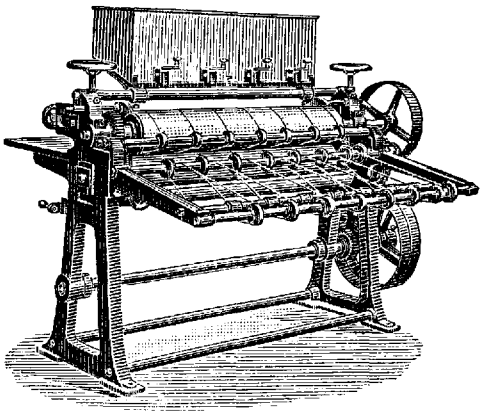
Наложением на ткань отделочного грунта производство собственно К. заканчивается, и далее идет отделка ее, состоящая из печатания машинным или ручным способом, покрытия лаком и тиснения. Печатные машины состоят из двух валов: одного резинового и другого медного, с выгравированным на нем рисунком; медный вал вращается в корыте с жидкой краской, приготовленной на скоровысыхающей олифе. При вращении этого вала краска заполняет углубления рисунка, а с других мест вала снимается расположенной позади него раклей, после чего рисунок отпечатывается на К., поступающей в жало между обоими валами. При машинном печатании на К. получается однокрасочный, нерельефный рисунок, тогда как при ручной печати обычно наносятся многокрасочные и выпуклые рисунки, т. е. слой краски наносится значительно толще. Для ручной печати применяют м а н е р ы—доски, на нижней стороне имеющие рельефный металлич. рисунок, при помощи к-рого краска с подушки переносится на К. Для каждой краски употребляется отдельная манера. Многокрасочные и рельефные рисунки можно получить на К. также при помощи многовальных печатных машин с набойными валами. По своему устройству они мало отличаются от многовальных ситцепечатных машин. Клеенку после печати сушат в камерах. Для закрепления гладкой машинной печати ее покрывают лаком на машинах точно такого же устройства, как и печатные, у к-рых медный вал с рисунком заменен медным валом с неглубокой насечкой, препятствующей растеканию лака и способствующей более равномерному наложению его на К. Лак для К. употребляется масляный. Его обычно готовят сами клееночные ф-ки, употребляя для этого или более дорогие и твердые смолы, как копалы (каури, конго), даммар и др., или же более дешевые, как канифоль, к-рую предварительно для улучшения ее качества препарируют. Препарирование канифоли (обычно употребляют светлую канифоль) производится различными способами: 1) сплавлением ее с основаниями, как например $Ca(OH)_2$, ZnO и др., 2) нагреванием при 260—280° с глицерином. Иногда применяют и тот и другой способы вместе. Копалы для растворения в масле предварительно необходимо подвергать плавлению в высоких медных котлах для удаления летучих веществ. Масло для лаков употребляется главн. обр. льняное и древесное. Нередко для приготовления лаков пользуются оксидированным маслом, полученным при помощи продувания через подогретое масло воздуха в продолжение двух и более дней. После того как получен раствор той или иной смолы в масле, к нему прибавляют разжижитель (бензин, скипидар и др.) и жидкий сикатив. Состав копалового лака для К. примерно таков: копала и даммара—7%, олифы густой—28,5%, разжижителя (скипидар и бензин) — 64%, сикатива разведенного—0,5%. Лак для клеенки должен удовлетворять следующим требованиям: быть прозрачным и чистым, хорошо сохнуть и после высыхания совершенно не давать на клеенке отлипа, быть стойким к воде и нагреванию, эластичным и для светлых грунтов возможно более светлым.

Для получения рельефного рисунка путем тиснения К. пропускают через тиснильные каландры, где при помощи стального гравировального вала на ней выдавливается тот или иной рисунок. Разные сорта К. отделываются различным образом; так напр. мозаика (сорт столовой К.) имеет однокрасочную машинную мозаичную печать и покрывается лаком, американка (для обивки дверей, мебели и т. д.) только тиснится, скатерти и салфетки покрываются набойной печатью и тиснятся. Отделанная клеенка поступает в сортировочный отдел, где она обрезается по кромкам, сортируется, бракуется, накатывается на палочки, клеймится и завязывается. Принятая ширина К.—100, 115, 138 *см* и кроме того 175 *см* для широких скатертей.

Основные требования, предъявляемые к К.: 1) эластичность—грунт К. при сгибании ее под углом 180° не должен ломаться и трескаться; 2) прочность—грунт К. должен быть прочно связан с тканью; отдельные слои грунта не должны отделяться один от другого при трении и при действии на К. воды и мыла; 3) мягкость—К. должна быть по возможности мягкой и шелковистой наощупь; 4) гладкость и чистота; 5) печать д. б. рельефной, четкой и прочно связанной с грунтом, т. е. при сгибании не должна растрескиваться и осыпаться; 6) лак д. б. эластичным, совершенно не липким и стойким по отношению к воде и нагреванию. К специальным сортам клеенки предъявляются особые требования в зависимости от цели их применения.

Лит.: Бахтиаров А., Клеенчное производство, СПБ, 1905; Гросс П. И., Кустарное производство линолеума и клеенки, СПБ, 1912; Федоров П., Кустарное производство клеенки, СПБ, 1911; Талапцев З. М., Технология жиров и масел, ч. 1, стр. 167, М., 1925; Беловицкий А. и Черенин П., Промышлен. производство клеенки в СССР, «Маслобойно-жировое дело», М., 1929, 7, стр. 31; Зельдин С. П., Производство клеенки, «Изв. текст. промышл. и торговли», М., 1929, *7—8*, стр. 88; Handbuch d. Chemie u. Technologie d. Öle u. Fette, hrsg. v. Ubbelohde u. F. Goldschmidt, B. 4, Lpz., 1926; Esslinger R., Die Fabrikation d. Wachstuches, W.—Lpz., 1906. **А. Беловицкий и П. Черенин.**

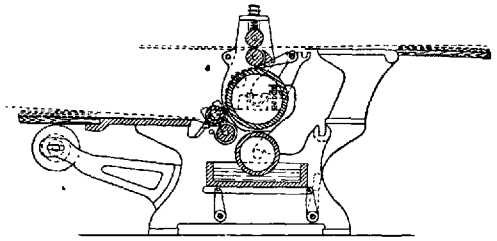
КЛЕЕИЛЬНЫЕ МАШИНЫ служат для склеивания бумаги и картона как в отдельных видах бумажно-картонного производства, так и при изготовлении различных изделий из бумажного материала. Сообразно с этим К. м. применяют для склеивания между собою листов бумаги или картона с целью получения материала большей плотности и крепости, для облагораживания и кашированья низкосортного картона, для склеивания между собою отдельных частей картонажных изделий, или наконец для соединения бумаги с другим материалом, напр. марлей и полотном. В зависимости от этих целей К.м.бывают различных конструкций. Самой простой является мазальная машина, служащая для нанесения слоя клеевого материала на приклеиваемую поверхность бумаги или картона. Мазальные машины строят для нанесения клея как с одной, так и с двух сторон одновременно. Наносящий механизм двусторонней машины (фиг. 1) состоит из двух металлич. валов, расположенных один над другим. Нижний вал вращается в корыте, куда наливают клеевой материал. На верхний вал клей поступает из сосуда, находящегося наверху, через определенное число кранов, в зависимости от ширины машины. К верхнему валу прижимается еще один валик меньшего диаметра, образуя закромок, к-рый, благодаря вращению валика в противоположную сторону от вращения наносящего вала, удерживает клей от стекания вниз. Толщина наносимого слоя регулируется бо́льшим или меньшим прижатием валов друг к другу. Для предотвращения прилипания бумаги к валам и наматывания на них, поверх вала и роликов на соседнем валике протянут ряд бесконечных нитей. При употреблении жидких клеев применяют твердые валики—металлич. или эбонитовые; при густых растворах (как например крахмал), металлич. валики обтягивают сукном. На двусторонней машине можно получать и листы



Фиг. 1.

бумаги, намазанные с одной стороны, если пропускать два листа сразу. Указанной машиной можно пользоваться не только для оклейки, но и для выработки плотных сортов товара, наприм. бристольского картона. Для получения двухлистки, т. е. картона, состоящего из двух листов, в машину пропускают по два листа и затем накладывают одну пару листов на другую, причем смазанные стороны склеиваются. Когда накапливается стопка достаточной вышины (около 30—40 *см*), ее покрывают крепкой доской и помещают в пресс. Для получения трехлистки работу ведут следующим образом. На приемку кладут сухой лист, потом пропускают через машину один лист, покрывая его клеем с обеих сторон, далее пропускают два листа. Нижний из них будет третьим листом первого листа бристоля, а верхний—первым второго; потом опять кладут один лист, за ним два. Для получения четырехлистки за первым листом, покрытым с обеих сторон, пропускают еще один такой же, а затем пускают два листа и т. д. В мазальных машинах для покрытия бумаги клеем с одной стороны листы пропускают не между валами, а поверх металлич. наносящего валика, к-рый получает клей с другого, расположенного под ним и погруженного в корыто. Бумага снимается острыми дужками, к-рые заворачивают лист кверху.

Собственно К. м. отличается от мазальной постановкой пары прижимных валиков над мазальными. В момент вхождения листа, заворачиваемого дужками, на нижний из двух прижимных валиков на него с накладки подсовывают лист картона, так что валики втягивают его вместе с намазанным листом и плотно сжимают оба листа вместе (фиг. 2). Производительность этой машины мала и лишь немногим превышает ручную выработку. Бо́льшую производительность имеет



Фиг. 2.

машина, к-рая намазывает бесконечное полотно бумаги, причем подсовывание картона происходит беспрерывно в стык. Ролевая бумага проходит через систему валиков, которые ее вытягивают и расправляют, что предохраняет от образования складок; затем она попадает на механизм, наносящий клей, и в натянутом состоянии опускается вниз, направляясь через ряд нажимных валиков. Весь путь от намазывающего механизма до нажимных валов находится на виду, что позволяет следить за образованием складок и устранять их. Иногда нажимные валы подогревают для подсушивания.

В больших производствах клееного картона применяют ротационные машины, склеивающие ролевую бумагу. Эти машины обладают большой производительностью и могут склеивать до семи полотен сразу. Для склеивания бумаги с полотном ставят обыкновенно двухролевые машины, а для получения картона применяют машины, которые могут склеивать не менее трех ролей. Клей подается в корыта аппаратов насосом по мере израсходования. Толщина наносимого слоя клея м. б. регулируема. Намазанные полотна через ряд роликов подходят к соединительным валам, где плотно прижимаются друг к другу, и уже в виде одной ленты поступают на сушильные барабаны, или же в сыром состоянии разрезаются вращающимся ножом на листы желательного формата и просушиваются в развеску или на особых сушильных аппаратах. Иногда сырой склеенный картон наматывается без разрезания на роль; в этом случае намотка д. б. очень тугая, и роли должны лежать продолжительное время, чтобы клей мог схватить. Машины снабжены продольными ножами для обрезывания кромок, к-рые обыкновенно бывают замазаны выдавленным при соединении клеем. Очень плотные и мало гибкие картоны, разрезают на листы, и дальнейшая обработка (пропуск в каландр, окрашивание, глянцевание) идет листами; менее плотные, как например картон для открытых писем и игральных карт, наматываются на роли и обрабатываются с полотна.

Все эти машины строятся в Германии многими фирмами. Из них наиболее известны: Фридрих Мюллер—Фрейталь-Почапель близ Дрездена, Август Кобиг—Радебейль, там же, Вильгельм Френцель, там же. О машинах для склеивания частей картонажей см. *Картонажное производство*. **Д. Винокуров.**

КЛЕЙ. Различают К. растительные и К. животные; из растительных клеев наибольшее техническое значение имеет К. резиновый.

Клей животный, продукт обработки различных материалов животного происхождения, обладающий сильной связывающей способностью. Химическая природа клея и до сих пор точно не установлена; предполагают, что он является продуктом гидролиза *коллагена* (см.). При разваривании различных частей животного организма (кожи, хрящей, костей, сухожилий) с водой или разбавленными к-тами образуются глютин и хондрин. Глютин обладает более сильной связывающей способностью и получается главн. обр. из шкур и костей; он представляет собой бесцветное нейтральное вещество, без запаха и вкуса, нелетучее и разлагающееся до плавления. Элементарный состав глютина: 49—51% C, 6,5—7,0% H, 17—18% N и 0,6% S. Хондрин образует главную составную часть К., полученного из хрящей; он содержит: 49—50% C, 6,6—7,1% H, 14,4—15,5% N, 27,9—29,6% O и 0,4—0,65% S (см. *Желатина*). К., получаемый из хрящей, рассматривают как смесь глютина и производных хондроитинсерной к-ты, $C_{18}H_{27}NSO_{17}$, с альбуминами.

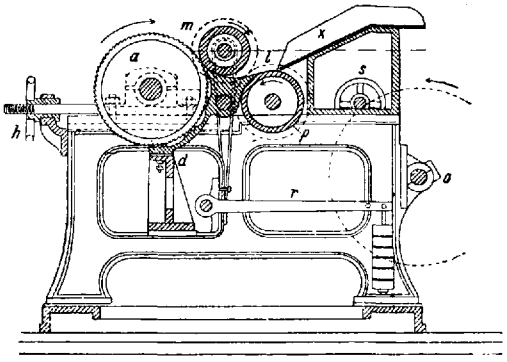
По физико-химическим свойствам К. представляет собой гидрофильный коллоид. При погружении в холодную воду он набухает, поглощая воду в количестве, превышающем в 6—10 раз его собственный вес. При набухании выделяется тепло, и происходит контракция (т. е. объем набухшего студня делается меньше суммы объемов сухого клея и поглощенной воды). При нагревании с водой набухший клей переходит в раствор (золь) и по охлаждении образует студень (гель). Умеренным нагревом (50—60°) студень можно опять обратить в жидкое состояние, причем раствор сохраняет способность к застудневанию. Студень клея, в отличие от вязких жидкостей, не текуч и сохраняет острые углы и ребра в течение нескольких суток. Для образования студня раствор К. должен обладать не слишком малой концентрацией (~1%). При продолжительном нагревании раствор К. частично или полностью теряет способность к желатинированию. Разбавленные минеральные кислоты, уксусная к-та и щелочи растворяют К., причем происходит гидролиз с образованием протеоз, пептонов и аминокислот. Студни К. при долгом стоянии на воздухе загнивают; при этом также происходит гидролиз, характер к-рого обусловлен видом развившихся бактерий.

Производство К. По роду материала, из которого изготовляют К., в технике различают следующие сорта животного клея: 1) шубный, или мездровый, К., 2) костяной К. и 3) рыбий К. Кроме того в последнее время появился на рынке

так называемый кожный клей, получаемый из отбросов дубленой кожи.

Основным сырьем для производства шубного К. являются отбросы кожевенных заводов и боен. Сюда входят обрывки шкур, бахтарма (ячеистая ткань), обрезки шкуры (лапы, хвосты, уши, башки и пр.), сухожилия и жилы, кишки, хрящи и рубцы. Все эти отбросы объединяются под общим названием клеевой мездры. Кроме того употребляются заячьи и кроличьи шкурки, шкуры кошек, собак, свиней, упаковочные шкуры (эмбалаж) и т. п. Из этих материалов более всего ценятся отбросы лайки, пергамент и сыромятные обрезки. Шкуры молодых животных (телят и ягнят) дают больший выход К. и более светлый продукт, чем шкуры быков. Лошадиная шкура дает слабый и темный К. Выходы К. сильно колеблются в зависимости от рода и качества сырого материала; в среднем из 100 *кг* сырой клеевой мездры получается ок. 10 *кг* сухого клея.

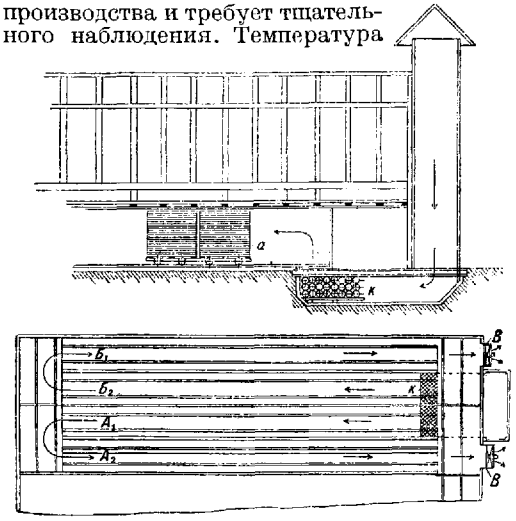
Процесс производства шубного клея состоит из следующих основных операций: 1) подготовки материала к варке, 2) варки К., 3) охлаждения клеевого бульона и формовки студня и 4) сушки К. Поступающий на з-д сырой материал после сортировки или без нее подвергается промывке водой для удаления остатков извести, соли и грязи, после чего поступает в продолжительную обработку известковым молоком (1—3° Bé). Режим известкования зависит от рода и качества материала и от предварительной обработки шкуры на кожевенном заводе; средняя продолжительность известкования составляет 15—30 дней, причем известковое молоко 3—4 раза заменяется свежим. Известкование производят в деревянных и бетонных чанах или ямах или во вращающихся барабанах. Иногда применяют приспособления для размешивания молока или продувку сжатым воздухом. Процесс считается оконченным, если разрезанный материал имеет в разрезе синеватую стекловидную структуру. Под действием извести соединительнотканные волокна шкуры сильно разбухают (см. *Нажор*), остатки мяса, крови и не дающие К. белки растворяются, жиры омыляются с образованием кальциевых мыл. При слишком длительном известковании коллагеновые волокна разрушаются. После известкования материал иногда сушат на воздухе или в специальных сушилках. Такая сушка дает клей лучшего качества. Просушенный материал (а на многих заводах — непосредственно после известкования) подвергается промывке в проточной воде для удаления извести и растворенных примесей. Промывка производится в аппаратах различной конструкции (см. *Желатина*). Наиболее употребительны америк. контроллеры и шерстомойки. Остатки извести удаляют промыванием материала в слабом растворе соляной, реже серной, кислоты, после чего следует промывка водой, отбелка раствором SO_2 (1,5° Bé) в течение 12 часов и окончательная промывка водой. Иногда материал перед известкованием измельчают в особых машинах (голлендерах, волк-машинах, колбасных машинах и т. п.). Конструкция волк-машины изображена на фиг. 1, где *x*—подающая воронка, *p* и *m*—подающие вальцы, *a*—барабан, составленный из ряда дисковых пил, *l* и *d* — рабочие корыта, *h* и *s*—регулирующие маховички, *r*—приспособление для регулирования степени сжатия разрезываемого материала и *o*—приводной шкив. Промытый материал обычно отжимают в особых прессах, после чего материал вываривают при *t*° ниже 100° (во избежание пептонизации клея и уменьшения его клеящей способности). Для варки пользуются чугунными, железными или деревянными котлами с двойными стенками или ложными днищами с глухим паровым обогревом.



Фиг. 1.

Загруженный материал заливают теплой водой, впускают пар в змеевик или паровую рубашку и ведут варку до получения желательной консистенции; последнюю проверяют частыми пробами на скорость застывания бульона и крепость студня. Готовый бульон сливают и операцию повторяют до тех пор, пока материал не будет больше давать застывающего бульона. Последний бульон варится при *t*° 100° и идет для заварки бульона следующей партии. Обычно делают от 3 до 5 варок с интервалом *t*° от 70 до 100°. Из твердого остатка, состоящего из волос и различных кератиновых образований, жиров и кальциевых мыл, выделяют жир, который идет на мыловарение, а жмых, содержащий до 9% азота (считая на сухое вещество), идет на удобрение. Концентрация клеевых бульонов колеблется в зависимости от качества сырого материала; в среднем бульоны содержат 5÷8% сухого вещества. Из варочных котлов бульоны сливают в отстойники и подвергают осветлению, отбелке и фильтрованию. Последняя операция производится в фильтр-прессах с фильтрующей массой из смеси целлюлозы, асбеста и фибры. Затем бульоны концентрируют в вакуум-аппаратах, обычно до содержания 25% сухого вещества. Упаренный бульон разливают в формы (из дерева, цинка, оцинкованного железа), где бульон охлаждается водой или холодным воздухом. Вынутые из форм блоки разрезают на специальных машинах на пластинки толщиной 8—15—30 *мм*, которые раскладывают на сушильные сетки—деревянные или металлич. рамы, обтянутые проволочной сеткой (веревочной, алюминиевой, оцинкованной железной). Нагруженные сетки укладывают на плоские ваго-

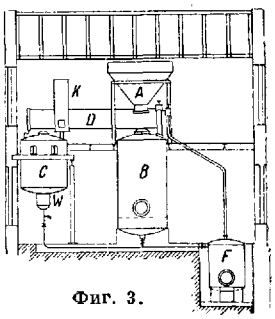
нетки, обычно в две колонки высотой 2 *м*, и вводят в сушильное пространство. На фиг. 2 изображены план и продольный разрез тоннельной сушилки; последняя представляет собой ряд длинных каналов (20—30 *м*), соединенных попарно (A_1—A_2, B_1—B_2); поперечное сечение их по возможности точно соответствует габариту нагруженной вагонетки *a*. На конце одного канала находится паровой калорифер *к* из ребристых труб, на конце другого—вентилятор (*B*), просасывающий через оба канала слабо нагретый воздух. Вагонетки в канале обычно направляются против движения нагретого воздуха (противоток). Процесс сушки является одним из наиболее ответственных моментов производства и требует тщательного наблюдения. Температура



Фиг. 2.

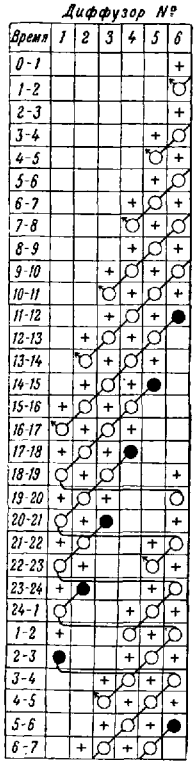
сушки для шубного клея не должна превышать 30—35°, так как $t°_{пл.}$ свежего студня лежит около этой температуры. Но по мере высушивания студня температуру можно поднимать и в конце довести ее даже до темп-ры в 60°. Количество воздуха, которое просасывается вентилятором, должно находиться в определенном отношении к содержанию влаги в атмосферном воздухе, к длине канала и весовому количеству высушиваемого материала. Продолжительность сушки зависит от концентрации студня, толщины плитки, влажности и скорости воздуха и температуры сушки; сушка пластин шубного клея длится 3÷8 суток. Высушенные пластинки снимают с рамок, сортируют и упаковывают.

Сырьем для производства костяного К. служит местная или привозная кость или отбросы пуговичных ф-к и т. п. Привозную кость доставляют с Дальнего Востока и из Юж. Америки. Индийская кость, или шрот, один из лучших сортов кости, идет гл. обр. для производства желатины. Процесс производства костяного клея сводится к отделению органической части костей от минерального остова и превращению ее в К. Это м. б. осуществлено двояким путем: 1) выщелачиванием минеральной части слабыми растворами к-т (соляной, сернистой), причем остается органич. вещество кости—оссеин (коллаген), и 2) непосредственным получением клея действием пара под давлением. Первый способ, мацерационный, или кислотный, вследствие сравнительно высокой стоимости к-ты мало распространен и применяется преимущественно для приготовления желатины. Второй способ—паровой—является общепринятым и состоит из следующих операций: 1) сортировки и измельчения костей, 2) обезжиривания костей и очистки сала, 3) сухой и мокрой очистки дробленой кости, 4) обесклеивания кости, 5) обработки клеевых бульонов (аналогично шубному клею) и 6) получения отходов. Для сортировки костей применяют движущиеся бесконечные ленты, так называемые «трясучки», которые снабжены сильными электромагнитами для отделения кусков железа, гвоздей и т. п. Другие примеси (стекло, тряпки, бумага и т..д.) отбираются на ходу ленты вручную. Сортированная кость непосредственно с ленты поступает в дробильные машины, где она дробится на куски величиной с куриное яйцо. После этого следует обезжиривание, которое осуществляется почти исключительно методом экстракции органическими растворителями жиров. Применяется главным образом бензин вследствие его дешевизны по сравнению с другими растворителями (четыреххлористый углерод, CCl_4, сероуглерод, CS_2, бензол, C_6H_6, трихлорэтилен, $C_2H_3Cl_3$, нафталин и ряд др.). Обезжиривание производится в экстракторах различных конструкций. На фиг. 3 изображен распространенный экстракционный аппарат Руфа, где *A*—силос, *B*—экстрактор, *C*—бензиновый резервуар, *D*—конденсатор, *W*—водоотделитель, *K*—предохранительный холодильник и *F*—салосборник. Извлеченный костяной жир подвергается очистке и поступает в продажу. Обезжиренную кость полируют в специальных полировальных барабанах; при этом получается ценный отход—черная *костяная мука* (см.). Одновременно с полировкой производится вторичное дробление и сортировка по величине шрота. Основная масса полированного шрота состоит из кусков в 2—4 *см* в поперечнике. Полированный шрот подвергается промывке водой, а иногда и «газовке»—обработке SO_2 (последний процесс иногда неправильно называют мацерацией). Основным процессом является выварка клея. Последняя обыкновенно производится в вертикальных железных цилиндрах емкостью 0,5—2 $м^3$, с ложным дном и с верхним и нижним люками. Обыкновенно эти аппараты соединяют в батареи (от 3 до 6 штук) типа диффузоров. Диффузоры снабжены системой паропроводов и трубопроводов для бульона, позволяющей вести непрерывный процесс обесклеивания по принципу противотока. Каждый диффузор



Фиг. 3.

в течение 1 ч. наполняется 6—12 раз поочередно паром (0,2—2 *atm*) и горячей водой (или бульоном). По мере хода процесса давление пара постепенно повышают. На фиг. 4 изображена схема работы батареи из 6 диффузоров. Периоды действия пара обозначены крестиками, воды (бульона)—кружками. Линии, соединяющие кружки, показывают ход клеевых бульонов. По выходе из батареи клеевой бульон, содержащий 10—20% клея, перекачивают в отстойники, где он отстаивается и осветляется или отбеливается. Дальнейшая обработка клеевого бульона вполне идентична с обработкой при производстве шубного К., за исключением того, что вследствие меньшей крепости студня сравнительно с шубным К., бульоны костяного К. концентрируются до 30—40%.



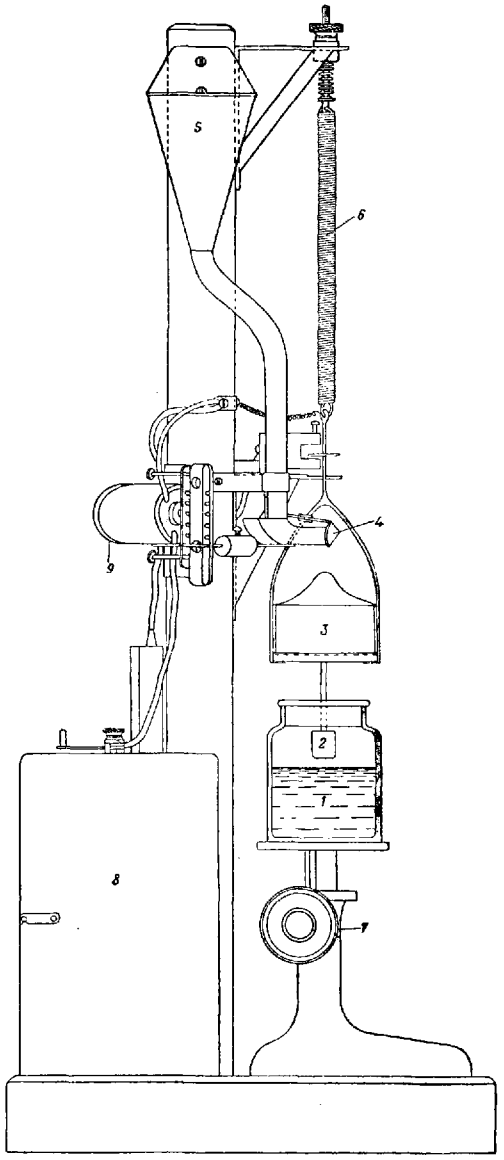
Фиг. 4.

За последние годы техника производства К. обогатилась рядом новых методов, обещающих получить широкое развитие в будущем. Сюда относятся способы производства жемчужного К., чешуйчатого К. и порошкообразного К. 1) Для получения жемчужного клея раствор шубного или костяного клея каплями впускают в холодную жидкость, не смешивающуюся с водой (CCl_4 с бензином, C_6H_6, $C_2H_3Cl_3$, CS_2, бензиловый спирт); застывшие капли студня отделяют от жидкого охладителя и высушивают в течение 24 часов. 2) Чешуйчатый клей получается на специальных барабанах. Клеевой раствор попадает в эмульсатор, где он превращается в тонкую пену; последняя непрерывно поступает на вращающийся с определенной скоростью и обогреваемый паром сушильный барабан. В течение $^3/_4$ оборота барабана пена успевает высохнуть и затем ее снимают в виде сухих чешуек скребком; сухие чешуйки прессуются в плитки или брикеты. 3) Порошкообразный клей получается по тому же принципу, что и чешуйчатый К. Наилучшим аппаратом для этой цели является вакуум-аппарат системы Пассбурга, в к-ром обогреваемый паром вращающийся барабан непрерывно погружается в клеевой раствор, находящийся в разреженном пространстве. В течение 1 оборота К. высушивается и снимается скребком. Порошкообразный К. может быть получен также из обыкновенного плиточного путем измельчения его в специальных мельницах. На рынке встречается такой К. различной степени измельчения.

Рыбий К. бывает двух родов: высший сорт—высушенная внутренняя оболочка плавательного пузыря различных рыб (осетра, белуги, севрюги, стерляди, сома, сазана и др.) и низший сорт—получаемый из рыбьей чешуи и отбросов трески. Для получения высшего сорта К. плавательный пузырь промывают в слабом известковом молоке, разрезают по длине и тщательно очищают, после чего в полусухом состоянии удаляют наружную мышечную оболочку и сушат на солнце; иногда его отбеливают сернистыми соединениями или погружением пузыря на продолжительное время в снег. Низший сорт клея получается путем вываривания цельных рыб, а также рыбьей чешуи, кишечника и костей, к-рые сначала обрабатывают соляной кислотой (для удаления известковых солей), а затем вываривают в воде; бульоны обрабатывают обычным путем. Рыбий К. из плавательного пузыря химически представляет собой почти чистый глютин (86—93%), от обыкновенного К. отличается меньшим содержанием золы (~0,5%), неполной растворимостью в горячей воде (до 3% нерастворимого остатка) и более высоким минимумом концентрации для образования студня (3%). Студень рыбьего К. обладает значительно меньшей крепостью по сравнению с шубным и костяным К. и слабо склеивает. Сорта рыбьего К. различают по географическ. признаку—русский, бразильский, сев.-американский и т. д. Наилучшим считается русский—астраханский.

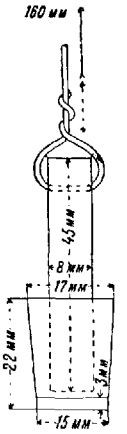
Испытание К. Обычно определяют достоинства данного сорта К. по нек-рым его физико-химич. свойствам. Чаще всего определяют следующие свойства К.: вязкость, крепость студня, $t°_{пл.}$ и $t°$ застудневания, пенистость, устойчивость к заражению микроорганизмами, влажность, содержание золы, жира, SO_2, общую и активную кислотность $P_н$ (см. *Спр. ТЭ*, т. III, ст. Склеивающие вещества и желатины). Для определения вязкости наиболее распространенным является вискозиметр Энглера (см. *Вязкость*), причем употребляют растворы К. в 17,75%-ной концентрации по клеевому ареометру Зура или 15%-ной, считая на безводное и беззольное вещество. Температура определения: для шубного К.—40°, для костяного—30°. Часто употребляют также вискозиметр Оствальда; в этом случае определение производят с 10%-ным или 3%-ным растворами (считая на безводное и беззольное вещество) при $t°$ 40°. Более совершенными являются приборы, основанные на измерении сопротивления трению при вращении цилиндра в испытуемом растворе. Таковы вискозиметры Мак-Майкеля, Стормера, Гатчека и др. (см. *Желатина*). Крепость студня обычно определяется величиной груза, необходимого для разрыва поверхности студня определенной концентрации и $t°$. Наиболее удобным и точным следует признать автоматич. желометр Блюма (фиг. 5), которым измеряют вес груза (дроби), необходимого для погружения штемпеля *2* в студень *1* на определенную глубину—4 *мм* (прочие обозначения: *3*—приемник груза, *4*—автоматич. запор, *5*—резервуар с дробью, *6*—уравновешивающая пружина, *7*—микрометрич. винт для установки испытательного сосуда, *8*—батарея, *9*—электромагнит). Точка пла-

вления проще всего определяется при помощи фузиометра Камбона (фиг. 6). Латунный тигелек со вставленным в него стерженьком наполняют испытуемым раствором (обычно 20%-ным) и после застудневания последнего подвешивают прибор и медленно нагревают в воздушной бане; в момент плавления студня тигелек падает



Фиг. 5.

на дно сосуда; одновременно делают отсчет по термометру. Более совершенен аппарат Шеппарда и Суитта, при помощи которого можно определять точки плавления и застудневания, измеряя скорость прохождения пузырьков воздуха через раствор в момент плавления или перед застудневанием. Пенистость определяют по объему пены, образующейся при взбалтывании нек-рого объема раствора К. определенной концентрации и $t°$ в течение известного промежутка времени. Большая пенистость служит признаком плохого клея. Влажность определяют высушиванием навески К. при 105° до постоянного веса. Содержание золы определяют умеренным сжиганием высушенной навески К. и прокаливанием до постоянного веса. Содержание жира определяют либо качественно либо количественно. В первом случае раствор клея смешивают с водным раствором какой-нибудь краски (метилвиолет, конго) и оставляют в теплом месте либо наносят смесь тонкими штрихами на не содержащую жира бумагу. Жир обнаруживается в виде «глазков» — эллиптич. окрашенных блесток на поверхности. Количественно определяют жир экстрагированием навески К. в виде порошка. Иногда предварительно обрабатывают спиртовой щелочью. Содержание SO_2 лучше всего определять по способу Эшке: к раствору клея добавляют фосфорной кислоты и перегоняют SO_2 в атмосфере углекислоты в приемник, содержащий раствор иода. Общая кислотность определяется титрованием 1—2%-ного раствора К. $^1/_{10}N$ раствором щелочи или кислоты; индикаторы — фенолфталеин и метилоранж. Для определения активной кислотности обычно пользуются колориметрическим способом.



Фиг. 6.

Хороший К. не должен: 1) иметь следов плесени, 2) иметь гнилостного запаха, 3) загнивать в течение 5 суток и 4) обладать высокой пенистостью. Реакция шубного К.— нейтральная, допускается слабощелочная; костяного К. — кислая. Вязкость шубного К. 3 — 6 по Энглеру, костяного К. 1,8 — 2,8. Влажность К. 12—18%, зольность 3—4%.

К. применяется в деревообрабатывающей, бумажной и текстильной промышленности, в аэропланостроении, в пивоварении и виноделии. В смеси с другими веществами К. находит применение для изготовления эластических изделий, гектографов, типографской массы, искусственных украшений и т. д.

Лит.: Меньье Л., Коллоидная химия и ее применение в промышленности, пер. с франц., М., 1926; Любавин Н. Н., Технич. химия, т. 7, ч. 3, вып. 3, М., 1923; Рылов М. А., Приготовление мездрового клея, костяного и желатина, М., 1905; Dawidowsky F., Die Leim-u. Gelatine-Fabrikation, W.—Lpz., 1925; Sauer E., Leim u. Gelatine, Dresden—Leipzig, 1927; Thiele L., Leim u. Gelatine, 2 Aufl., Lpz., 1922; Kissling R., Leim u. Gelatine, Stg., 1923; Ullm. Enz., B. 6, p. 28, B., 1919; Wetzler J., «Kunstdünger- u. Leimindustrie», B., 1928, *20—24*; Stadlinger H., ibid., B., 1927, *13*, *28*, 1928, *4—6*, 1929, *13*; Kissling R., ibid., B., 1927, *30*; Rideal S., Glue and Glue Testing, London, 1926; Alexander J., Glue and Gelatine, N. Y., 1923; Sheppard S. E., Gelatine in Photography, v. 3, New York, 1923; Bogue R. H., The Chemistry a. Technology o Glue a. Gelatine, N. Y., 1922; Grafe V., Rohstoffe u. Waren ausd. Tierreiche, B. 5. Halbb. 1, Stg., 1928; Keghel M., Traité général de la fabrication des colles, des glutinants et des matières d'apprêts, P., 1926; Cambon V., Fabrications des colles et gélatines, 2 éd., P., 1923. **Г. Эпштейн.**

Клей резиновый, коллоидный раствор чистого каучука или невулканизованной резиновой смеси в органическ. растворителях. В качестве последних обычно применяются бен-

зин, бензол, сероуглерод. Резиновый К. получается смешиванием сухого вещества с растворителем в мешалках разных конструкций; наиболее употребляемый у нас тип—мешалка германск. фирмы Вернер и Пфлейдерер. Продолжительность смешивания, зависящая от степени предварительного вальцевания резины, равна приблизительно 5—15 ч. Резиновый К. применяется: 1) в резиновом производстве—для соединения отдельн. частей или слоев изделий при их формовке перед вулканизацией; 2) там же—для изготовления тонкостенных *макательных изделий* (см.) и для прорезинивания тканей (см. *Ткани технические*); 3) при ремонте резиновых изделий, гл. образ. покрышек и камер пневматич. шин; 4) в нек-рых операциях обувного производства. Основные технич. требования, предъявляемые к резиновому К.: быстрая испаряемость растворителя ($t°_{кип.}$ не выше 100—120°), высокая вязкость клея и липкость слоя после испарения растворителя. Санитарное требование—минимум токсич. действия паров растворителя. Концентрация К. может варьировать в пределах от 1 до 20 вес. ч. растворителя на 1 вес. ч. резины. Концентрация обычного продажного К.—от 1:7 до 1:12. В последнее время вместо резинового клея начинают вводить в практику водные эмульсии латекса—сока каучуковых деревьев (см. *Каучук*), а также эмульсии резиновой смеси, регенерата и даже фактисов (вулканизованных растительных масел).

О других видах растительного клея см. *Декстрины* и *Караген*.

Лит.: Abernethy C. L., Viscosity of Rubber Solutions, «India Rubber Journal», London, 1925, v. 70, p. 775; Twiss D. E., Rubber Solvents, 1927, v. 74, *15*, p. 573, *16*, p. 739, *17*, p. 773; Die Fabrikation v. Gummi-Lösungen, «Gummi-Ztg», B., 1926, *Jg.* 41, *28*, p. 1578. **Л. Горбунов.**

КЛЕЙКОВИНА, глютен, вязкая, клейкая масса, к-рая остается от теста из пшеничной муки, если от нее отмыть крахмал и другие вещества; состоит на 95% из белковых веществ, гл. обр. из глиадина и глютенина (в отношении 3:1).

В заводском масштабе К. получается как побочный продукт при изготовлении пшеничного крахмала, причем существуют два основных способа выделения К. из пшеницы (зерна) или пшеничной муки — сладкий и кислый. При сладком способе предпочтительно брать муку, но можно пользоваться и зерном. Муку замешивают с водой в крутое тесто, разделяют последнее на куски и промывают водой в особых экстракторах (чанах с мешалками); крахмал с водой, в виде крахмального молока, отделяют и направляют на очистку и сушку. Остающаяся в экстракторе масса—сырая К.—подсушивается и м. б. использована для изготовления пищевых продуктов (макароны, см. *Макаронное производство*, мука для диабетиков) или для технических целей (сапожный клей, венский клей). В последнем случае сырую К. оставляют на 3—4 дня в воде и дают ей слегка закиснуть. К. при этом делается менее вязкой; ее разливают тонким слоем на цинковые листы, смазанные маслом, и высушивают при $t°$ 50—60°: получаются тонкие, хрупкие, просвечивающие листочки клея. Для получения пищевой клейковинной муки (см. *Альбуминная мука*) сырую К. хорошо промывают, высушивают (обычно в вакуум-аппаратах) и перемалывают в порошок. Если сырьем служит зерно, то его размачивают в воде в течение 2—3 дней, пропускают между вальцами, замешивают полученную мязгу с водой в тесто и промывают последнее в экстракторах. К. в этом случае получается с значительным содержанием частиц отрубей и употребляется обычно как кормовое средство для скота. По кислому способу, к-рый обычно применяется лишь для зерна и сечки, моченое и раздавленное зерно замешивают с водой и дают ему киснуть (бродить) в течение 10—14 дней, прибавляя к нему закваску (кислое тесто или воду от предыдущего брожения). Развивающиеся к-ты—молочная, уксусная, масляная и др.—размягчают К. и облегчают отделение от нее крахмала. Полученную массу частями закладывают в дырчатый барабан, вращающийся в корыте с водой. Внутрь барабана, через дырчатую трубу, подается вода, к-рая отмывает и уносит крахмал в ящик. Полученная по этому способу К. для употребления в пищу не пригодна. Состав сухой заводской К. (по Нортону): 4,20% жира, 9,44% углеводов, 2,02% клетчатки, 2,48% минеральных веществ, 80,91% белков. Содержание азота в клейковине достигает 15—16%.

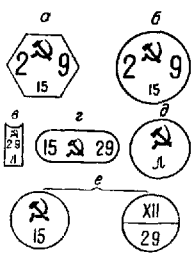
Содержание К. в пшенице колеблется в зависимости от сорта пшеницы, места ее произрастания, климатич. и прочих условий; в среднем содержание сухой К. в пшенице можно принять в 12—14%. Для получения клейковинной муки и клейковины для макарон предпочтительны сорта пшеницы твердые, с большим содержанием К. и высокими качествами ее.

Лит.: Никитинский Я., Производство крахмала, картофельного, пшеничного, маисового и рисового, М., 1899; Parow E., Handbuch d. Stärkefabrikation, 2 Aufl., B., 1928. **В. Смирнов.**

КЛЕЙМЕНИЕ мер, весов и других измерительных приборов—наложение правительственного клейма в удостоверение того, что прибор подвергался поверке и найден правильным. Обязательная поверка и К. измерительных приборов, применяемых в торговле, промышленности и других отраслях народного хозяйства, установлена законом как при первоначальном выпуске их с завода, так и периодически во время эксплоатации (повторительное К.). Поверка и К. производятся поверочными палатами мер и весов по утвержденной единой таксе, согласно инструкциям и техническим правилам Главной палаты мер и весов Союза. Сроки повторительной поверки по отдельным измерительным приборам устанавливаются специальными распоряжениями в пределах от 1 до 3 лет. В отдельных случаях производственным предприятиям, обладающим контрольной аппаратурой и квалифицированным контрольным персоналом, с разрешения Главной палаты мер и весов, под контролем последней, может разрешаться самостоятельная поверка и К.

Обязательной поверке и К. подлежат: 1) весы и гири всех систем, как точные, так и обыкновенные, 2) пурки, 3) меры длины—

брусковые, складные и ленточные, 4) меры вместимости для жидких и сыпучих тел, 5) манометры, 6) водомеры, 7) электрическ. счетчики, 8) трансформаторы измерительные, 9) контрольные и справочные калибры, 10) медицинские термометры, 11) пробные наборы очковых стекол, 12) станки для дров. Клейма ставятся одним из следующих способов: 1) выбиваются при помощи стального пуансона на поверхности мягкого металла, напр. на медной гире, жестяной кружке и т. п.; в случае твердых металлов клейма выбиваются на специальных медных пробочках, заделанных заподлицо с поверхностью меры (наприм. в чугунной гире); 2) вытравливаются на стеклянных и стальных мерах; 3) печатаются несмываемой краской на матерчатых лентах рулеток; 4) выжигаются на деревянных мерах; 5) выдавливаются на свинцовых пломбах, навешиваемых на измерительные приборы (манометры, водомеры, электрические счетчики). Рисунки клейм (типа 1929 г.) показаны на прилагаемой фиг., причем ставятся: *а*—на обыкновенных мерах веса, длины и вместимости, на чашках обыкновенных весов и шкалах неравноплечных; *б*—на коромыслах равноплечных весов, на деревянных и стеклянных мерах; *в*—на точных мерах и весах; *г*—на медицинских термометрах и ареометрах; *д*—на стеклах очков и *е*—на свинцовых пломбах. Цифры на клеймах обозначают год К. и № палаты, наложившей клеймо; в некоторых случаях № палаты заменяется условной буквой; на свинцовых пломбах ставится кроме года и месяц. Клейма других республик кроме РСФСР снабжаются еще начальной буквой своего наименования на национальн. языке.



Лит.: Поверка и клеймение мер и весов, Главмервес, Л., 1926; Такса за поверки и испытания, производимые Главмервесом, Л., 1923; Сидоров И. И., Манометры, их устройство и поверка, Л., 1928; Очковые стекла и приборы для измерения их оптических свойств, Ленинград, 1927; Медицинские максимальные термометры, Ленинград, 1924; см. также *Весы*. **П. Белиц-Гейман.**

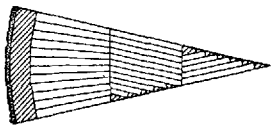
КЛЕН, дерево сем. Aceraceae, отличающееся твердой, трудно раскалываемой, белого цвета древесиной, годной для столярного дела (особенно ценятся кленовые наплывы). Уд. в. К. 0,67. В некоторых местах листья К. идут на заготовку древесного сена. Цветы К. медоносны.

В европейской части СССР встречаются 1) обыкновенный, или остролистный, К. (Acer platanoides L.)—дерево 1-й величины; растет в сообществе ясеня, дуба, ильма и липы; по отношению к свету обыкновенный (остролистный) К. более требователен, чем липа и граб; 2) Белый К., явор—дерево 1-й величины; требует глубокой почвы; поднимается высоко в горы (горный К.); растет в сообществе бука, пихты и ели; 3) полевой К., черноклен, паклен—дерево 2-й и 3-й величины и кустарник; древесина идет преимущественно на музыкальные инструменты, она более тверда, чем древесина обыкновенного К.; уд. в. 0,70; наплывы идут на токарные изделия; 4) неклен, татарский К., русский К.—высокий кустарник.

Кроме упомянутых видов К., с декоративной целью в Европе разводят американ. разновидности К.: американский К., сахарный К. и серебристый К. Сок сахарного клена в Америке употребляют для получения сахара; взрослое дерево средних размеров дает в год до 54 *л* сока, из к-рых получают 1—2 *кг* сахара; этот вид К. имеет очень твердую древесину (удельн. вес 0,65÷0,75). Французский К.—кустарник, из которого выращивают хорошие изгороди. В Японии манчжурский К.—главный в хозяйственном отношении вид К.; древесина его отличается красотой, идет на ценные столярные поделки. Япония—родина декоративного кустарника—пальмовидного К. В Канаде растет красный К., к-рый, как и сахарный К., дает сок, идущий на выработку сахара. На Дальнем Востоке встречается укурунду. Технические свойства К. см. *Спр. ТЭ*, т. IV.

Лит.: Керн Э. Э., Деревья и кустарники, их лесоводственные особенности, использование и техническое применение, М.—Л., 1925; Нестеров Н. С., Сахарный клен и кленосахарное производство в Сев. Америке, «Лесной журнал», СПБ, 1894, вып. 4, 1895, вып. 1. **Н. Ракицкий.**

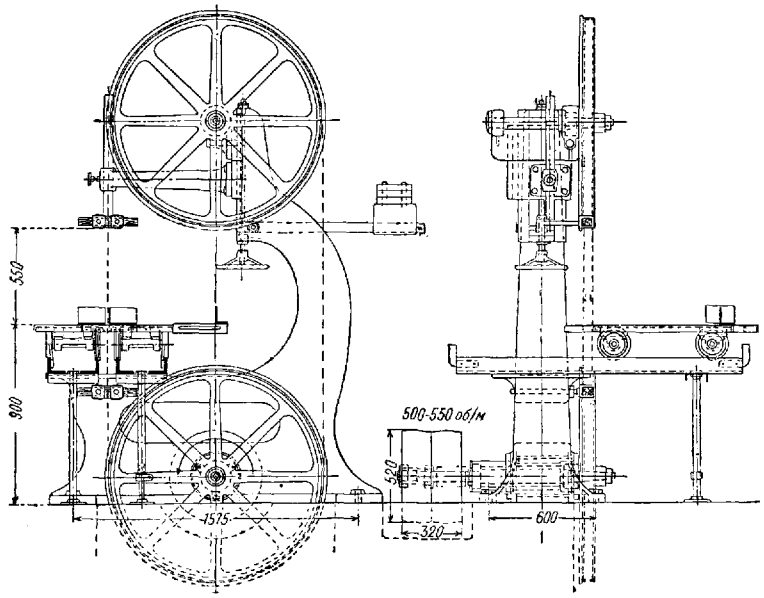
КЛЕПКА (бочарная), колотые или пиленые дощечки, служащие материалом для бондарного производства. Пиленая К. готовится либо на лесопильных заводах, в так наз. отделениях для разделки мелочи, либо в специальных распиловочных предприятиях. Пиленая К., получаемая на лесопильных заводах, обычно годна по своему качеству только для сухой тары (цементная и ящичная К.), т. к. пиленая мелочь вырабатывается из горбов и крупной рейки, из к-рых трудно получать правильный радиальный распил, при к-ром не пропускающие жидкостей сердцевинные лучи расположены поперек длины и параллельно грани К. (фиг. 1). Для распиловки горбов и реек на К. требуются следующие машины.



Фиг. 1.

1) Ребровый станок (см. *Лесопильное дело*), назначение которого заключается в распиловке дерева на тонкие дощечки и клепки; особенность этого станка заключается в устройстве специального механизма подачи, к-рый состоит из двух пар вальцов, причем (подвижные) вальцы имеют вид стальных зубчатых колес с крупными зубцами, специально приспособленных для надежной посылки горбов и срезков с неровной наружной поверхностью (по коре). Все вальцы имеют движение подачи от механического привода при помощи зубчатой передачи. Подвижная пара вальцов движется в штативе на салазках, приводимых в движение рукояткой или педалью. Нажим вальцов обеспечивается грузом. Неподвижная пара вальцов и направляющая линейка могут регулировать толщину выпиливаемой дощечки при помощи рычага с тремя рукоятками с точностью до 0,75 *мм*. Скорость подачи м. б. 10, 15, 20, 26, 32 или 40 *м* в минуту. Требуемая мощность—до 23 (средняя 12) HP; занимаемая

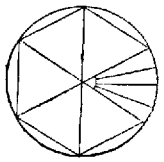
площадь 1 500×1 600 *мм*. 2) Реечный (циркульный) станок (см. *Лесопильное дело*), в к-ром механизм подачи материала состоит из двух небольших зубчатых колес; одно из них расположено под столом, а другое над ним. Скорость подачи на таких станках огромна—до 70 *м* в мин. Потребная мощность 7—8 *HP*; площадь 1 160×250 *мм*. 3) Обрезной многопильный станок, снабженный пятью пилами, из которых две подвижны. Назначение этого станка—обрезывание К. по длине. Скорость подачи от 25 до 30 *м* в мин. Потребная мощность от 6 до 12 *HP*; площадь 500×1 100 *мм*. Если количество К. не особенно велико, то для обрезки К. по длине можно обойтись одним реечным станком. 4) Концеравнительный станок, снабженный



Фиг. 2.

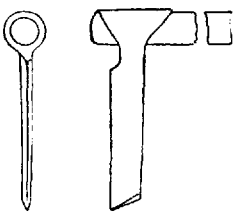
двумя пилами, расставляющимися по заданной длине К. Он опиливает концы К. пачками по 5—6 клепчин сразу и по производительности соответствует 2 ребровым и 2 реечным станкам; потребная мощность 3—5 *HP*; площадь 2 000×1 000 *мм*. Подача горбов и реек из лесопильного з-да осуществляется при помощи продольных или поперечных транспортеров. В том и другом случае горбы и рейки, перед подачей на ребровый или реечный станки, разрезаются по длине на торцовочном однопильном станке.

Выпиловка К. из кряжей непосредственно в распиловочных предприятиях широко применяется в С. Америке и в Дании при производстве дубовой и буковой К. Схема производства заключается в следующем. Кряжи, доставляемые на з-д, предварительно распиливаются циркульной торцовочной пилой, или т. н. лисьим хвостом, на чураки применительно к длине К. Толстые чураки раскалываются пополам или на четыре части и поступают для радиальной распиловки на призматич. плашки на специальный ленточнопильный станок (фиг. 2) с ручной подачей. Плашки, или гнатинники, идут затем на клепочнопильный станок (см. *Деревообделочные станки*), обрезной и концеравнительный станки. К., выпиленная так. обр., или поступает в сушильные камеры для искусственной сушки или тотчас же пакуется в пачки, перевязывается проволокой и отправляется на склад для естественной сушки в штабелях. Пиленая клепка по форме обработки бывает прямая и цилиндрическая. Последняя м. б. выпиливаема как из толстых досок, так и из гнатинника, причем вместо ребровых и реечных станков применяются ленточный станок и цилиндрические пилы (см. *Бондарные изделия*). Такой способ заготовки пиленой К. дает вполне удовлетворительные результаты даже для мокрой тары, т. к. распиловка ведется по тому же радиальному методу, как и разработка колотой клепки.



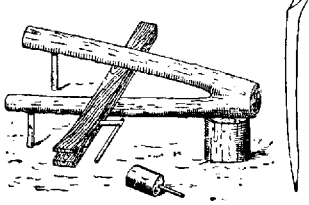
Фиг. 3.

В СССР пиленая К. вырабатывается гл. образ. из бука, сосны, ели, осины, липы; дубовая же клепка до сих пор заготовляется исключительно расколкой чураков на лесосеке или месте складки из свежесрубленной древесины. На К. берут дуб. деревья от 30 *см* толщиной, и притом хорошо колющиеся экземпляры, что узнается по коре: если кора у дуба имеет прямолинейные трещины, то и древесина будет прямослойна и будет хорошо колоться. Эти стволы режутся по длине клепки на чураки, которые ставятся стоймя и прикрываются с торца снегом или дерниной для предохранения от трещин. Чураки размечают на два, четыре, шесть или другое число секторов и последовательно раскалывают по радиусу, сообразуясь с будущим выходом К. по ширине (фиг. 3). Секторы носят название половин, четверок, восьмерок и т. п. Расколка чурок производится при помощи обыкновенного топора-колуна и деревянных (грабовых) клиньев, длиной 36 *см*, вбиваемых деревянными колотушками в образовавшуюся щель. Применяется также и специальный нож (фиг. 4), длиной 26,5 и шириной 3,5 *см*, с наварным стальным лезвием, насаженный под прямым углом на деревянную рукоятку. Расколка требует опыта, и необходимо уменье, чтобы возможно меньше потерять древесины в виде щепы. У каждого сектора (фиг. 1) скалывают заболонь и сердцевинную часть, которые в дело не идут; затем раскалывают сектор по тангенциальному направлению на две призмы

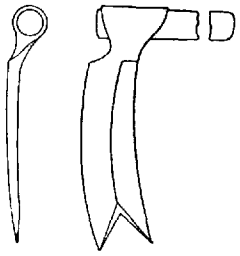


Фиг. 4.

или больше. Эти призмы называются гнатинником. Из гнатинника уже выкалываются по направлению сердцевинных лучей так называемые лады. Для этого, наставив лезвие ножа или топора в нужном направлении на торец, ударами колотушки вгоняют его в раскалываемую гнатину; затем гнатинник вместе с вбитым ножом вставляют в козлы (фиг. 5); придерживая левой рукой нижнюю надколотую часть, рабочий правой рукой толкает нож вперед, поворачивая при этом время от времени рукоятку вниз, чтобы усилить расщепление. Лады обрабатываются на специальных станках стругом или на колоде тесаком (фиг. 6), получая т. о. уже готовую К. Колотую К. складывают для сушки в клетки, поверх которых кладут груз (поленья). Клепка, как и вообще дуб, сохнет очень медленно, и для полной просушки требуется от 3 до 6 лет; поэтому К. окончательно просушивается уже в торговых складах. При расколке следует учитывать усушку. Отбросы при заготовке клепки колеблются от 35 до 70% массы чурака и зависят от качества и размеров разделываемых кряжей, от размеров клепки, от способов производства, а также от опыта и уменья заготовщиков.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

Дубовая клепка идет главным образом на экспорт. В зависимости от размеров, К. носит название: французской, биндерной и мемельской (балтийской).

Технические условия на экспортную клепку сводятся к следующему.

А. Французская К. Древесина—сырорастущего дуба осенней и зимней рубки. Клепчина должна быть без заболони, сучков, гнили, ситовины, трещин, щелей, червоточины, прослоек коры, метика, морозобоин и темных полос. Обработка—правильная и чистая, колка радиальная без заколов. Клепчины должны иметь по возможности форму прямоугольного параллелепипеда, равномерной ширины и толщины по всей длине, с прямоугольной кантовкой и торцовкой перпендикулярно кантам. Учет ведется штуками с переводом на кубатуру; в расчет принимаются лишь полные размеры, фиксируемые в договоре. Обмер производится в самом коротком, узком и тонком месте. Размеры: длина — от 70 *см* и выше; до 5% допускается длиною от 65 *см*; ширина—от 6 *см* и выше; толщина—от 22 *мм* и выше. Базисный

Табл. 1.—Редукционная таблица мемельской клепки.

Номенклатура: Русские и английские названия	Толщина и ширина / Длина в"	3×6"		2½×5"		2¼×4½"		2×4"	
		Редукционных штук	Колич. штук в копе	Редукционных штук	Колич. штук в копе	Редукционных штук	Колич. штук в копе	Редукционных штук	Колич. штук в копе
Пипы, Pipe	66 —72	1	60	4/5	75	2/3	90	1/2	120
Бранты, Brandy	54 —62	3/4	80	2/3	90	1/2	120	3/8	160
Длин. оксгофты, Long Hogshead	51 —53	2/3	90	8/15	112,5	4/9	135	1/3	180
Короткие оксгофты, Short Hogshead	46 —50	3/5	100	12/25	125	2/5	150	3/10	200
Длинные тоны, Long Barrel	38 —45	1/2	120	2/5	150	1/3	180	1/4	240
Короткие тоны, Short Barrel	32½—37	2/5	150	8/25	187,5	4/15	225	1/5	300
Оксгофт-боды, Long Heading	26 —32	1/3	180	4/15	225	2/9	270	1/6	360
Тоны-боды, Short Heading	20 —25	1/4	240	1/5	300	1/6	360	1/8	480
Анкер-боды, Short short Heading	17 —19	1/5	300	4/25	375	2/15	450	1/10	600
Концы, Ends	15 —16	1/6	360	2/15	450	1/9	540	1/12	700

Номенклатура: Русские и английские названия	Толщина и ширина / Длина в"	1¾×3½"		1½×3"		1¼×3"		1×3"	
		Редукционных штук	Колич. штук в копе	Редукционных штук	Колич. штук в копе	Редукционных штук	Колич. штук в копе	Редукционных штук	Колич. штук в копе
Пипы, Pipe	66 —72	1/3	180	1/4	240	1/5	300	1/6	360
Бранты, Brandy	54 —62	1/4	240	3/16	320	3/20	400	1/8	480
Длин. оксгофты, Long Hogshead	51 —53	2/9	270	1/6	360	2/15	450	1/9	540
Короткие оксгофты, Short Hogshead	46 —50	1/5	300	3/20	400	3/25	500	1/10	600
Длинные тоны, Long Barrel	38 —45	1/6	360	1/8	480	1/10	600	1/12	720
Короткие тоны, Short Barrel	32½—37	2/15	450	1/10	600	2/25	750	1/15	900
Оксгофт-боды, Long Heading	26 —32	1/9	540	1/12	720	1/15	900	1/18	1 080
Тоны-боды, Short Heading	20 —25	1/12	720	1/16	960	1/20	1 200	1/24	1 440
Анкер-боды, Short short Heading	17 —19	1/15	900	1/20	1 200	1/25	1 500	1/30	1 800
Концы, Ends	15 —16	1/18	1 080	1/24	1 440	1/30	1 800	1/36	2 160

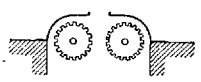
размер — 94 *см* × 10,5 *см* × 39 *мм*. Сорта—I сорт «монт» и II сорт «экарт». Монт характеризуется отсутствием выбоин, раковин и красных полос; допускаются: односторонняя белая полоса; следы заболони на одной кромке до 4 *мм* толщины; совершенно здоровые небольшие, вросшие сучки («глазки») до 2 штук на клепчине совершенно здоровой древесины, при условии, что они не проходят через всю толщину К., не соприкасаются с узкой ее гранью и не находятся в месте пересечения К. с днищами; трещина в одном торце, глубиною не свыше 25 *мм*; односторонняя кривизна до 2 *см* на всю длину клепчины. «Экарт» допускает еще один из следующих двух пороков: незначительные односторонние раковины и выбоины или односторонние белые и красные полосы и пятна, распространяющиеся вглубь до $^1/_8$ толщины и не более как на $^1/_8$ ширины.



Фиг. 7.

Б. Биндерная К. Размеры: длина от 42 до 70 *см*; ширина от 5 *см* и выше; толщина от 17 *мм* и выше. Качество—соответствует французской К. Допускаются здоровые несквозные сучки и односторонняя незначительная кривизна.

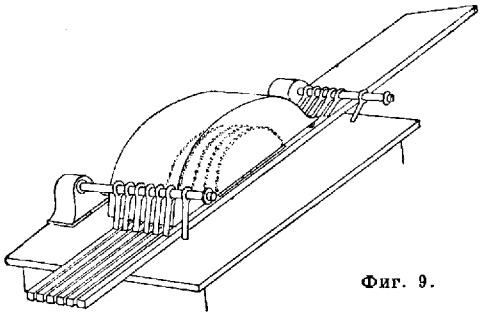
В. Мемельская К. Древесина—сырорастущего дуба, осенней и зимней рубки, вполне здоровая и прямослойная. Клепчины д. б. без сучков, гнили, ситовины, трещин, щелей, червоточины, прослоек коры, метика и морозобоин. Обработка—строганая, равномерная и полномерная по всем измерениям; прямоугольная кантовка и чистая торцовка. Учет в копах согласно редукционной таблице (см. табл. 1). Размеры: длина—66—72"; 58—62", 48—52"; 46—51"; 38—45"; 32,5—37"; 26—32"; 20—25"; 17—19"; 15—16"; ширина и толщина—6×3"; 5×2,5"; 4,5×2,25"; 4×2"; 3,5×1,75"; 3×1,5"; 3×1,25"; 3×1". В размере 6×3" допускается недомер по ширине до 0,25" и по толщине до $^1/_8$", т. е. размер $5^3/_4 \times 2^7/_8$" считается за 6×3". Сорта—I сорт «коронная», II сорт «первый брак», III сорт «второй брак». Коронная клепка—без дефектов, с чистыми гранями и незатронутыми ребрами. Допускаются: здоровая, весьма незначительная заболонь; маленький, здоровый глазок на одном конце узкой грани; небольшая радиальная трещина глубиною до 0,5". «Первый брак» может иметь: заболонь на одном канте до 0,5 длины клепчины; до трех штук глазков; извилистое строение древесины (чечетка); одностороннюю кривизну до 1,5" на всю длину клепчины; трещины, параллельные широкой стороне, глубиной до 0,75". «Второй брак» имеет некоторые дефекты обработки; допускаются: один здоровый сучок, диам. до 0.5", на узкой грани; зеленый прослоек; красные полосы; нитка. Обычно применяемая маркировка мемельской К. приведена в табл. 2.



Фиг. 8.

К о л о т а я К. для внутреннего рынка вырабатывается следующих видов:

А) Дубовая для винных бочек. Боковая клепчина (боковик)—длина 70, 90, 108, 142, 160 *см*; ширина—8, 9, 10, 11 *см*; толщина от 25 до 55 *мм* через каждые 5 *мм*. Донник—длина 62—70 *см*, ширина от 12 *см* и более, толщина 25—45 *мм*. Число клепчин боковика шириною 8—9 *см* и донника шириною 12—14 *мм* допускается в партии не более 10%.



Фиг. 9.

Б) Дубовая для бочек под масла. Боковик—длина 90 и 94 *см*; ширина 8 *см* и более; толщина 26 *мм*. Донник—длина 62 и 65 *см*; ширина—12 *см* и более; толщина 26 *мм*. Число клепчин боковика в 8 и 9 *см* и донника в 12 и 14 *см*—не более 10%. Партия содержит боковика от 75 до 80%, а донника от 25 до 20%. Донник допускается и пиленый.

В) Осиновая для бочек под керосин и масла. Боковик—длина 90, 94 и 98 *см*, ширина от 8 *см* и более; толщина 25 *мм* (на усушку добавляется 2 *мм*). Донник—длина 62 и 67 *см*, ширина 12 *см* и более. Боковика 8—9 *см* и донника 12—14 *см* допускается не более 10%. Соотношение боковика и донника—как для дубовой клепки для бочек под керосин и масла. Таких же размеров К. готовится для той же цели из платана и бука.

П и л е н а я К. для внутр. рынка для бочек под цемент и коровье масло—см. *Бочка*. Пиленая К. для бочек под минеральные и растительные масла имеет те же размеры, что и колотая К. для тех же целей.

Табл. 2.—Маркировка мемельской клепки.

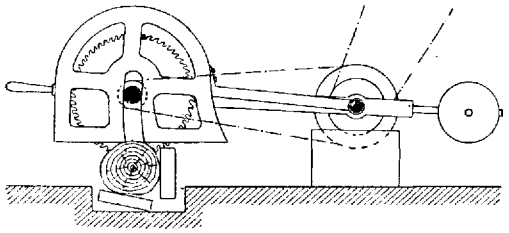
Наименование	3×6"	$2^1/_2$×5"	$2^1/_4 \times 4^1/_2$"	2×4"	$1^3/_4 \times 3^1/_2$"	$1^1/_2$×3"
	Зеленая	Желтая	Белая	Красная	Синяя	Зеленая
Пипы	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Бранты	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Длинные оксгофты	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Короткие »	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
	Белая	Красная	Синяя	Зеленая	Желтая	Белая
Длинные тоны	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Короткие »	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Оксгофт-боды	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Тоны-боды	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Анкер-боды	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Концы	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
	Не маркируются					

Примечание. 1-й брак, помимо вышеуказанных марок, обозначается еще одной вертикальной белой полоской, напр. □●/●.

Технические условия на русскую К. сводятся к следующему. Древесина—из здорового леса, без признаков гнили, пророслых табачных сучьев, заболони, синевы, червоточины, красноты и сквозных трещин. Допускаются несквозные, здоровые, вполне сросшиеся с древесиной сучья, диам. 10 *мм*, не более одного на клепчину, и при этом не на концах клепчин. Обработка: правильная по форме, без надколов, надрубов и протесов. Широкие грани К. и донника должны быть приблизительно параллельны, с допущением разницы в толщине узкой грани не более 3 *мм*. Учет может вестись в штуках, $м^3$, с указанием размеров клепчин, или в комплектах с указанием размеров как клепчин (пределы по ширине и точно по длине и толщине), так и размера распила комплекта. Ширина цилиндрической, фугованной К. измеряется по середине с наружной стороны (расстильная ширина); толщина—по наиболее узкой грани. При заказах в отношении выработки д. б. указано: должна ли К. быть с утором и офугована и должен ли донник быть сбит шипами и обрезан накругло. В договоре также д. б. указано, должна ли К. быть связана и каким связочным материалом (проволокой или бечевой), а также среднее число клепчин в комплекте, что зависит от емкости бочки.

Лит.: Арнольд Ф. К., Русский лес, т. 2, ч. 2, СПБ, 1899; Стандарты экспортного лесоматериала, М., 1926. **М. Квятковский.**

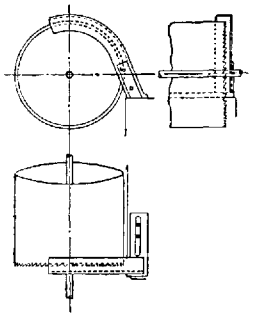
Техника безопасности. В производстве К. возможен травматизм как при ручной колке, так и при механической распиловке. В первом случае повреждения м. б. причинены сорвавшимся с рукоятки инструментом—колотушкой или колуном, а также вылетевшим клином или его частями. Здесь необходимо



Фиг. 10.

следить за надежностью насадки инструментов на рукоятку и за исправным состоянием самих рукояток. На фиг. 7 показан один из способов надежной насадки: заклинка, вбитая в торец рукоятки, имеет с обеих сторон по ершу, которые препятствуют ослаблению заклинки. Во избежание вылета клиньев из колоды угол заострения клина не д. б. очень большим. Для клиньев должен употребляться твердый и нехрупкий материал.

При механич. производстве пиленой К. повреждения причиняются рабочему зубьями пил. В этом случае травматизм имеет почти тот же характер, что и при работе на механич. пилах вообще. Следовательно и средства борьбы с несчастными случаями должны быть сходны. В ребровом станке при вальцовой подаче пальцы рабочего могут попадать между питательными вальцами и материалом. На фиг. 8 показан способ ограждения вальцов. В обрезных и реечных станках вальцовая подача исключает непосредственное приближение рук к зубьям пилы при подаче материала, но все же присутствие большого количества пил требует ограждения верхних зубьев, как это изображено на фиг. 9. На этой же фиг. показано приспособление в виде ряда маятников, к-рое позволяет двигать материал лишь в направлении подачи и препятствует выбиванию его в сторону рабочего при отсутствии вальцов. Концеравнители требуют ограждения нерабочей части дисков. В горизонтальных торцовочных станках нужно ограждать пилу так, чтобы зубья, не находящиеся во время распиловки в дереве, были закрыты (фиг. 10). При производстве цилиндрической К. необходимо ограждение зубчатого венца цилиндрич. пилы (к-рый обычно и является причиной несчастных случаев) кожухом, как показано на фиг. 11.



Фиг. 11.

Лит.: Пресс А. А. и Пресс С. А., Механич. обработка дерева, М., 1927; Safety Pamphlets, issued by the Home Office, L. **П. Новиков.**

КЛЕТЧАТКА, целлюлоза, вещество, принадлежащее к классу *углеводов* (см.) и составляющее главную часть оболочки большинства растительных клеток. Существует предположение, что К.—первичный продукт фотосинтеза растительной ткани; однако последние наблюдения над развитием молодых древесных побегов показали, что образованию клетчатки предшествует (по крайней мере в древесных породах) образование других соединений и К. является т. о. вторичным образованием (Жеребов). В тканях некоторых грибов К. отсутствует; с другой стороны, оболочки нек-рых клеток, не составляющих основной ткани растения (например волокно хлопка), в зрелом состоянии на 85—90% построены из К. Химически чистая К.—аморфное белое вещество, нерастворимое в воде, спирте, эфире, бензоле и других органич. растворителях. В клеточных оболочках К. обнаруживает организованную микрокристаллическую (в волокнах—нитевидную) структуру. Она не изменяется от слабых кислот и щелочей, хорошо сопротивляется действию хлора, брома, гипохлоритов и других окислителей; этой стойкостью К. пользуются для ее выделения из растительных тканей. К., применяемая как исходный материал во многих производствах, получается в громадных количествах из растительного сырья, причем она сохраняет форму тех клеток, оболочку которых составляла. В наиболее чистом виде К. может быть получена из волокон хлопка. Среднее содержание К. составляет: в хлопке 90%, в древесине ок. 60%, в соломе злаков 30—40%. Подвергая содержащие К. материалы действию различных химич. реагентов, удаляют бóльшую часть сопутствующих веществ, после чего остается т. н. сырая К., далеко не являющаяся химически чистой.

Для получения так наз. стандартной К. из хлопка в Америке применяется следующий метод. 100 *г* хлопкового волокна, очищенного от механических примесей, кипятят в течение 4 часов в 3 *л* водного раствора смоляного мыла, содержащего 30 *г* NaOH и 15 *г* канифоли; затем промывают горячей водой, снова кипятят 15 мин. в 3 *л* раствора, содержащего 5 *г* NaOH, опять промывают и подвергают в третий раз щелочной обработке раствором, содержащим 3 *г* NaOH. После новой промывки волокно отбеливают в течение 1 часа в 3 *л* холодного раствора гипохлорита натрия (содержащего 0,1% активного хлора) при $t°$ 20° на рассеянном свете, после чего переносят волокно на бюхнеровскую воронку и промывают 10 мин. чистой водой; операцию отбелки повторяют 3 раза. Во время последней промывки на воронку пускают по каплям насыщенный раствор Na_2SO_3, пока фильтрат не перестанет давать синего окрашивания с крахмалом и KJ; затем окончательно промывают чистой водой, отжимают между фильтровальной бумагой и сушат на воздухе. В результате такой обработки, жиры (4,0—4,1%) и азотистые вещества (1,4—2,0%) удаляются полностью; вместе с тем удаляется до $^9/_{10}$ зольных веществ. Тем не менее полученный продукт еще не является химически чистой К., так как содержит 0,40—0,45% посторонних

прочно связанных веществ. Для получения клетчатки из клеточн. оболочек растительных тканей также существует стандартный метод Кросса и Бевана (см. *Древесина*), но выделяемая этим методом К. является еще менее чистой. Название К. сохраняется гл. обр. за б. или м. очищенным основным веществом клеточных стенок; для К. же, являющейся продуктом химической переработки растительных материалов, более употребительно наименование целлюлозы, с соответствующими определениями (сульфитная, натронная, сульфатная, соломенная и т. д.).

Химич. состав К. выражается эмпирической формулой $(C_6H_{10}O_5)_n$, где число n, определяющее мол. вес К., остается неизвестным. По прежним воззрениям, n предполагалось чрезвычайно большим ($\geqslant 12$), и молекул. вес К. определялся свыше 2 000; в настоящее время многие допускают, что значение n очень невелико (напр. n=4)—включительно до принятия n=1; эти несложно построенные молекулы клетчатки агрегируются в относительно крупные коллоидные частицы. Химические реакции К. обнаруживают в ней наличие спиртовых гидроксильных групп, способных этерифицироваться, на чем и основано широкое применение К. в производстве взрывчатых веществ, порохов, искусственного шелка, лаков, пластических масс и т. п. Характерной реакцией на К. является окрашивание ее в синий цвет от действия раствора хлорцинкиода или иода в иодистом калии, при прибавлении нескольких капель серной к-ты; технические К. различного происхождения дают при этом различные окраски: фиолетовую, красную, голубую и другие, близкие к этим цветам. О других свойствах, технических методах получения и промышленном применении К. см. *Целлюлоза*. **Л. Жеребов.**

Лит.: см. *Целлюлоза*.

КЛЕЩЕВИНА, Ricinus communis L., травянистое растение из сем. молочайных (Euphorbiaceae), с высоким (от 1 до 3 *м*) круглым прямостоячим ветвистым стеблем, крупными 5—8-лопастными листьями на длинных черешках и розовыми раздельнополыми цветами, собранными в кисти. Плод К.—трехгнездная семенная растрескивающаяся коробочка, обычно покрытая твердыми шипами; семена—крупные, светло- или темнобурого цвета, с белым или розоватым мраморным рисунком. Химическ. состав семян (без кожуры): 6,5% воды, 19,2% азотистых веществ, 66,0% жира, 2,9% безазотистых экстрактивн. веществ, 2,5% клетчатки и 2,9% золы; кроме того семена клещевины содержат ядовитое вещество рицинин, доза которого в 30 *мг* уже смертельна для человека. Рицинин нерастворим в спирте, эфире и хлороформе, при сильном нагревании теряет ядовитые свойства. Масло К. в чистом виде прозрачное, относится к группе невысыхающих масел (см. *Касторовое масло*).

Географические условия произрастания К. влияют как на величину выхода масла, так и на его качества (см. *Спр. ТЭ*, т. III, ст. Климатическая изменчивость химизма растений). Остающийся после выделения масла жмых ядовит и непригоден для корма скоту; благодаря высокому содержанию азота (до 7,5%) жмых К. является прекрасным удобрением (норма 5 ÷ 8 *ц* на *га*). В жарких странах Африки и Азии К. встречается как многолетнее, дико растущее растение. К. разводится главн. образом в Индии, Китае, Алжире, Египте и Ю. Европе (Испания, Италия, юг Франции); в последнее время культура К. получила развитие и в СССР (Казахстан, Закавказье, Сев. Кавказ, юг УССР и Крым). Культивируются главным образом (в СССР исключительно) однолетние формы К. Для созревания К. требует безморозного периода в 18—22 недели, при сумме темп-р 2 800÷2 890°. К почве К. требовательна и лучше удается на плодородной, хорошо удобренной и обработанной почве. Обычно К. сеется в грунт широкими рядами, допускающими междурядную обработку (прорывка, мотыжение, и пр.); значительно реже, в более северных районах, практикуется посев К. на защищенных грядах, с последующей высадкой в грунт. Благодаря глубокой корневой системе, К. хорошо переносит засуху. Уборку следует производить, пока плоды не вполне созрели, иначе возможно растрескивание плодов и осыпание семян; кисти плодов срезают ножом. Сбор производится в несколько приемов, так как плоды на главной и боковых ветвях созревают неодновременно. Стебли К. в безлесных местностях используют на топливо; из стеблей иногда выделяют также грубое волокно(веревки,маты).

Все сорта К. делятся на две группы: мелкосеменные (длина семян до 12 *мм*) и крупносеменные (до 18 *мм*). Мелкосеменные сорта богаче жиром; возделываемые в СССР сорта относятся к этой группе. Помимо размеров семян, сорта К. различаются по форме и цвету листьев и цветочных кистей, по окраске семян и пр. Мелкосеменные К. делят на два типа: азиатский (Казакстан) и южно-русский (Кавказ, Крым). Имеется ряд селекционных сортов К., отличающихся например высокой урожайностью, скороспелостью, отсутствием шипов на плодах.

Экономич. значение культуры К. в СССР очень велико. Развитие ее избавляет от необходимости импорта касторового и ализаринового масел, к-рый раньше достигал значительных размеров. Средняя урожайность семян К. 7 *ц* (максимальная 16,5 *ц*) с 1 *га* и доходность ее значительно больше, чем зерновых хлебов. В последн. годы площадь посева клещевины значительно расширилась по сравнению с площадью, засеваемой К. до войны 1914—18 гг. В 1928 г. только на Сев. Кавказе было законтрактовано свыше 27 000 *га* клещевины.

Помимо культуры на зерно, К. часто разводят как декоративное растение. Для этой цели К. сеют и в более северных районах (вплоть до Ленинграда).

Лит.: Карцев А. С. и Никитинский Я. Я., Клещевина, СПБ, 1898; Гомилевский В., Клещевина и ее экономич. значение для России. «Ежегодник Гл. управления землед. и землеустр.» за 1908 г., СПБ, 1908; Михеев А. А., Ценные культуры Азербайджана, кн. 1, Баку, 1926; Попова Г., Клещевина и ее культура в Ср. Азии, «Труды по прикладной ботанике», Л., 1926, т. 16; Сацинерова А., Клещевина, Москва, 1928; Приземина З. П., Биохимич. изменчивость в семенах клещевины в зависимости от географич. факторов, «Труды по прикладной ботанике», Л., 1929, т. 21; Halenke

und K i n g, Rizinusrückstände, «Landwirtschaftliche Versuchsstationen», Berlin, 1906, B. 64; J u m e l l e H., Plantes oléagineuses. Les cultures coloniales, Paris, 1924. **Н. Соколов.**

КЛИМАТОЛОГИЯ, отдел *геофизики* (см.), изучающий среднее состояние метеорологич. элементов (см. *Метеорология*) в различных частях земного шара.

Поскольку главнейшим фактором климата является тепловая энергия, получаемая землей от солнца, имеется возможность составить нек-рые теоретич. суждения о количестве тепла, приходящегося на различные части земного шара в зависимости от их ориентировки относительно падающих солнечн. лучей. Не принимая во внимание поглощающ. действия атмосферы, получим выражение для количества тепловой энергии:

$$J = J_0 \cos Z,$$

где J—количество тепловой энергии, приходящееся на единицу поверхн., J_0—количество тепловой энергии, приходящееся на единицу поверхности, ориентированной перпендикулярно падающим лучам на границе атмосферы, и характерн. для земли как планеты (т. н. с о л н е ч н а я п о с т о я н н а я = =2 cal/см² мин.), Z—зенитное расстояние солнца, обусловливающее наклон солнечных лучей. Простое преобразование дает:

$$J = J_0 \left(\frac{a}{a_0}\right)^2 \left(\sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t\right),$$

где a_0 и a—видимые радиусы солнца в среднем и данном положении земли относительно солнца, φ — широта места наблюдения, δ—склонение солнца, t—его часовой угол. Анализ ф-лы можно вести в двух направлениях: полагая постоянными φ и δ и интегрируя по t, получим величину солнечной энергии для какой-либо точки земной поверхности в зависимости от часового угла солнца, что при суммировании от момента восхода до захода даст ее величину за весь день; с другой стороны, меняя φ и δ, получим изменение количества энергии с широтой и со временем года. Поглощение тепловой энергии атмосферой, общая ее циркуляция, различие теплоемкости различных видов поверхности (водная поверхность, почва), океанич. течения, рельеф—вносят существенные изменения в теоретическ. величины и вместе с тем обусловливают все разнообразие климатов на земной поверхности.

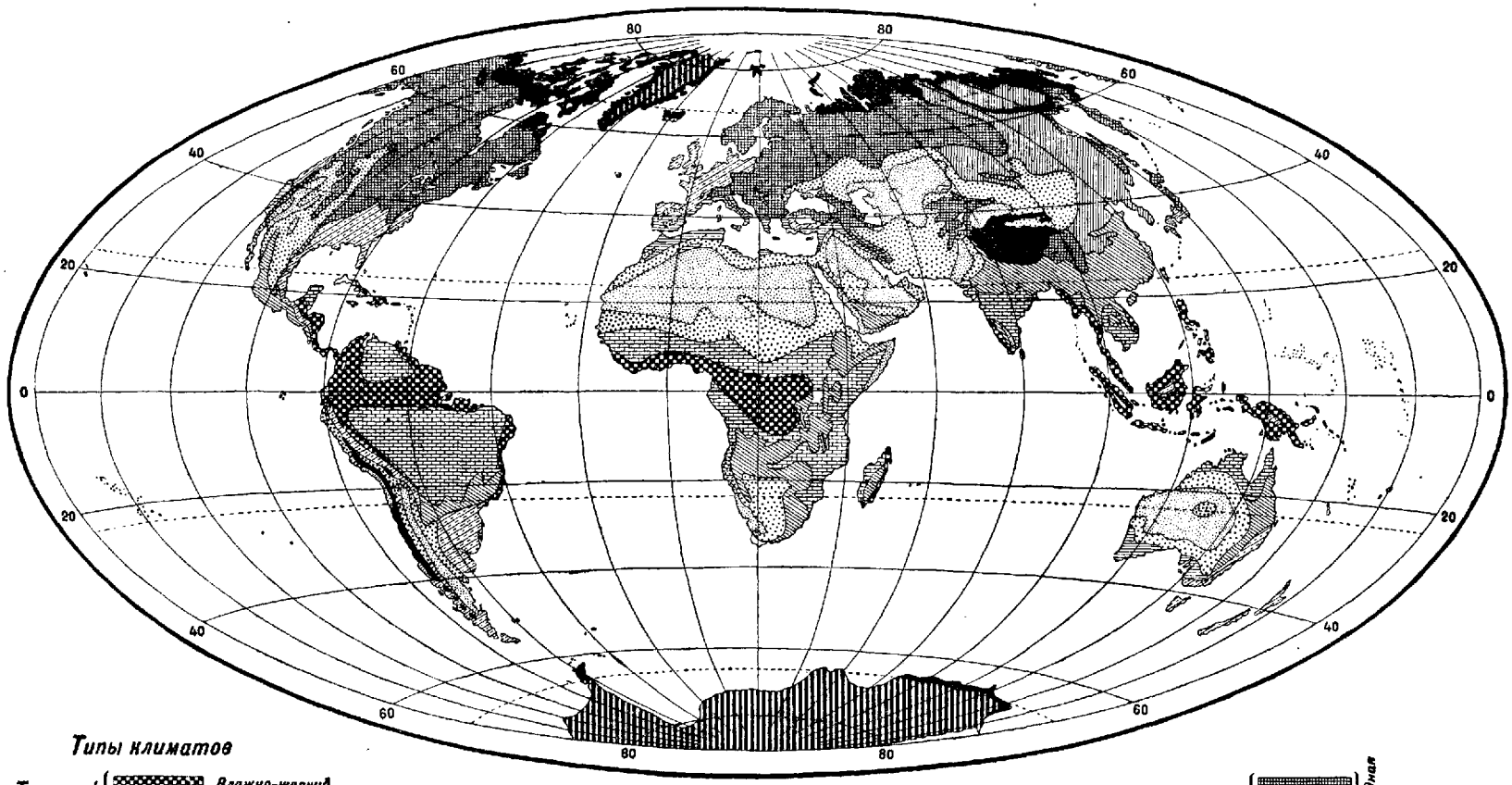
Современное состояние К. позволяет различать несколько ее концентров. Различие их обусловливается величиной пространства, подвергающегося изучению, необходимой аппаратурой и методами исследования. Первый концентр—м а к р о к л и м а т о л о г и я—охватывает климатологич. изучение земли как целого и изучает типы климатов и их распределение. Сравнительное рассмотрение является ее методом и целью, в результате получаются картографич. представление и системы классификации. Свои выводы и обобщения макроклиматология строит на сравнительном анализе огромного числового материала, получаемого с метеорологич. станций; для его обработки К. применяет методы статистики, вводя осреднение месячных, годовых и многолетних величин, центральные и вершинные значения, средние отклонения, характеризующие изменчивость элемента и устанавливающие необходимый период наблюдений для получения результатов определенной точности, находя кривые распределения, сопоставляя ряды наблюдений и т. п. Необходимой предпосылкой для этого является однородность наблюдений, которая зависит: 1) от идентичности приборов, их установки и метода наблюдений; 2) от одинаковости периодов наблюдений. Первое приводит к необходимости организации обширных поставленных и направляемых государством сетей метеорологич. станций с централизованным изготовлением и проверкой приборов, а также проверкой получаемого материала. Что же касается второго, то, стремясь охватить возможно больший период наблюдений, стараются о данных недавно организованных метеорологич. станций судить по данным соседних, обладающих более длинным рядом лет наблюдений.

Такие «приведения к длинным рядам лет наблюдений» основываются на закономерности, имеющей достаточные геофизич. основания и на деле довольно хорошо оправдывающейся, согласно которой разности величин метеорологич. элементов на двух станциях, находящихся друг от друга на известном экспериментально устанавливаемом для отдельных областей расстоянии, приблизительно постоянны—и след. $B_N - A_N = B_n - A_n$, где B_N—среднее значение какого-нибудь метеорологич. элемента за N лет на станции с большим числом лет наблюдений, A_N—искомое значение элемента за N лет на станции, обладающей только n годами наблюдений (при $N > n$); B_n — среднее значение на первой станции за n лет, легко вычисляемое; A_n—средн. значение, имеющееся для второй станции. Отсюда: $A_N = B_N - (B_n - A_n)$. Для Европейской части Союза можно привести станции, находящиеся друг от друга на расстоянии до 200 *км*; в горных местностях, на берегах морей, рек, в тех случаях, когда климат распределяется более изменчиво, расстояние значительно сокращается.

Из анализа наблюдений получается, что для выяснения особенностей климата того или иного места необходимо иметь величины климатическ. элементов, полученные из многолетних наблюдений, исключая так. образ. влияние случайных отклонений, обусловленных погодой. Кроме осредненных значений элемента рассматриваются пределы его колебаний, различно вычисленные максимальные и минимальные отклонения и амплитуды, что дает увеличение числа величин, характеризующих климат, сравнительно с метеорологическими характеристиками.

Общая сводка наблюдений по всему земному шару позволила определить в общих чертах его климат и дать, несмотря на огромные трудности, зависящие от разнообразия и объема материала, первые попытки его классификации, выражая ее некоторой произвольной символикой. Одной из наиболее общепринятых схем является классификация, предложенная Кеппеном, в виде особых структурных формул, выражающих главнейшие особенности климата в порядке их значительности. Кеппен характеризует климат прежде всего двумя его основными чертами: $t°$ и влажностью. Будем обозначать

КАРТА КЛИМАТОВ ЗЕМНОГО ШАРА В. КЕППЕНА.



Типы климатов

Тропическ. дожд–ливые
- Влажно-жаркий тропических лесов
- Периодическ. сухой Климат саванн

Сухие
- Степные
- Пустынные

Умеренно-теплые дождливые
- с сухой зимой – теплые – с сухим летом
- умерен. тепл. влажн.

Северные
- влажная
- сухая

Зима холодная

Снежные
- тундровые
- вечного мороза

символами A, B, C, D, E $t°$ тропического, сухого, умеренно теплого, умеренных и полярных климатов, характеризуемые определенными числовыми пределами; второй буквенный знак характеризует среднюю влажность климата, причем символ f характеризует достаточность влаги во все времена года, w или s—ее недостаток в зимние или летние месяцы. На основании таких обобщений получим таблицу, заключающую и соответств. флорогеографич. характеристики.

Тропич. дождливый климат	*Af*	Тропич. лес
» » »	*Aw*	Саванны
Сухой климат	*Bs*	Степной
» »	*Bw*	Пустынный
Умеренно теплый дождливый климат	*Cw*	Теплый, зимой сухой
Умеренный теплый дождливый климат	*Cs*	Теплый, летом сухой
Умеренно теплый дождливый климат	*Cf*	Влажный равномерно
Северный климат	*Dw*	Зима сухая и холодная
» »	*Df*	Зима влажная
Полярный (снежный) климат	*ET*	Тундра
» » »	*EF*	Лишайная растительность (вечные морозы)

Прибавляя новые символы, дающие более детальную характеристику, получим выражения вида: *Csa*—климат Неаполя—умеренно теплый, морской, *Dfb*—климат Москвы; *Dwd*—климат Якутска. Здесь a, b, d—еще более детализирующие символы, обозначающие: a—$t°$ самого теплого месяца — выше $+22°$; b — $t°$ самого теплого месяца—ниже $+22°$, но 4 месяца в году имеют среднюю $t°$ выше $+10°$, и наконец d—$t°$ самого холодного месяца ниже $-38°$. На прилагаемой карте (фиг. 1) видно распределение типов климатов на земном шаре по Кеппену. В этой же классификации находят свое выражение и прежние определения климатов—морского и горного с меньшим колебанием элементов, континентального с резко выраженными амплитудами и т. д. В эту статическую картину внесен в последнее время работами Е. Е. Федорова принцип динамичности учетом различных типов погод, характерных для отдельных областей и стран, и определением климата как «совокупности погод».

Одним из важных вопросов макроклиматологии является исследование изменяемости климата со временем; можно считать установленным, что в течение предшествующих геологическ. эпох основные черты климата и его распределение по земному шару менялись. На основании геолого-палеонтологическ. соображений выделяются периоды, значительно отличающиеся от современных по $t°$ и по влажности, господствовавшей на земле. Что касается исторических периодов существования человека, то, наоборот, ни о каких сколько-нибудь заметных изменениях климата говорить повидимому не приходится. Анализ климатич. указаний, имеющихся в древнейших памятниках, не дает основания делать заключение о значительных систематич. уклонениях существовавших в те времена климатическ. условий от современных, но, с другой стороны, обнаруживает некоторые периодические их колебания.

Интенсивность и длина периодов различными исследователями принимались разные; наиболее установленным считается период в 33—35 лет Боголепова и Брюкнера, согласующийся с периодичностью деятельности солнца. Окончательное суждение возможно по мере накопления инструментальных наблюдений на метеорологич. станциях и обсерваториях.

Второй концентр климатологич. исследований—К. отдельных областей и стран (частная климатология), не всегда ограниченных однородным физико-географическим районом, благодаря существованию государственных и административных делений. Требование однородности наблюдений и организация сетей остаются в данном случае в полной силе. Главной целью т. н. частной К. является наиболее подробное изучение климата данной области; соответственно растущим запросам практич. жизни становится необходимым значительно расширить число климатических характеристик. Кроме изучения распределения $t°$, влажности воздуха, осадков и других простейших элементов, особенно в последнее время обращается внимание на учет плотности воздуха (в связи с запросами военного дела), недостатка насыщения воздуха водяным паром, $t°$ почвы, высоты и плотности снегового покрова и т. п. Нек-рые из этих климатич. элементов, являясь нек-рой ф-ией наблюдаемых, непосредственно не наблюдаются и требуют вычисления своих значений; при дальнейшем их использовании, например при осреднении, возникает вопрос, насколько точными получаются подобные результаты. В общем случае очевидно

$$f([x]) \neq [f(x)],$$

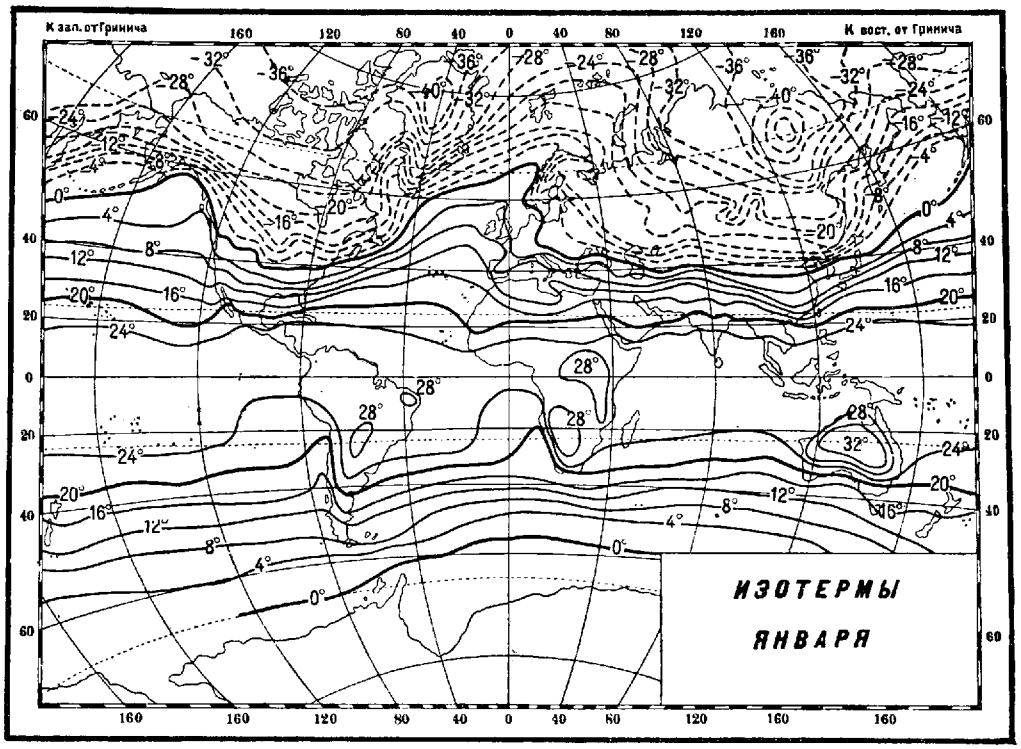
где x — отдельное значение вычисляемого элемента, $[x]$ — его осредненное значение, $[f(x)]$—осредненные значения нек-рой ф-ии элемента. Проф. Келлер показал существование равенства:

$$[f(x)] = (f[x]) + \sigma^2(x) f''(\xi),$$

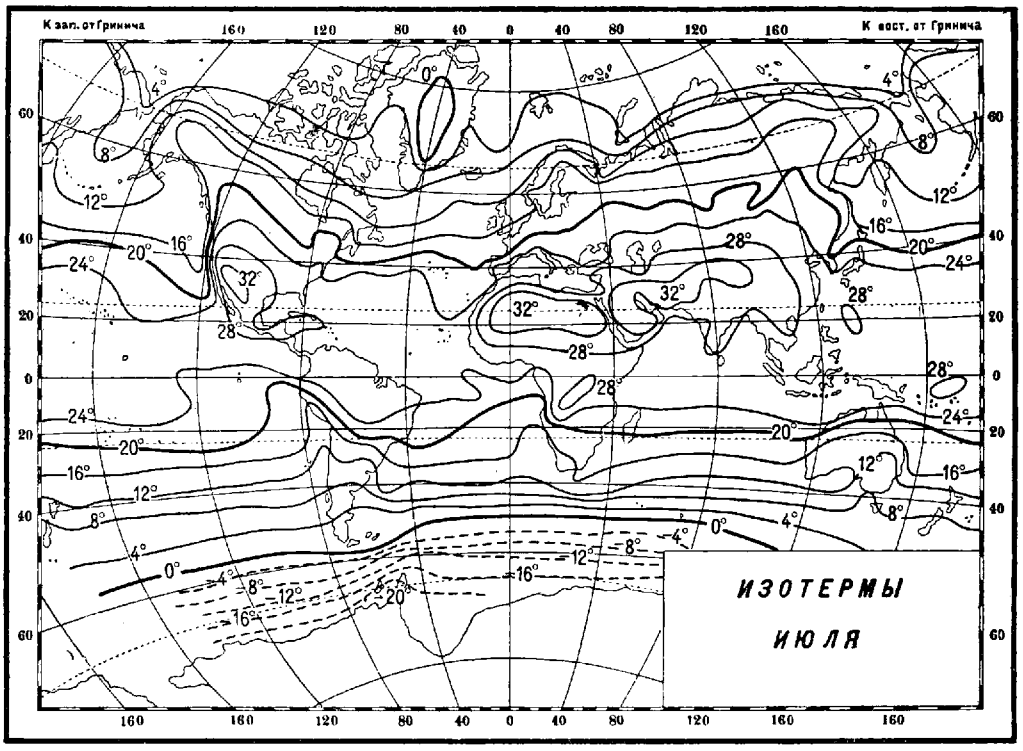
где $\sigma(x)$—среднее квадратичное уклонение элемента, ξ—некоторое его значение, удовлетворяющее условию $[x] < \xi < x_k$, причем x_k—одно из значений x. Аналогичные выражения получим и для элементов, являющихся функцией нескольких непосредственно наблюдаемых величин. Например для плотности воздуха $\varrho = \frac{p}{RT}$, где p—давление воздуха, T—абсолютная температура, и R—газовая постоянная, получим:

$$[\varrho] = \frac{[p]}{R[T]}\left(1 - \frac{\sigma(T)\cdot\sigma(p)\cdot r(p,T)}{[T][p]} + \frac{\sigma^2(T)}{[T]^2}\right),$$

где $r(p,T)$—коэф. корреляции между p и T. Пользуясь только первым множителем, мы очевидно внесем некоторые ошибки, зависящие от характера входящих элементов, практически иногда допустимые, иногда нет, смотря по цели исследования. Результаты климатическ. изучения стран обычно картографируют при помощи метода *изолиний* (см.). Так. обр. получаются карты *изотерм* (см.), изобар, изоамплитуд и т. п., которыми удобно выделяются влияния морей и морских течений, континентов и т. п. На фиг. 2 и 3


К зап. от Гринича
К вост. от Гринича
ИЗОТЕРМЫ
ЯНВАРЯ

Фиг. 2.


К зап. от Гринича
К вост. от Гринича
ИЗОТЕРМЫ
ИЮЛЯ

Фиг. 3.

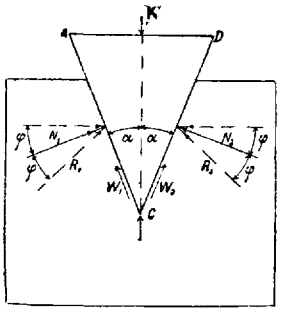
приведено распределение $t°$ воздуха у поверхности земного шара в январе и июле.

Однако запросы практич. жизни предъявляют требования в смысле гораздо более детального изучения климата: врачу, земледельцу, лесоводу, транспортнику необходимо знать климатические особенности небольших участков—курорта, отдельного жилища, поля, луга, леса, города, ж.-д. полотна. Из этих запросов возникла третья отрасль К.—микроклиматология. В ней географич. и статистич. элемент теряет особое свое значение, долгие ряды наблюдений заменяются экспериментальными наблюдениями, обычные установки и аппаратура становятся недостаточными; переходят к чисто физическим методам исследования, видоизменяется самое понятие климатическ. элементов. Особую важность приобретает изучение особенностей непосредственно прилегающего к земле слоя атмосферы, высотой до 1,5—2 *м*—микроатмосферы. Оказывается, что в микроатмосфере можно наблюдать на расстоянии нескольких *см* по вертикали огромные изменения $t°$ (до одного-двух десятков градусов), влажности воздуха и других климатич. элементов; в ней же достигают максимума суточные амплитуды, превосходя в несколько раз наблюдаемые в обычных метеорологических установках; горизонтальный перенос масс воздуха почти отсутствует и заменяется вертикальными перемещениями. Микроклимат изменяется с рельефом, различно ориентированные склоны холма имеют температурные различия, иногда достаточные для изменения флоры, климат полей различных злаков—различен, но на это мы почти не найдем указаний в обычных метеорологич. установках.

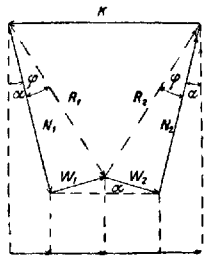
Лит.: Воейков А. И., Климаты земного шара, в особенности России, СПБ, 1884; Берг Л. С., Основы климатологии, М.—Л., 1927; Федоров Е. Е., Климат как совокупность погод, «Метеорологический вестник», Л., 1925, 7; Климатологический атлас Российск. империи, СПБ, 1900; Hann J., Handbuch d. Klimatologie, B. 1—3, 3 Aufl., Stg., 1908—11; Geiger R., Das Klima d. bodennahen Luftschicht, Brschw., 1927; Köppen W. und Wegener A., Die Klimate d. geologischen Vorzeit, B., 1924; Brooks C. E., The Evolution of Climate, 2 ed., London, 1928; Köppen W., Die Klimate d. Erde. Grundriss d. Klima-Kunde, Berlin—Lpz., 1923; Bartholomew J. G. a. Herbertson A. J., Atlas of Meteorology, Edinburg, 1899.

С. Бастамов.

КЛИН, твердое тело, имеющее две наклоненных друг к другу поверхности; движение клина при его работе совершается по направлению линии, делящей угол клина пополам, в частном случае клин — твердая трехгранная призма с сечением в виде равнобедренного тр-ка ADC (фиг. 1). Сторона AD называется обухом К.; на нее действует сила, передаваемая при посредстве К. твердому телу, раскалываемому под ее действием. В случае равновесия сила, действующая на обух К., при условии отсутствия трения, во столько раз меньше силы давления, испытываемого одной из граней клина, во сколько раз ширина обуха меньше длины рабочей грани клина.

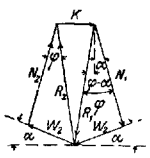


Фиг. 1.

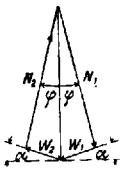


Фиг. 2.

Для рассмотрения действия сил трения N при движении К. построим конусы трения (фиг. 1), оси которых идут по линиям действия сил N_1 и N_2 сопротивления раскалываемого тела, так что R_1, равнодействующая N_1 и W_1, или R_2, равнодействующая N_2 и W_2, идут по образующим конусов.



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Силовой тр-к (фиг. 2) дает величину и направление силы K, необходимой для вбивания К. Вместо равнодействующих R_1 и R_2 для определения силы K могут служить составляющие N_1, W_1, W_2, N_2. Из чертежа легко выводится зависимость:

$$K = N_1 \cdot \sin\alpha + W_1 \cdot \cos\alpha + W_2 \cdot \cos\alpha + N_2 \cdot \sin\alpha.$$

При $N_1 = N_2 = N$: $W_1 = W_2 = W = N \cdot \operatorname{tg}\varphi$, где φ—угол трения; после упрощений:

$$K = 2N \cdot \sin\alpha + 2N \cdot \cos\alpha \cdot \operatorname{tg}\varphi = 2N \frac{\sin(\alpha+\varphi)}{\cos\varphi}.$$

Для случая, указанного на фиг. 3 (вытаскивание К.), величина и направление силы K' определяются из равенства:

$$K' = N_1 \cdot \sin\alpha - W_1 \cdot \cos\alpha - W_2 \cdot \cos\alpha + N_2 \cdot \sin\alpha.$$

Если $N_1 = N_2 = N$ и следовательно $W_1 = W_2 = W = N \cdot \operatorname{tg}\varphi$, то

$$K' = 2N \cdot \sin\alpha - 2N \cdot \cos\alpha \cdot \operatorname{tg}\varphi = 2N \frac{\sin(\alpha-\varphi)}{\cos\varphi}.$$

$K' = 0$, если R_1 и R_2 совпадают (фиг. 4), т. е. если силовой мн-к N_1, W_1, W_2, N_2 замкнутый; аналитически это условие (самоторможения) выразится:

$$\sin(\alpha - \varphi) = 0, \text{ или } \alpha = \varphi,$$

т. е. угол при острие К. должен быть менее удвоенного угла трения. **В. Никаноров.**

К. в машиностроении служит для соединения двух деталей или для установки одной детали относительно другой. Действие К. основано на наклонном расположении его рабочих поверхностей относительно оси клина. Если наклон рабочих поверхностей одинаков, клин называется симметричным, при наклоне только одной поверхности—однобоким. По роду работы различают поперечные и продольные К., к последним относятся шпонки.

Для общего случая двустороннего К., рабочие поверхности к-рого наклонены к его оси под углами α_1 и α_2 (фиг. 5), имеет место следующее соотношение между действующими силами: сила K, действующая вдоль оси К., определяется из ур-ия:

$$K = R_1 \sin(\alpha_1 + \varphi_1) + R_2 \sin(\alpha_2 + \varphi_2),$$

где R_1 и R_2—силы давления, возникающие на рабочих поверхностях К.; φ_1 и φ_2 — соответствующие углы трения, причем

$$R_1 \cos(\alpha_1 + \varphi_1) = R_2 \cos(\alpha_2 + \varphi_2);$$

сила P, действующая вдоль оси штанги, определяется из ур-ия:

$$P = R_2 \cos(\alpha_2 + \varphi_2).$$

Из приведенных соотношений следует:

$$K = P[\operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi_1) + \operatorname{tg}(\alpha_2 + \varphi_2)].$$

Для того чтобы удержать К. на месте и не допускать его перемещения под действием сил P, необходимо вдоль его оси приложить силу

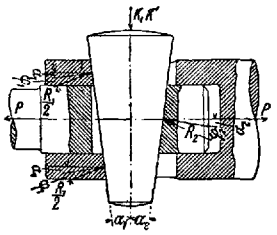
$$K' = P[\operatorname{tg}(\alpha_1 - \varphi_1) + \operatorname{tg}(\alpha_2 - \varphi_2)].$$

Сила K' будет равна нулю в том случае, когда $\alpha_1 + \alpha_2 = \varphi_1 + \varphi_2$; следовательно для того чтобы К. был самотормозящий, т. е. не перемещался от действия сил P, необходимо следующее условие:

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq \varphi_1 + \varphi_2;$$

если К. симметричный (т. е. $\alpha_1 = \alpha_2$) и если $\varphi_1 = \varphi_2$, то для самоторможения необходимо иметь $\alpha_1 \leq \varphi_1$. При однобоком К. $\alpha_2 = 0$ и для самоторможения надо иметь:

$$\alpha_1 \leq 2\varphi_1.$$



Фиг. 5.

Расчет поперечных клинов (фиг. 6) необходимо вести как на смятие его опорных поверхностей, так обязательно и на изгиб. Если клин и его гнездо выполнены достаточно тщательно, так что распределение давления по опорным поверхностям можно принять равномерным, то согласно фиг. 6 (на которой для примера изображено клиновое соединение поршневого штока с крейцкопфом) давление p, возникающее на опорных поверхностях К. и штока, определится из уравнения:

$$p = \frac{P}{b \cdot d},$$

а между К. и горловиной крейцкопфа давление p' соответственно определится из ф-лы:

$$p' = \frac{P}{b(D-d)};$$

следовательно при заданном диаметре d штока ширина К. b и диаметр D горловины определятся из ур-ий:

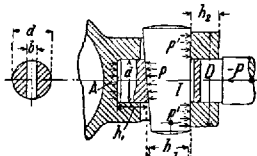
$$b = \frac{P}{p \cdot d} \text{ и } D = \frac{P}{p'b} + d.$$

Для стали давление p при изменяющейся нагрузке принимается $\leq 1\,500$ *кг/см*^{2}. Высота К. h определяется по его среднему сечению из расчета на изгиб по ф-ле:

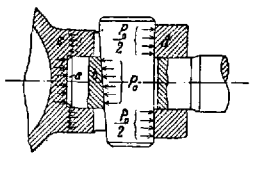
$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{P \cdot D}{8k_b},$$

где W—момент сопротивления сечения К. и k_b—допускаемое напряжение на изгиб. Длина h_1 конца штока и h_2 конца горловины берется от $^1/_2$ до $^2/_3 d$.

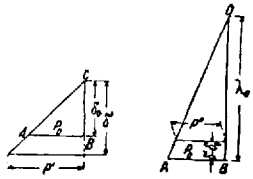
Поперечные клины затягиваются со значительным предварительным напряжением. Эти напряжения во время работы изменяются благодаря действию сил, передаваемых через соединение. Проф. Ретчер дает следующий метод определения суммарного напряжения, учитывая влияние упругости материала. Под действием силы P_0 от предварительной затяжки клина (фиг. 7) часть штока под влиянием сжатия будет иметь деформацию δ_0. В то же время тело клина и горловина крейцкопфа, благодаря имеющим место изгибу и растяжению, дадут деформацию λ_0. Если в некотором масштабе отложить величины δ_0 и λ_0 перпендикулярно силе P_0 (фиг. 8), то при помощи двух полученных треугольников ABC и ABD можно определить деформации части ab штока (фиг. 7), а также К. и горловины крейцкопфа между c и d под действием любой силы, если только пропорциональность между напряжением и деформацией не будет нарушена. Если, например, под влиянием силы P, действующей по штоку, нагрузка на часть ab увеличится до P', то деформация части ab увеличится до δ', и в то же время клин и горловина cd разгрузятся на величину, соответствующую разности $\delta' - \delta_0$. Уменьшая λ_0 на величину $\delta' - \delta_0$, получим силу P'', под



Фиг. 6.

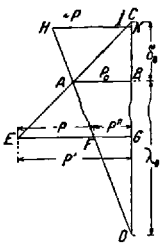


Фиг. 7.



Фиг. 8.

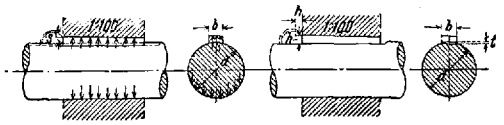
действием к-рой будет в этом случае находиться К., причем $P' - P''$ будет равна силе P. Если тр-ки ABC и ABD сложить их основаниями (фиг. 9), то получим простой способ определения деформации под действием внешних сил. Откладывая между AD и продолжением CA параллельно AB внешнюю силу давления $EF = -P$, получим отрезок FG, дающий в масштабе остаточную силу P'', под действием к-рой будут находиться клин и горловина крейцкопфа; отрезок EG выражает силу P', действующую на конец ab штока. Если к штоку будет приложена растягивающая сила $+P$, то, производя аналогичное построение и откладывая отрезок $HI = +P$ по другую сторону от точки A, получим отрезок IK, выражающий остаточную силу давления, действующую на часть ab штока; отрезок HK соответствует суммарной силе, под действием которой изгибается в этом случае К. и растягивается горловина крейцкопфа. Во время работы соединение соответственно нагружается в пределах от EG до AB и от AB до HK.



Фиг. 9.

К., зажатые по всей длине между двумя поверхностями соединяемых деталей, изги-

бу не подвергаются и поэтому рассчитываются на смятие; К. этого особого весьма распространенного типа с малым уклоном, при помощи к-рых производят скрепления



Фиг. 10. Фиг. 11.

двух совместно вращающихся или качающихся деталей, называются шпонками. Шпонки изготовляются из стали, и уклон шпонки обычно выполняется равным $^1/_{100}$. В тех случаях, когда диаметр вала не превышает 150 *мм* и выполнение шпоночной канавки затруднительно, например при посадке шкива на уже установленном валу, применяются фрикционные шпонки (фиг. 10), у к-рых поверхность, прилегающая к валу, выполняется цилиндрической. При постановке фрикционной шпонки соединение осуществляется исключительно за счет возникающей при затяжке шпонки силы трения. Необходимое для работы шпонки давление p *кг/см*^{2} на ее рабочей поверхности определяется из ур-ия:

$$2pbl\mu = \frac{2M_d}{d} = \frac{\pi d^3}{8} \cdot k_d ,$$

где b и l—ширина и длина шпонки в *см*, μ—коэф-т трения, равный 0,15; k_d—допускаемое напряжение на кручение вала в *кг/см*^{2}; M_d *кгсм*—крутящий момент, передаваемый валом. Принимая $\mu = 0{,}15$, $k_d = 200$ *кг/см*^{2} и $l = 1{,}3d$, найдем, что $p \cong 200\,\frac{d}{b}$ *кг/см*^{2}. При передаче сравнительно

Табл. 1.—Размеры шпонок.

Диаметр вала d *мм*	Фрикционная шпонка	Шпонка, поставленная на лыску		Врезная шпонка		
	$b \cdot s$	$b \cdot h$	t	$b \cdot h$	t	t_1
10—12	—	—	—	4·4	2,5	$d+1{,}5$
12—17	—	—	—	5·5	3	$d+2$
17—22	—	—	—	6·6	3,5	$d+2{,}5$
22—30	8·3	8·4	1	8·7	4	$d+3$
30—38	10·3,5	10·5	1,5	10·8	4,5	$d+3{,}5$
38—44	12·3,5	12·5	1,5	12·8	4,5	$d+3{,}5$
44—50	14·4	14·5	1	14·9	5	$d+4$
50—58	16·5	16·6	1	16·10	5	$d+5$
58—68	18·5	18·7	2	18·11	6	$d+5$
68—78	20·6	20·8	2	20·12	6	$d+6$
78—92	24·7	24·9	2	24·14	7	$d+7$
92—110	28·8	28·10	2	28·16	8	$d+8$
110—130	32·9	32·11	2	32·18	9	$d+9$
130—150	36·10	36·13	3	36·20	10	$d+10$
150—170	—	40·14	3	40·22	11	$d+11$
170—200	—	45·16	4	45·25	13	$d+12$
200—230	—	50·18	4	50·28	14	$d+14$
230—260	—	—	—	55·30	15	$d+15$
260—290	—	—	—	60·32	16	$d+16$
290—330	—	—	—	70·36	18	$d+18$
330—380	—	—	—	80·40	20	$d+20$
380—440	—	—	—	90·45	23	$d+22$
440—500	—	—	—	100·50	25	$d+25$

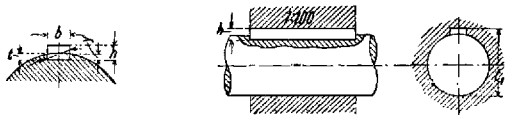
Табл. 2.—Размеры тангенциальных шпонок.

Диам. вала d	Для норм. работы:		Для работы с ударной нагрузкой:		Диам. вала d	Для норм. работы:		Для работы с ударной нагрузкой:	
	глуб. t	ширина b	глуб. t	ширина b		глуб. t	ширина b	глуб. t	ширина b
60	7	19,3	—	—	420	30	108,2	42	126
70	7	21,0	—	—	440	30	110,9	44	132
80	8	24,0	—	—	460	30	113,6	46	138
90	8	25,6	—	—	480	34	123,1	48	144
100	9	28,6	10	30	500	34	125,9	50	150
110	9	30,1	11	33	520	34	128,5	52	156
120	10	33,2	12	36	540	38	138,1	54	162
130	10	34,6	13	39	560	38	140,8	56	168
140	11	37,7	14	42	580	38	143,5	58	174
150	11	39,1	15	45	600	42	153,1	60	180
160	12	42,1	16	48	620	42	155,8	62	186
170	12	43,5	17	51	640	42	158,5	64	192
180	12	44,9	18	54	660	46	168,1	66	198
190	14	49,6	19	57	680	46	170,8	68	204
200	14	51,0	20	60	700	46	173,4	70	210
210	14	52,4	21	63	720	50	183,0	72	216
220	16	57,1	22	66	740	50	185,7	74	222
230	16	58,5	23	69	760	50	188,4	76	228
240	16	59,9	24	72	780	54	198,0	78	234
250	18	64,6	25	75	800	54	200,7	80	240
260	18	66,0	26	78	820	54	203,4	82	246
270	18	67,4	27	81	840	58	213,0	84	252
280	20	72,1	28	84	860	58	215,7	86	258
290	20	73,5	29	87	880	58	218,4	88	264
300	20	74,8	30	90	900	62	227,9	90	270
320	22	81,0	32	96	920	62	230,6	92	276
340	22	83,6	34	102	940	62	233,2	94	282
360	26	93,2	36	108	960	66	242,9	96	288
380	26	95,9	38	114	980	66	245,6	98	294
400	26	98,6	40	120	1 000	66	248,3	100	300

Для нормальной работы	Диам. вала d	60—150	160—240	250—340	360—460	480—680	700—1 000
	Радиус r	1	1,5	2	2,5	3	4
	Размер a (фиг. 13)	1,5	2	2,5	3	4	5

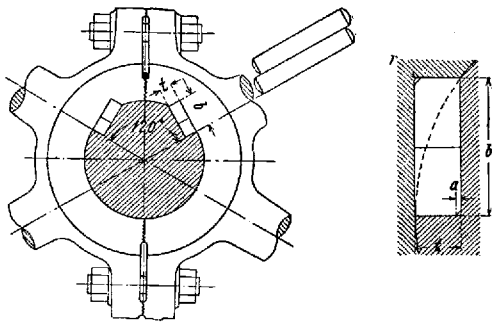
Для работ с ударной нагрузкой	Диам. вала	100—220	230—360	380—460	480—580	600—860	880—1 000
	Радиус r	2	3	4	5	6	8
	Размер a	3	4	5	6	7	9

незначительной мощности и при диам. вала до 230 *мм* допускается постановка шпонки на лыске, т. е. на плоском запиле вала (фиг. 11). Необходимо иметь в виду, что изменение направления вращающей вал силы



Фиг. 12.

ведет к ослаблению затяжки такой шпонки, причем не исключается в этом случае возможность разъединения соединенных ею деталей. Врезные шпонки (фиг. 12) передают усилие не только возникающей силой трения, но и боковым давлением. Если пренебречь действием силы трения и защемлением

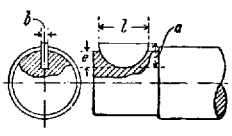


Фиг. 13.

и считать, что все окружное усилие U воспринимается частью боковой поверхности шпонки с высотою y, то давление p определится из ур-ия:

$$p = \frac{U}{l \cdot y} = \frac{\pi d^2 k_d}{8 l y}$$

и при длине шпонки $l = 1{,}3d$ давление $p \cong 60 \frac{l}{y}$. Тангенциальная шпонка (фиг. 13) располагается так, что ее широкая сторона направлена по касательной к окружности сечения вала, а узкая сторона направлена по радиусу вала. У такой шпонки давление воспринимается всей плоскостью стыка, поэтому она может передавать по сравнению с врезной шпонкой значительно больший момент.



Фиг. 14.

Размеры шпонок в СССР стандартизованы Комитетом по стандартизации (ОСТ 289—299).

В табл. 1 приведены (по DIN 141—143) размеры в *мм* шпонок фрикционных (фиг. 10), поставленных на лыску (фиг. 11) и врезных (фиг. 12), а также глубина шпоночных дорожек в зависимости от диаметра вала; в табл. 2 — размеры в *мм* тангенциальных шпонок (по DIN 271 и 268).

Особый вид шпонок представляет шпонка Вудруфа (Woodruff), распространенная в США (фиг. 14). Шпонки этого типа изготовляются из протянутой профилированной стали. Гнездо шпонки выфрезовывают дисковым фрезером. Преимуществами шпонок Вудруфа являются: простота выполнения шпоночного гнезда, относительная дешевизна изготовления самой шпонки, точность обработки и удобство ее постановки как с затяжкой, так и без затяжки. Размеры шпонок Вудруфа в *мм* даны в табл. 3.

Табл. 3.—Размеры шпонок Вудруфа.

b	l	a	e	b	l	a	e
3	13	5,8	4,3	6	16	6,95	4,95
3	16	6,95	5,45	6	22	9,7	7,7
4	16	6,95	5,45	6	28	12,9	9,9
4	19	8,55	6,55	6	32	14,5	11,5
4	22	9,7	7,7	8	19	8,55	6,55
5	16	6,95	4,95	8	32	14,5	11,5
5	19	8,55	6,55	8	38	16,7	13,7
5	25	11,3	8,8				

Лит.: Сидоров А. И., Курс деталей машин, 2 изд., ч. 1, М.—Л., 1927; Бобарыкоп И. И., Детали машин. Часть общая, М.—Л., 1926. Часть специальная, М.—Л., 1927; Rötscher F., Die Maschinenelemente, B. 1, B., 1927. **Б. Шпринн.**

КЛИНКЕР, искусственный камень высокой прочности, изготовляемый в виде кирпича из глины путем обжига до спекания.

Свойства. Обжиг до более или менее полного уплотнения и потери пористости и достаточно медленное последующее охлаждение сообщают клинкерному кирпичу весьма высокую сопротивляемость как механич., так и химическ. воздействиям всякого рода. В табл. 1 приводится сводка стандартных требований, предъявляемых к клинкерному кирпичу в настоящее время в разных странах. Лучшие сорта клинкера по своей прочности превосходят обыкновенные песчаники и известняки и приближаются к таким строительным материалам, как гранит, порфир, диорит, диабаз, а в нек-рых случаях даже кварцит. Чем меньше пористость клинкерного кирпича и чем выше его механич. прочность, в особенности сопротивление истиранию, тем значительнее его кислотоупорность. Вредное влияние пористости черепа уменьшается, если кислотоупорный кирпич покрыть глиняной или шпатовой глазурью. Объемный вес клинкерного кирпича 2,05 ÷ ÷2,46; уд. в. 2,2—2,5, тв. 4÷7 и выше; средние цифры свойственны лучшим сортам ответственного строительного К., а высшие — наиболее прочным сортам мостового и кислотоупорного кирпича. Особенно высокие цифры механич. прочности, твердости и объемного веса показывают специальные сорта К., приготовляемые из искусственных керамич. масс путем прессования при высоком давлении и соответствующего обжига. Так, германский *вулканоль* (см.) имеет уд. в. 2,69, сопротивление сжатию 2 592 *кг/см*^{2} и сопротивление изгибу 192 *кг/см*^{2}; известный мостовой кирпич керамит, изготовляемый в Венгрии и Германии, имеет уд. в. 2,83 и сопротивление сжатию до 5 000 *кг/см*^{2}. Сопротивление сжатию обыкновенного К.— 700 ÷ 1 500 *кг/см*^{2} при пористости в 0,4 ÷ ÷8,0% по весу. Увеличение механ. прочности и плотности клинкерного кирпича достигается повышением $t°$ обжига и давления при формовании сырца. Ручное формование сырца и недостаточная температура обжига, наоборот, обусловливают повышение пористости и понижение механической прочности.

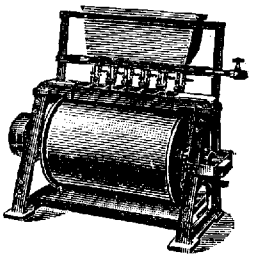
Табл. 1.—Стандартные требования, предъявляемые к клинкеру в разных странах.

Страны и стандарты К. / Свойства К.	США «С 21—20», 1926 г. Строительный	США «С 7—15», 1927 г. Мостовой	Австрия ONORM, 1925 г. Строит. и мостовой	Германия DIN 105, 1922 г. Строительный	СССР Врем. технич. нормы ЦУМТ, 1926 г. Мостовой
Размеры в *мм*	203,2×95,25×57,1	216×101,6×89 216×101,6×76,2 216×101,6×63,5 216×89×101,6	290×140×68 250×120×68	250×120×65	220×110×65
Пористость в %	⩾ 6	—	⩾ 8	⩾ 5	⩾ 4
Сопротивление сжатию в *кг/см²*	⩽ 281	—	⩽ 600	⩽ 350	⩽ 400
Сопротивление изгибу в *кг/см²*	⩽ 56	—	⩽ 70	—	—
Морозостойкость (повторное замораживание)	—	—	—	25-кратное до −4°	25-кратное до −20°
Истираемость в %	—	22—24 *1 24—26 *2 26—28 *3	—	—	Не должна превышать истираемости гранита более чем в 2,5 раза
Форма	Правильная, без искривлений. Грани и ребра—прямые и ровные				
Строение	Однородное, плотное, без трещин и пустот				

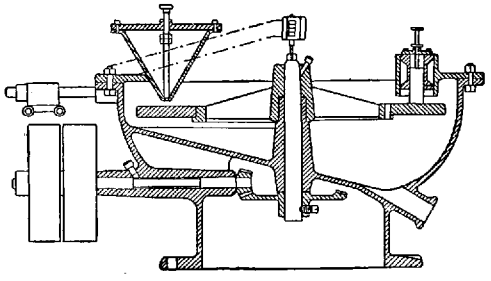
*1 Пределы, которых не должен превышать средний износ (потеря веса) клинкера в барабане «Раттлер» (30 об/м., время испытания—1 ч.) для дорог тяжелого (грузового) движения. *2 То же для дорог среднего движения. *3 То же для дорог малого движения.

Применение К. В строительном деле К. применяют в тех случаях, когда от материала требуется особенно большая сопротивляемость сжатию или химич. воздействиям. Из него устраивают опорные столбы тяжелых конструкций, своды значительных пролетов, в том числе и мостовые, различные достаточно высокие сооружения, которые по соображениям экономии должны иметь тонкие, но весьма прочные стены, фабричные дымовые трубы, канализационные трубы в тех случаях, когда не м. б. применен химически менее устойчивый бетон. К. является очень ценным материалом для кладки или облицовки фундаментов сооружений, находящихся в условиях высокого уровня почвенных вод, иногда минерализованных, для наружной выкладки береговых сооружений—набережных, мостовых и крановых устоев, для облицовки как жилых и заводских, так в особенности монументальных зданий, для наружной декоративной отделки в комбинации со скульптурными украшениями, изготовляемыми также из оклинкерованной глины. Лучшие сорта К. идут для постройки и наполнения башен поглощения при производстве к-т. В дорожном деле К. имеет громадное применение в Голландии (на родине мостового К.), Германии и США. Клинкерные мостовые выгоднее асфальтовых и камнебрусчатых в отношении капитальных затрат и эксплоатационных расходов: правильная форма клинкерного кирпича упрощает и облегчает ремонт дорожной одежды. Опыт некоторых местностей показывает, что клинкерная мостовая в наиболее тяжелых условиях массового движения груженых подвод (до 1 500 в сутки), служит 9÷15 лет почти без ремонта. В зависимости от правильности размеров клинкера на замощение 1 $м^2$ идет от 61 до 67 шт. кирпича принятого у нас формата и размера. Низшие сорта К. идут для выстилки дворов, пешеходных дорожек и дорог среднего и малого движения.

Испытания клинкерного кирпича. Специфическим испытанием для К. является определение его сопротивляемости истиранию, производимое при помощи вращающегося барабана с гладкой поверхностью, посыпаемой мокрым песком, или при помощи барабана, наполненного взаимно истирающимися кусками или целыми кирпичами К. По первому способу работают приборы Анштетта, Дорри, по второму—приборы Куш-Деваля и «Раттлер». Прибор Анштетта (фиг. 1) представляет собой чугунный барабан, снабженный счетчиком оборотов.



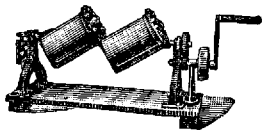
Фиг. 1.



Фиг. 2.

Над барабаном прочно закреплена металлич. перекладина со сквозными прорезями для помещения испытуемых образцов, имеющих прямоугольное основание размером 4×6 *см*.

Образцы находятся в соприкосновении, под постоянной нагрузкой в 250 *кг/см²*, с вращающимся барабаном, делающим при каждом испытании 10 000 оборотов. Прибор Дорри (фиг. 2) состоит из чугунного горизонтального диска с гладкой поверхностью, несущей влажный песок. Специальный счетчик контролирует число оборотов (6 560) диска. Испытуемые образцы К. или камня имеют такую же форму и величину основания и прижимаются к диску под действием такой же нагрузки, как и в предыдущем приборе. Прибор Куш-Деваля (фиг. 3) имеет два барабана, в которые загружается определенная навеска из кусков клинкера (обыкновенно по 5 *кг*). Число оборотов за весь процесс испытания—до 10 000. Определяют относительную потерю в весе вследствие износа углов и ребер у отдельных кусков щебенки. Аппарат «Раттлер» (фиг. 4), принятый в Америке в качестве стандартного для испытания износа мостового К., представляет собой барабан, кожух которого собран из 14 отдельных кусков размером 15 × 68 *см* коробчатой стали, разделенных щелями шириной около 0,25 *см*. Десять шт. клинкерн. кирпича загружают внутрь барабана, затем туда же помещают 136 *кг* чугунных шаров определенного состава и свойств, из них 10 шт. весом по 3,4 *кг*, остальные по 0,43 *кг*. Барабан при каждом испытании должен сделать 1 800 оборотов со скоростью 30 об/м. Нормальная для мостового клинкера потеря в весе при испытании приведена в табл. 1.

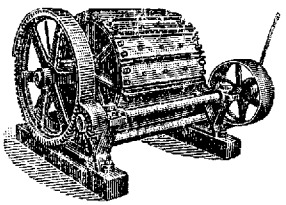


Фиг. 3.

Сырые материалы. В качестве сырых материалов до настоящего времени применяют глины весьма разнообразного состава и свойств. В США и Франции находят особенно широкое применение сланцевые глины, относящиеся к каменноугольн. формации. В Голландии, Германии и в СССР клинкерные кирпичи изготовляют из обыкновенных осадочн. аллювиальных, ледниковых и других глин, обогащенных тончайшим кварцевым песком. Специальных исследований для определения специфических свойств глины, особенно благоприятствующих получению высокого выхода хорошего К., до сих пор не производилось. Обеспечение наибольшей плотности материала клинкерного кирпича и сохранения им правильной формы во время обжига находится в прямой зависимости от химич. и минералогич. состава глины и крупности частиц ее. Хорошая клинкерная глина должна обладать следующими свойствами: 1) спекаться при темп-ре 1 160÷1 250°; 2) в период спекания не размягчаться в массе настолько, чтобы могла произойти деформация; 3) должна содержать весьма ограниченные количества CaO и MgO (1,25÷2,0%), вызывающих при больших содержаниях их резкое и внезапное размягчение; 4) должна содержать не менее 6—9% Fe_2O_3 и не менее 3,3—7,8% щелочей, способствующих спеканию—уплотнению материала. Нередко для повышения содержания Fe_2O_3 к основной клинкерной глине специально добавляют другой, более железистый сорт ее. Содержание Al_2O_3, удерживающего материал от чрезмерного размягчения при постепенном повышении темп-ры, колеблется от 17,5 до 23%; меньшее содержание Al_2O_3 в аллювиальных и ледниковых глинах компенсируется повышенным содержанием SiO_2. Для производства кислотоупорного К. непригодны глины, способные к т. н. пережогу—образованию в процессе обжига микрогубчатой структуры. В табл. 2 приводятся, как типовые, химические составы глин сланцевых и обычных осадочных, идущих на изготовление специально мостового клинкера.

Табл. 2.—Данные химического анализа клинкерных глин (в %).

Окислы \ Типы глин	Сланцевые глины		Песчаные, осадочные глины	
	США Springfield	Франция MI	Германия Bockhorn Ольденбург	СССР Гомельская
SiO_2	59,15	60,00	70,22	83,50
Al_2O_3	18.10	20,45	13,67	4,47
TiO_2	0,50	0,65	не определялась	
Fe_2O_3	6,85	5,65	6,80	5,31
R_2O (щелочи)	5,60	3,40	3,37	2,48
CaO	0,75	0,85	не опред.	1,40
MgO	0.30	0,40	1,30	0,70
SO_3	1,25	0,30	не опред.	0,06
MnO_2	0,40	0,20	не определялась	
Потеря от прокаливания	7,60	8,00	5,30	2,09
$SiO_2+Al_2O_3$	77,25	80,45	83,89	87,97
$Fe_2O_3+TiO_2+R_2O$	12,95	9,70	10,17	7 79
$CaO+MgO$	1,05	1,25	1,30	2 10



Фиг. 4.

Изготовление клинкерного сырца производится четырьмя способами: пластическим — с помощью ленточного пресса, сухим — с применением маловлажного, порошкообразного материала, полусухим — с прессованием полупластического материала (способ Дорстена), к-рый формуется давлением тяжелых прессов, и мокрым. Второй способ особенно удобен для сланцевых глин, в подавляющем большинстве случаев добываемых с незначительной природной влажностью и нередко лишенных пластичности. При сухом способе производства в особенности необходимо учитывать и согласовать с составом глины и с влажностью рабочей массы величину прессового давления. Способ сухого прессования клинкерного кирпича, по сравнению со способом прессования обыкновенного, отличается лишь применением повышенного увлажнения рабочей

порошкообразной или полупластич. массы и увеличением прессового давления при формовании. О способах изготовления клинкерного кирпича см. *Кирпичное производство*.

С у ш к а клинкерного сырца, изготовленного по мокрому способу, отличается от сушки обыкновенного кирпича только еще большей осторожностью в соответствии с более тонким и плотным сложением клинкерных глин. Эта осторожность и выдержка в особенности необходимы, когда клинкерный кирпич изготовляется из полупластическ. влажной массы путем применения большого давления при прессовании. Сушильные устройства см. *Кирпичное производство*.

О б ж и г клинкерного кирпича производится в печах периодич. действия с обратным пламенем и с полугазовыми топками или в кольцевых, а также в камерных, печах при температуре от 1 160 до 1 250°. При обжиге клинкерного кирпича во всякой печи нагревание должно происходить медленно, не менее 7 — 10 дней, во избежание появления трещин на изделиях. До 750 ÷ 850° обжиг производится в окислительной атмосфере для перевода заключающейся в глине закиси железа в более тугоплавкую окись, выгорания органических веществ и окисления присутствующих соединений серы. В дальнейшем обжиг должен вестись попеременно в окислительной и восстановительной атмосферах. Около 1 000÷1 050° начинается обычно заметное уплотнение глины. В дальнейшем обжиг должен вестись и заканчиваться только в восстановительной атмосфере для обеспечения наиболее полного спекания массы и сообщения темной, красновато-коричневой до сине-черной окраски, характерной для хорошего К. Охлаждение обожженных изделий должно быть очень медленным, не менее 8—10 дней, с целью получения продукта, свободного от внутренних напряжений и обладающего большой упругостью, вязкостью и твердостью, и притом в условиях, исключающих значительное окисление поверхности остывающего клинкера. Чтобы нижние ряды К. не деформировались от тяжести лежащих выше кирпичей, К. загружают в печь менее высоко, чем это имеет место при обыкновенном кирпиче. Венгерский керамит, в виду исключительного состава глины [высокое содержание CaO (16,38%) и MgO (4,52%)], способствующего в значительной степени размягчению и деформации в процессе обжига, помещают в печи только вместе с другими, более огнестойкими изделиями, и лишь в верхнем ряду их насадки; имеются кроме того сведения, что он обжигается при этом в огнеупорных капселях. На клинкерных заводах СССР обжиг производится в газовых многокамерных печах системы Мендгейма. Многочисленные клинкерные з-ды в округе Варель (Бокгорн) в Ольденбурге, как и голландские, ведут обжиг мостового К. преимущественно в гофманских кольцевых печах, работающих на местном торфе, очень экономичных в смысле расхода топлива, но не гарантирующих во время охлаждения от растрескивания, образования внутренних напряжений и поверхностного окисления материала. В отличие от красного кирпича К. обжигается в гофманской печи весьма медленно. Число камер 20÷22, минимально 18, и при сравнительно небольшой их емкости в 8÷12 тыс. шт. В день выгружается не больше камеры, так что товар находится в печи примерно вдвое дольше, чем простой кирпич. Высота камер, а следовательно, и насадка, устраивается более низкой, чем для обыкновенного кирпича. Под огнем и на просушке дымовыми газами находится одновременно не меньше 6 камер. Забросса торфа производится сразу в три камеры, выпуск дымовых газов — в двух камерах. Начало обжига производится молодым несмолистым торфом. Характерное для К. сильно восстановительное пламя под конец обжига создается забрасыванием более плотного и смолистого сорта торфа, дающего сильно коптящее пламя, и соответствующим регулированием тяги. Обжиг в кольцевой печи (Бокгорн) дает в среднем пять сортов кирпича: 1) облицовочный или мостовой К. высшего сорта—до 20%, 2) с менее ровной поверхностью, поврежденными углами или ребрами и т. д.—до 50%, 3) неравномерного обжига, с пятнами—до 10%, 4) брака (пережога, искривленного, ошлакованного и т. д.)—до 10%, 5) недожога—до 10%. Первый сорт, отличающийся безукоризненной внешностью, идет на облицовку фасадов, второй на мощение дорог, третий применяется как обыкновенный облицовочный кирпич, брак идет гл. обр. на фундаменты зданий, и пятый сорт продается как обыкновенный красный кирпич. В новейшее время начинает преобладать мнение, что мостовой К. высшего качества следует обжигать не в гофманских печах, а в печах периодического действия с обратным пламенем — в производствах средней величины, и в газовых многокамерных, непрерывно действующих печах также с обратным пламенем—в крупных производствах. Расход топлива в последних печах больше, чем в кольцевых, по крайней мере на 30%, но это окупается повышением качества продукции и получением большего выхода высокосортного мостового К. по сравнению с низшими сортами. Расход каменного угля на обжиг клинкерного кирпича составляет, по Магеру, на 1 000 шт.: для печей периодического действия—550 *кг*, камерных кольцевых с обратным пламенем—370 *кг*, газовых камерных—265 *кг*.

П р о и з в о д с т в о К. До войны 1914—1918 гг. в России было 5 заводов, изготовлявших К., к-рые обслуживали стратегические шоссейные дороги в Польше и на Украине. В настоящее время на территории СССР работают з-ды в Гомеле, в с. Топчиеве (в 20 вер. от Чернигова) и только-что пущенный в ход в Н.-Новгороде. Намечается постройка еще нескольких з-дов на Украине и в РСФСР: в Вятке, при ст. Щекино Московско-Курской ж. д., около Тулы и др. Топчиевский и гомельский заводы дают в настоящее время в год около 3 млн. шт. К. разных сортов. Себестоимость К. на гомельском заводе в 1927 г. составила 33 р. за 1 000 шт.

Лит.: Г е л ь ф е р А. А., Клинкер (звончак) как искусственный камень для устройства дорог и сооружений, СПБ, 1913; Д у б е л и р Г. Д., Городские улицы и мостовые, Киев, 1912; Я к у б о в и ч И. М., О клинкере для мостовых, Земский сборник Черниговской г., Чернигов, 1912; Ю р г а н о в В. В.,

Керамическая промышленность России, Петроград, 1922; Самсонов А. П., Клинкер и его применение на дорогах Нижегородской губ., Н.-Новгород, 1928; «Местный транспорт», Москва; Yeatman L., Fauchon I., La brique de pavage, Comte rendu d'une Mission officielle aux États-Unis, Paris, 1928; Bigot A., Les matériaux de pavage, «Chimie et Industrie», P., 1923, Mai; Searle A. B., Modern Brickmaking, L., 1920; Bischof C., Die feuerfesten Tone und Rohstoffe, Lpz., 1923; Singer F., Keramik, im Dienste von Industrie u. Volkswirtschaft, Braunschweig, 1923; Hecht H., Lehrbuch d. Keramik, Wien—Leipzig, 1923; Dümmler K., Klinker, ihre Verwendung und Herstellung, Halle a/S., 1926; Fikentscher, Die Klinker und ihre Herstellung, «Tonindustrie-Zeitung», Berlin, 1926, *8—10*; Jürgel P., *Die Herstellung* d. Klinker, *insbesondere* d. Pflasterklinker, Berlin, 1927; Burchartz H., Hirsch H., Neuber A., Der Klinker, Rohstoffuntersuchung, Materialprüfung, Berlin, 1927; Mager H., Klinkerherstellung, «Tonindustrie-Kalender», Berlin, 1929, B. 2. **В. Юрганов.**

КЛИШЕ, в полиграфии различные виды преимущественно типографских печатных форм, исполненных при помощи гравирования, стереотипирования, гальванопластики или фотомеханич. процессов: цинкографич. автотипии, ксилографии, оброшной гравюры для конгревного печатания и т. п. (см. *Гравирование* и *Конгревное печатание*). Клише называют кроме того всякое изображение на печатной плоскости, обработанное соответствующей техникой, для получения значительного количества однообразных печатных оттисков — с камня или цинка (литография и офсет), меди (офорт, гелиогравюра, меццо-тинто), свинца (нотопечатание) и т. п.,—затем исполненные на бумаге автографическ. чернилами оригиналы для этих целей, а также и старый печатный оттиск-оригинал при анастатическом печатании. В практических русских условиях в приведенной второй группе номенклатуры различных печатных техник понятие клише употребляется редко.

Лит.: Щелкунов М. И., История, техника, искусство книгопечатания, М.—Л., 1926; Русс Р., Основы современной репродукционной техники, М.—Л., 1930; Säuberlich O., Obral-Wörterbuch, Leipzig, 1927. **С. Михайлов.**

КЛОПФЕР, слуховой приемный телеграфный аппарат, работающий по азбуке Морзе, у которого принимаемые знаки (точка или тире) не записываются на ленте, как в других аппаратах, а воспринимаются телеграфистом на слух. В главнейшем К. состоит из электромагнита с якорем *a*, укрепленным на рычаге *H* (фиг.). Этот рычаг, ударяясь о стойку *C*, при притяжении и отталкивании якоря под действием проходящего тока, дает отчетливый звук, при чем точки от тире отличаются промежутком времени между ударами о нижний винт s_1, пропущенный сквозь длинное плечо рычага, и верхний винт s_2, укрепленный на стойке *C*. Для усиления звуков ось якорного рычага укреплена на металлической рамке *Д*, основание электромагнита *P* установлено на трех твердых ножках, и вся эта система помещена в резонаторной коробке, которая обращена открытой стороной к принимающему. Расстояние якоря от электромагнита, его размах и чувствительность регулируются винтами s_1, s_2 и пружиной *f*, укрепленной на коротком плече рычага *H*. Передатчиком служит обыкновенный ключ Морзе. Правильно отрегулированный клопфер отзывается на токи от 5 до 30 mA. Максимальная достигнутая скорость при помощи К.—3 000 слов в час, средняя рабочая—700 слов в час.



Существуют К. нейтральные (или обыкновенные) и К. поляризованные (см. *Реле*). Последние конструктивно выполнены несколько иначе; они имеют постоянный магнит, более чувствительны, работают только от тока одного направления, и поэтому не отзываются на разрядный ток (например в кабельных линиях), имеющий обратное направление и нарушающий работу.

Так же, как у аппаратов Морзе, у клопфера различают схемы постоянного тока и рабочего тока. Преимущества по сравнению с аппаратом Морзе: отсутствие пишущего приспособления, а следовательно и дешевизна, простота ухода, бо́льшая скорость телеграфирования, т. к. не нужно терять время на расшифрование знаков с ленты. Но отсутствие записи является одновременно и недостатком, т. к. лишает возможности в дальнейшем навести справку в случае неправильно принятой телеграммы. Чтобы избавиться от неприятного шума, вызываемого ударами клопфера, иногда употребляют в качестве приемника телефон или оптическ. прибор. В первом случае линейное реле, включенное вместо К., замыкает цепь тока от местного генератора тональной частоты на телефон. Вследствие этого в телефоне слышны звуки определенного тона различн. продолжительности, в соответствии с замыканиями и размыканиями ключа на передающей станции. Во втором случае вместо телефона приемником служит лампа, наполненная каким-либо благородным газом под давлением ок. 10 *мм*, имеющая два электрода, — так наз. лампа тления. При включении лампы в цепь тока в ней происходит тихий электрич. разряд, и она светится особым светом, как бы тлеет. Оттенок свечения зависит от наполняющего лампу газа.

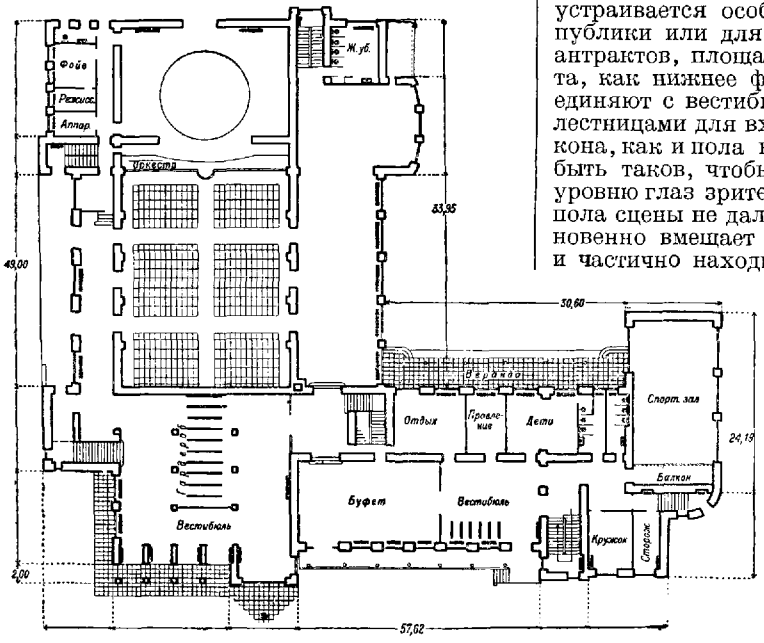
Лит.: Ambrosius F., Основы техники слабых токов, пер. с нем., Берлин, 1922; Гусев А., Телеграф, телефон, Москва, 1925; Циткало А. И., Практическое руководство по уходу за телеграфными аппаратами, ч. 1, М., 1926. **Д. Суворов.**

КЛУБНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, возведение зданий, приспособленных для совмещения отдыха с культурно-просветительной и политическ. работой. Начавшись стихийно в первые годы революции, К.с. в последнее трехлетие приведено в единую систему и регламентировано проф. союзами и высшими директивными органами как в смысле обеспечения финансовыми средствами, так и в отношении идеологического и технич. оформления зданий. При проф. союзах образованы особые фонды на К. с.

Клубная работа в советских условиях преследует следующие цели: а) ведение политико-воспитательной и культурно-просветительной работы, б) создание удобных условий для кружковой работы по самообразованию, в) поощрение физического развития трудящихся и г) предоставление здорового и культурного отдыха работникам и их семьям. Так. образ. в соответствии с указанными

целями, нормальное клубное здание должно заключать в себе следующие помещения: 1) для больших собраний, концертов и зрелищ, 2) для кружковой работы, 3) для отдыха и 4) для физкультуры. Все эти группы помещений должны составлять одно гармоничное целое и удобно сообщаться друг с другом, по вместе с тем обеспечивать удобную работу в каждой из них. Для этого при более значительных клубах устраиваются отдельные входы и вестибюли для зрительного зала и кружковых помещений, посещаемых только членами клуба; отдельные входы предусматриваются иногда и для спортивного зала и библиотеки. Помещения для отдыха служат связующим звеном между остальными группами.

Зрительный зал клуба с подсобными помещениями служит для массовых собраний, спектаклей, концертов, киносеансов и семейных вечеров. Особого внимания требует планировка вестибюля со входами, выходами, гардеробной и кассою таким образом, чтобы не получалось встречных течений публики. Наиболее рационально разделение вестибюля вешалками для верхнего платья на две части: одну для входящей публики и другую для выходящей. Площадь для раздевальни берут из расчета 0,20 $м^2$, а всего вестибюля—0,40 $м^2$ на одного зрителя и ожидающего. Все двери, которые ведут к выходам, шириною не менее 1,5 $м$, должны отворяться наружу, иметь в общей сложности не



Фиг. 1.

менее 1 $п.м$ ширины на каждые 100 зрителей и ожидающих; при входах и выходах д. б. тамбуры. В клубах вместимостью до 250 чел. допускается 2 выхода шириною 1 $м$. Лестницы на балкон (не менее двух) должны иметь двойкое заложение, ширину маршей не менее 1,50 $м$, принимая 1 $п.м$ ширины на каждые 100 человек. Площадь помещений для ожидающей публики, не включая подсобных комнат (курительных, уборных, служебных, коридоров и т. п.), при повторных киносеансах должна быть не менее площади зрительного зала, а в случае недопущения посторонней публики—на 20% меньше. Фойе занимает центральное место в клубе и д. б. спроектировано не только как место ожидания публики, но и как гостиная, зал под танцы, выставки и т. п. Это обусловливает и обработку фойе в виде светлого уютного помещения, с приятною окраскою стен, со смягченным вечерним освещением, с мягкой мебелью, паркетным полом. При фойе м. б. эстрада для музыкантов и место для продажи литературы. Рядом с фойе должны находиться буфет, курительная комната, размером в 15% площади фойе, мужские и женские уборные из расчета 1 очко на 50 чел., с умывальниками. Планировка зрительного зала, расположение мест и устройство проходов подчинены тем же правилам, как и в *киноздниях* (см.). Форма зала желательна удлиненная, но не свыше 1 : 2; высота—около 0,5 ширины зала; площадь дневного освещения—около 0,1 площади пола. Горизонтальный пол устраивается лишь в малых залах; обыкновенно же полу придают уклон в 3—6%—или во всю длину зала, или же в части его (от $^1/_2$ до $^2/_3$), отдаленной от сцены; общий уклон не должен превышать 25%. Распределение мест, проходов и выходов для балкона должно отвечать тем же требованиям, как и для партера; при балконе устраивается особое фойе для ожидающей публики или для пребывания ее во время антрактов, площадью из такого же расчета, как нижнее фойе; балкон или фойе соединяют с вестибюлем не менее как двумя лестницами для входа и выхода. Уклон балкона, как и пола в зрительном зале, должен быть таков, чтобы прямая, проведенная по уровню глаз зрителей, пересекала плоскость пола сцены не далее занавеса. Балкон обыкновенно вмещает около 25% всех зрителей и частично находится над задними рядами партера (над 4 и во всяком случае не более чем над 6 рядами). Высота балкона над полом последнего места балкона — 3,00 $м$. За стеной последнего ряда (партера или балкона) помещается киноаппаратная, которая должна быть устроена и оборудована во всем по правилам, принятым для киносеансов. Тем же требованиям должно отвечать и устройство экрана.

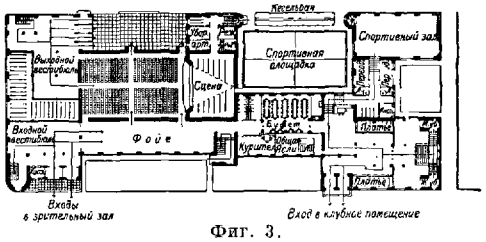
Сцену отделяют от зрительного зала несгораемой стеной с портальной аркой; сцена д. б. непосредственно окружена со всех сторон каменными стенами, возвышающимися над смежными крышами не менее как на 1 $м$. Ширина портальной арки составляет 0,6 ширины зала, высота же ее—0,75 ширины арки. Ширина сцены равна ширине зала, а глубина равна ширине арки или превышает ее на 25%; при больших клубах устраивается и арьерсцена. Пол, или план-

шет, сцены выдвигается перед занавесом в виде авансцены, возвышаясь над полом зала не менее чем на 1 *м* и нависая над оркестром, если последний предусмотрен. Планшет делают с наклоном около 3%, но чаще горизонтальным; он делится на 4 — 5 планов шириною 1,5 ÷ 3 *м* в зависимости от размеров сцены; настил — из сухих досок или деревянных забранных досками щитов, опреде-



Фиг. 2.

ляющих планы и уложенных параллельно рампе; щели между этими досками образуют кулисные проходы шириною 4—6 *см* и клапаны шириною 30 — 45 *см*. В планшете устраивают от 2 до 8 люков. Кроме актового занавеса при больших сценах обязательно устройство в портальной арке впереди всех остальных занавесей и передних сукон огнестойкого занавеса, рассчитанного на давление воздуха 45 *кг/м²* и скорость движения 0,25 *м/сек*, с управлением из помещения вне сцены. С боков и сзади кулис д. б. проходы шириною от 1 до 2 *м*. Выходов со сцены—не менее двух, с разных сторон, с огнестойкими дверями, открывающимися наружу. При больших сценах, отвечающих всем требованиям больших театров, высота сцены от планшета до колосников д. б. вдвое больше высоты портальной арки плюс 1,5 *м*; для обслуживания сцены устраиваются одна или две рабочие галлереи, шириною 1—2 *м* при высоте яруса в 2 *м*; нижняя галлерея — на уровне верха портальной арки; переходные мостики—шириною 0,5 *м*. В противоположных арке углах сцены располагаются лестницы к машинным галлереям и колосникам; галлереи должны иметь выходы на главную лестницу сцены или в коридоры. Трюм—в 1 или 2 яруса, высотою 2 *м*, с бетонным полом

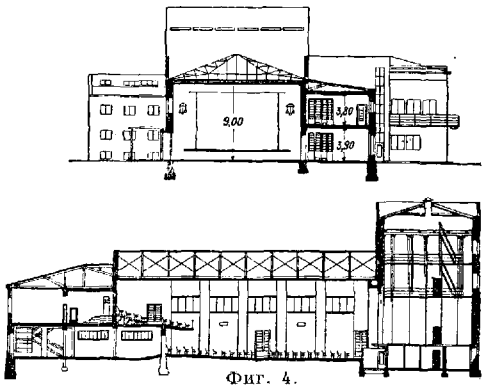


Фиг. 3.

и столбами или стойками для ферм, поддерживающих планшет; трюм должен иметь самостоятельные выходы помимо сцены. Перекрытие сцены м. б. несгораемое, а если над сценой нет помещений, то и деревянное. В перекрытии д. б. один или несколько легко открывающихся и удобно управляемых люков для выхода дыма в случае пожара, с общей площадью в 0,1 площади пола сцены.

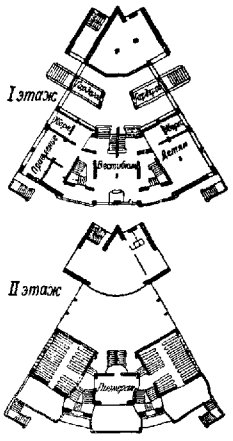
Парикмахерская и уборные артистов не должны иметь входов непосредственно со сцены, а отделяться от сцены коридором в 1,5 *м* или особым фойе артистов; они располагаются частью на одном уровне со сценой, частью в вышележащем этаже. Высота уборных 2,80 *м*. В деревянных зданиях, если пол уборных выше уровня земли более, чем на 1,50 *м*, вдоль уборных устраивают наружн. открытые галлереи с лестницами. В малых клубах под уборные артистов могут заниматься клубные комнаты.

Помещения для хранения декораций и бутафории помещаются вне сцены и должны отделяться от сцены или коридором или же огнестойкими дверями и иметь кроме того еще и особые входы. Помещение для оркестра делается на 2 *м* ниже сцены; оно должно иметь выходы наружу; площадь его—из расчета 1 *м²* на 1 музыканта. Комната для музыкантов и их инструментов может быть в полуподвале.



Фиг. 4.

Комнаты для кружковых занятий, равно как и помещения для спорта и отдыха, обслуживают только членов клуба, без доступа посторонней платной публики. В малых клубах, при общем со зрительн. залом вестибюле, эти комнаты должны быть достаточно изолированы от помещений, посещаемых посторонней публикой, и сообщаться с вестибюлем до билетного контроля.



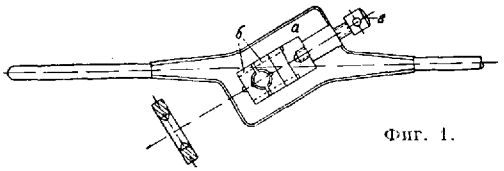
Фиг. 5.

Примеры клубных зданий: 1. Клуб текстильщиков при ф-ке им. Свердлова, Владимирской губ. (арх. А. Васильев и А. Мурзавецкий, фиг. 1). В первом этаже: зрительный зал с партером на 456 чел. и балконом на 168 человек, сцена, гардероб, помещение для администрации и служащих, буфет и спортивный зал; во втором этаже: читальня, библиотека, кружковые комнаты, аудитория, а также помещение для артистов; в цокольном этаже: спортивный зал, кегельбан, тир, курительная, котельная, вентиляция, склад декораций и кладовые. Удачно угловое решение клубного здания с обслуживанием зрительного зала и

аудитории во втором этаже при помощи одной киноаппаратной. Объем 19000 $м^3$. 2. Клуб советских и торговых служащих в Воронеже (арх. А. З. Гринберг, фиг. 2 — фасад, фиг. 3 — план первого этажа, фиг. 4—поперечный и продольный разрезы по зрительному залу) с ярко выраженными двумя вестибюлями: одним—для зрительного зала на 800 человек и другим—для аудитории на 400 человек. В первом этаже: фойе, зрительный зал, сцена, курительная, ясли, буфет; во втором этаже: комната для артистов, декоративная, читальня, библиотека, аудитория, буфет, консультационные комнаты, комнаты для отдыха пионеров, юношеских секций и выход на солярий; в третьем этаже (клубного корпуса): секционные комнаты, аудитория, биллиардная, комнаты кружков (драматического, музыкального и хорового); в подвальном этаже: кухня, кладовые, котельная и комнаты для заведующего клубом и сторожей. 3. Клуб коммунальников в Москве (арх. К. С. Мельников, фиг. 5) — оригинальный принцип компактного решения с максимальным использованием всех помещений и образованием большого зрительного зала путем присоединения к основному залу, при помощи раздвижных стен, ряда аудиторий и малых зал, к-рые в обычное время служат для докладов, собраний и кружковых занятий.

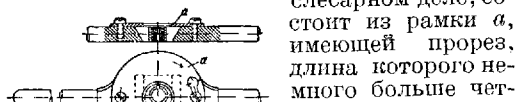
Лит.: Клубы металлистов, Москва, 1928; Типовые проекты рабочих клубов, М., 1928; Технич. правила устройства зрелищных предприятий кинематографич. характера в г. Москве и Московской губ., М., 1928; Zucker P., Theater und Lichtspielhäuser, Berlin; 1926; Wilms F., Lichtspieltheaterbauten, Berlin, 1928; Semper M., Theater, Stg., 1904. **К. Грайнерт.**

КЛУПП, приспособление для нарезания вручную винтовой резьбы при помощи *плашек* (см.), изготовляют в виде рамки (станка) с ручками, в которую вставляются плашки

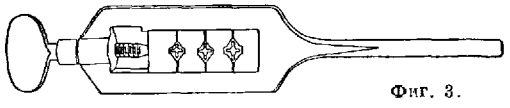


Фиг. 1.

требуемого размера. В зависимости от конструкции и назначения различают следующие типы клупна. 1) Обыкновенный, или косой, клупп (фиг. 1), употребляемый в слесарном деле, состоит из рамки *а*, имеющей прорез, длина которого немного больше четверной ширины одной плашки. В прорез вставляют квадратные разъемные плашки *б* с призматическ. выемкой на гранях. Для удержания плашек боковые грани прореза скошены на $^3/_4$ своей длины, а остальная часть прореза расширена для возможности вкладывания и смены плашек. Закрепление плашек производится нажимным винтом *в*, расположенным в торцевой части станка. Недостатки этого К.: эксцентричное расположение оси нарезаемого винта, затрудняющее нарезание правильной резьбы, и чересчур большое

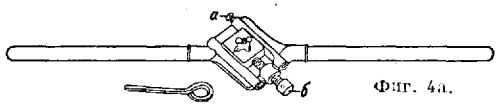


Фиг. 2.



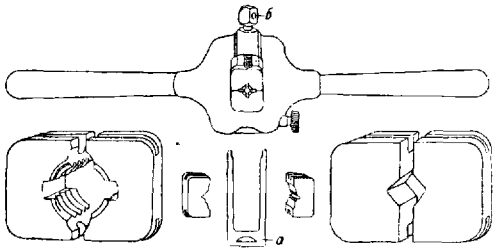
Фиг. 3.

число оборотов нажимного винта, необходимое для смены и закрепления плашек. 2) К. системы Рейсгаурера (фиг. 2) отличается от предыдущего устройством рамки и формой плашек. В этом клупне плашки имеют трапецоидальное сечение и вставляются сверху в рамку, имеющую соответственно скошенные грани. Плашки укрепляются в рамке



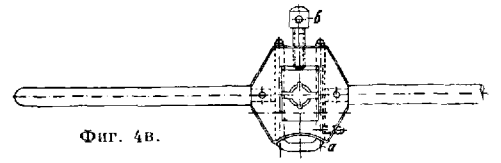
Фиг. 4а.

съемной пластинкой *а* со штыковым затвором и окончательно зажимаются нажимным винтом *б*. В этом К. устранены недостатки предыдущего, т. к. в нем ось нарезаемого винта совпадает с центровой линией К., а плашки



Фиг. 4б.

легко и быстро вставляются и вынимаются. 3) Часовщиковый К. (фиг. 3), употребляемый для разных мелких работ, состоит из рамки, снабженной с одной стороны ручкой, а с другой—нажимным винтом. В эти К. обыкновенно вставляются три пары плашек, дающих возможность без перестановки их нарезать резьбу трех разных диаметров. Плашки удерживаются тем же способом, как и в К. сист. Стубса. 4) С целью сделать возможной быструю смену плашек в последнее время сконструировано несколько новых систем К., типичные представители которых



Фиг. 4в.

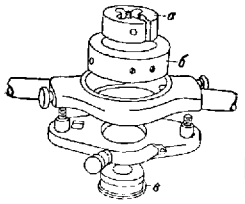
изображены на фиг. 4 (4а—К. системы Леве, 4б—Карпентера, 4в—Фабо); все они отличаются тем, что плашки укрепляются особыми направляющими *а*, которые частью входят в тело клупна, частью же в вырезы в плашках. Регулировка нажима плашек производится



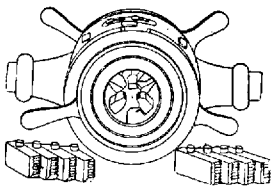
Фиг. 5.

винтом *б*. 5) Для цельных круглых плашек употребляются К., изображенные на фиг. 5; плашки зажимаются винтами или пружинящими защелками. В круглых разрезных плашках (фиг. 6) небольшие изменения диаметра нарезаемого винта достигаются посредством нажимных винтов, для чего плашку *а* помещают предварительно в специальн. кольцо *б*; на фиг. 6 изображена также направляющая втулка *в* для предохранения К. от перекоса при нарезании резьбы. 6) К. Дуплекс (фиг. 7) употребляется для нарезки газовых труб. Он состоит из круглого станка, имеющего 4 гнезда, в которые вставляются

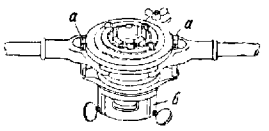
гребенки (плашки) прямоугольного сечения. Плашки могут одновременно передвигаться в гнездах при помощи кольцевой планшайбы, снабженной спиральными прорезями, в к-рые входят шипы плашек. Для закрепления планшайбы и плашек служит кольцевая гайка. В нек-рых конструкциях планшайба



Фиг. 6.


Фиг. 7.

снабжена спиральными выступами, входящими в вырезы плашек. 7) Для нарезки конческ. резьбы на газовых и водопроводных трубах применяют клупп системы Бивера (Beaver, фиг. 8), в к-ром движение плашек происходит под действием двух клиньев *а*, вращающихся в особой обойме *б*, закрепленной на нарезаемой трубе. По мере нарезания резьбы К. продвигается относительно этих клиньев, и они отводят плашки назад, придавая так. образ. коничность нарезке. Преимуществом этого типа является то, что угол винтового конуса зависит не от диаметра винта или формы плашек, а исключительно от угла клиньев.



Фиг. 8.

Лит.: Туссен Е., Винторезный инструмент, Л., 1928; Лауфер С., Слесарное дело, 2 изд., Л., 1928; Гессе Г. Ю., Технология металлов, 10 изд., М.—Л., 1927; Виноградов В. А., Технология металлов, 4 изд., М., 1928; Спах А., Инструмент. дело, М., 1928; Режущий инструмент для обработки металлов со снятием стружки, «Труды Об-ва герм. инженеров-производственников», Москва, 1927. **С. Ананьин.**

КЛЮКВА, Vaccinium oxycoccus L., ползучий полукустарник с нитевидными ветвями и вечнозелеными листочками, растущий на мокрых моховых торфяных болотах. Плод—красная, сочная, весьма кислая ягода; созревает в сентябре. Собирают К. обыкновенно, когда наступают морозы. Лучший сорт К.—подснежная, т. е. пробывшая под снегом зиму и собранная ранней весной. К. хорошо сохраняется, благодаря содержанию бензойной к-ты и большому количеству лимонной кислоты.

Химич. состав ягод К., по Ф. Церевитинову: 88,25% воды, 2,62% инвертного сахара, 0,22% сахарозы, 2,45% лимонной кислоты, 0,73% пентозанов, 2,01% клетчатки, 0,32% азотистых веществ, 0,22% золы. Химический состав сока клюквы: 90,03% воды, 3,39% инвертного сахара, 0,23% сахарозы, 3,25% лимонной к-ты, 1,30% пектина, 0,33% пентозанов, 0,29% азотистых веществ, 0,21% золы. К. содержит лимонную кислоту, винной и яблочной к-ты в ней нет; кроме того в К. содержится незначительное количество бензойной кислоты (по Грибелю): 0,0110—0,0345% свободной бензойной кислоты и 0,0098—0,0183% связанной, в виде глюкозида вакцинииина. Пектин (гидропектин) К. обладает хорошей желирующей способностью, почему выжимки, остающиеся после отпрессования сока, могут служить для добывания пектина.

К. находит большое промышленное применение; она идет на варенье, для приготовления «клюквы в сахаре», соков, сиропов, морса, квасов, киселей, но главное применение ее—в производстве клюквенного экстракта. К. благодаря большому содержанию витамина С представляет хорошее средство против цынги. Для производства клюквенного экстракта К. подвергается измельчению (раздавливанию) на дробилке с дубовыми, каменными или чугунными эмалированными бороздчатыми вальцами (длина вальцов—350 *мм*, диаметр—55 *мм*); производительность ручной дробилки от 8 до 9 *т* К. в день. Измельченную К. помещают в деревянные чаны (высота 1 *м*, диаметр 1 *м*) для брожения при $t°$ около 30°; при такой $t°$ брожение оканчивается через 2 недели. Брожение необходимо для того, чтобы осадить пектин, который затрудняет фильтрацию сока. Конец брожения определяют пробой на пектин: к соку, взятому из чана, прибавляют двойной объем спирта; если от прибавки спирта сок остается прозрачным, то брожение можно считать законченным, а если получается осадок, то надо оставить сок дображивать. Для ускорения процесса брожения можно прибавлять азотистые вещества (аспарагин и другие), которыми беден клюквенный сок. По окончании брожения вся масса поступает на винодельческий пресс (винтовой или гидравлич.). Остающиеся в прессе выжимки могут быть использованы для получения пектина. Сок фильтруется через холщевые фильтры, фильтры «Дельфа» или через фильтры с асбест-целлюлозой, применяемые в виноделии. Далее следует уваривание сока. Клюквенный сок из-под пресса имеет плотность около 2,5° Bé, и его надо уварить до экстракта плотностью от 32 до 37° Bé. Уваривание ведется или в двустенных паровых медных котлах, или в вакуум-аппарате, изнутри посеребренных. На севере СССР при кустарном производстве применяют для выпарки самодельные деревянные аппараты (корыто, в котором вращается деревян. барабан), помещаемые в камеры, нагреваемые сухим жаром. Готовый экстракт разливают в стеклянные бутыли.

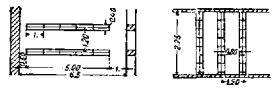
Химич. состав русского клюквенного экстракта. по Грибелю: 63,4% экстракта, 3,4% золы, 2,6% инвертного сахара, 31,8% лимонной к-ты, 0,056% свободной бензойной к-ты, 0,005% глюкозида бензойной кислоты (вакциниина); удельн. в. 1,3283. Клюквенный экстракт, получаемый брожением описанным способом, отличается малым содержанием сахара, разрушившегося при брожении, и большим количеством лимонной к-ты. Уд. в. хорошего клюквенного экстракта не должен быть менее 1,3, и экстракт не должен содержать менее 27% лимонной к-ты.

Лит.: Кадобнов Д. И., Производство клюкв. экстракта, М., 1923; Ермилов С. А., «Вестник пищевой техники», М., 1922, *1*. **Ф. Церевитинов.**

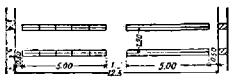
КНИГОХРАНИЛИЩЕ, библиотека; совокупность зданий для хранения и систематизации книг и обслуживания ими читателей. Надлежащая группировка помеще-

ний по горизонтали и вертикали—так, чтобы книга передвигалась до места своего назначения, т. е. до выдачи ее читателю, без перекрещивающихся или обратных движений, является существенною частью проекта К.

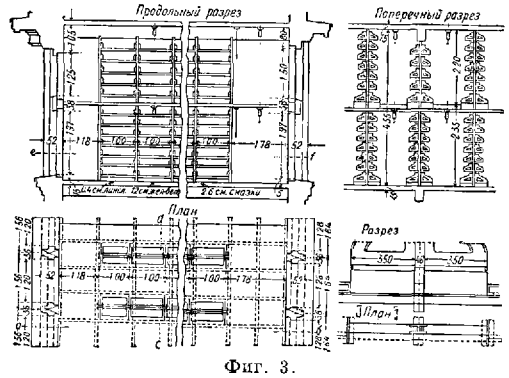
В состав К. входят следующие виды помещений. 1) Книгохранилище в собственном смысле. Оно устраивается из расчета 125 томов на 1 $м^2$, включая и проходы. 2) Картохранилище. Такое хранилище д. б. тесно связано с залом для карт. 3) Регистратура и отдел приема книг. Это помещение д. б. расположено в месте, удобном для подвозки книг, и иметь отдельный вход для приема; из регистратуры книга непосредственно передается в отдел каталогизации. При одновременном поступлении большого количества книг (в больших библиотеках до 5 000 томов) должно приходиться 8—10 $м^2$ площади пола на человека. 4) Отдел каталогизации со служебным каталогом. Он должен иметь двустороннее освещение; рабочие столы размещают у окон, а посредине оставляют место для служебного каталога; потребная для этого площадь—5 $м^2$ на человека, не считая кабинета заведующего. 5) Зал каталогов. Зал проектируется из расчета 20 $м^2$ на 1 млн. карточек при размещении последних в 4 вертикальных ряда. 6) Отдел систематизации, зал комплектования и кабинет заведующего К. Общая площадь—5 $м^2$ на человека. Здесь также необходимо двустороннее освещение. Отделы должны состоять из изолированных помещений с небольшими стеклянными перегородками. В середине—место для служебных каталогов. 7) Комната выдачи книг на дом. 8) Общий читальный зал—центральная часть здания. Он устраивается из расчета 2 $м^2$ на чел. и требует особенно хорошего и равномерного освещения. Акустика зала д. б. такова, чтобы обеспечить возможно бо́льшую тишину. Сообщение раздевальни с читальн. залом должно быть без поворотов; попутно читатель



Фиг. 1.

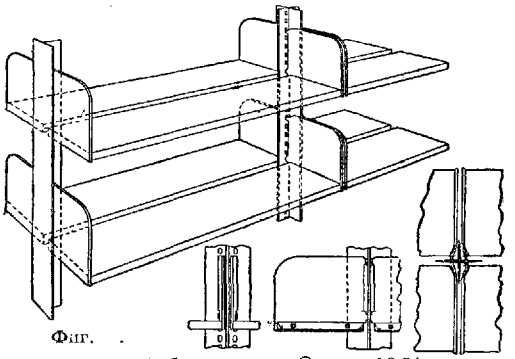


Фиг. 2.



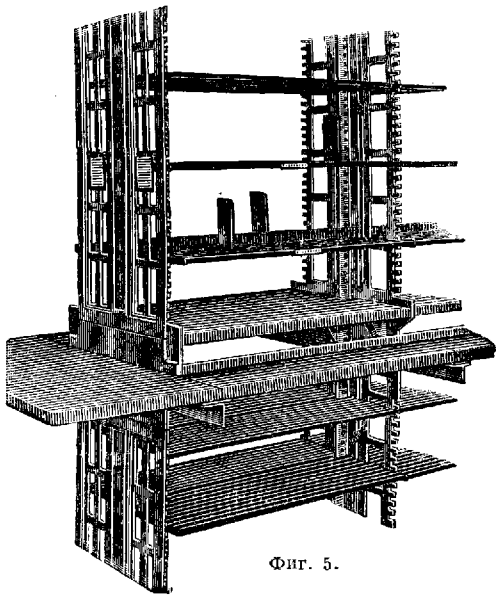
Фиг. 3.

должен проходить через контроль, выставку книг, справочное бюро и каталог. Столы для чтения д. б. расположены так. обр., чтобы все читатели сидели в одном направлении. Такое расположение требует значительной площади (до 2,25 $м^2$ на чел.), но оно гораздо удобнее для читающих и потому принято во



Фиг.

всех новых библиотеках. Около 10% площади читального зала занимают кафедры для выдачи книг. В длинном зале выдачу помещают в середине его, и зал делится т. о. на

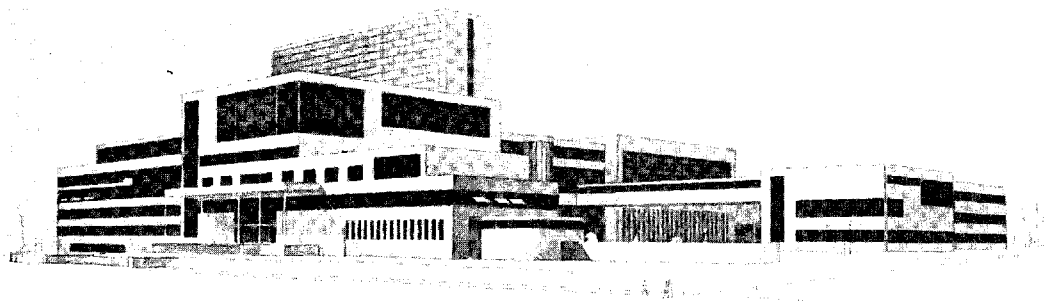


Фиг. 5.

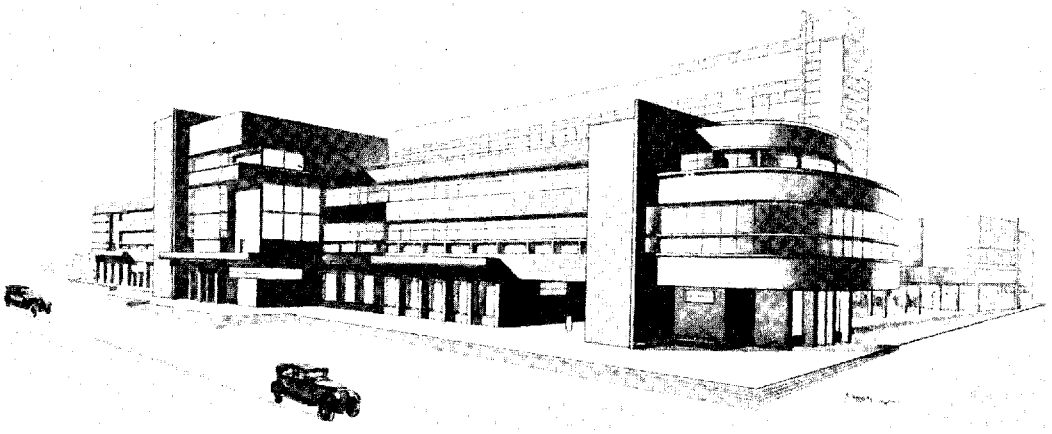
две части. Такое деление удобно в том отношении, что в летние месяцы, когда бывает меньше читателей, может функционировать лишь одна половина зала. Но лучше помещать кафедры вне читального зала, и притом так, чтобы с одной стороны находилась кафедра для выдачи книг, а с другой—для обратного приема. 9) Специальный читальный зал—предназначен для научных работ и д. б. изолирован от общ. читального зала; площадь—2,75 $м^2$ на человека. 10) Каталог для читателей и пермапентная выставка новых книг. 11) Журпальный и газетный читальный зал следует располагать близ входа, чтобы пользование им было легко доступно; площадь—2,75 $м^2$ на чел. 12) Помещение для каталогизации и каталога периодики—10 $м^2$ на чел. 13) Место для хранения книг, к-рые оставлены за читателем—в общем читальном зале.

КНИГОХРАНИЛИЩЕ

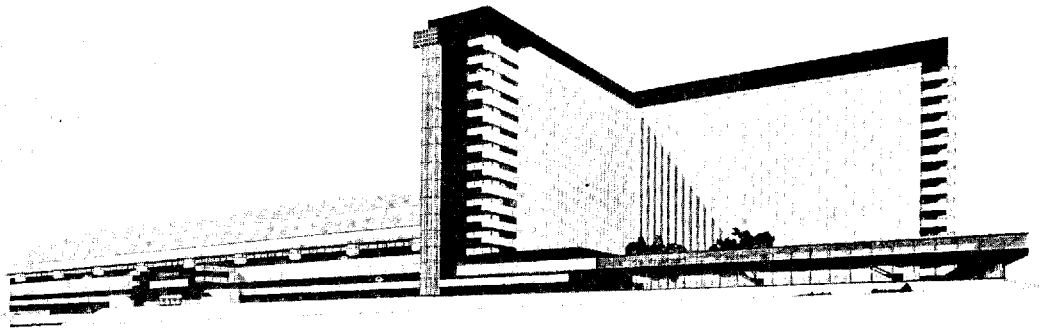
ПРОЕКТЫ БИБЛИОТЕКИ им. ЛЕНИНА



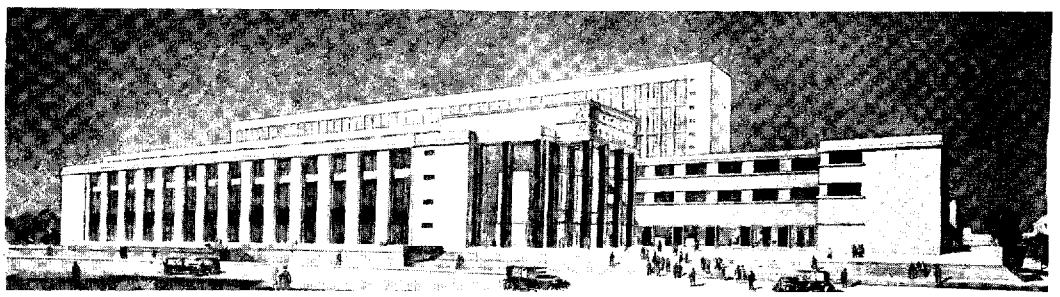
1. Проект бр. Весниных.



2. Проект А. В. Щусева.



3. Проект Л. С. Маркова, Д. Ф. Фридмана и В. Н. Фридмана.



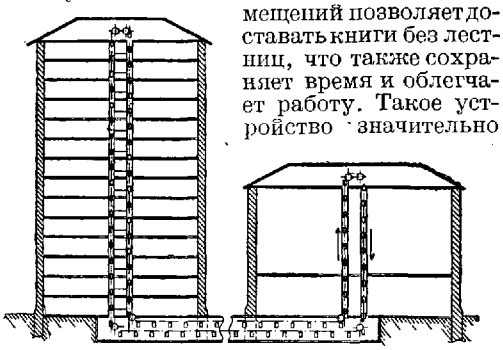
4. Проект В. А. Щуко.

Гос. геокартпром

14) Читальный зал для карт—5 $м^2$ на чел. 15) Юношеский читальный зал—2 $м^2$ на чел.; этот зал должен быть изолирован и иметь отдельн. ход. 16) Кабинеты для научных занятий, по 10—12 $м^2$ каждый. 17) Справочное бюро. 18) Отдел библиографической консультации—по 10 $м^2$ на человека. 19) Приемная—внизу, у входа, для выдачи справок. 20) Дезинфекционная камера, служащая для обеззараживания поступающих книг. 21) Управление библиотеки.

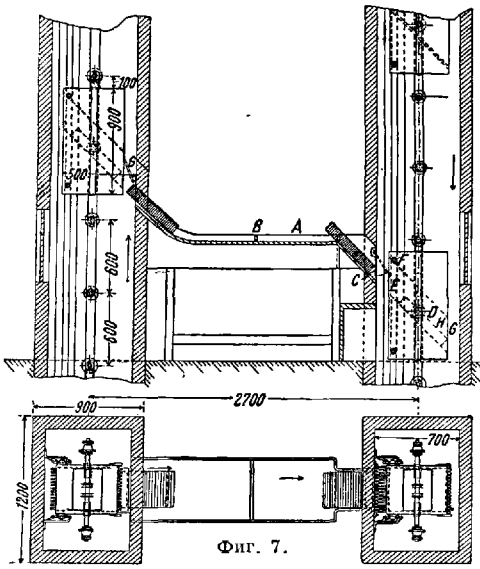
Наиболее целесообразно следующее распределение помещений: первый этаж—службы и подсобные помещения; второй этаж—общие читальные залы, обработка книг, администрация; наконец третий этаж—специальные залы и научные отделы.

Книгохранилище. Главным помещением в современной библиотеке является книгохранилище в собственном смысле слова. От целесообразного его устройства зависят сохранность книг и быстрота подачи их читателю. Чтобы сосредоточить книги на возможно меньшем пространстве, избежать излишнего хождения и сэкономить кубатуру помещения, книгохранилище строят в виде невысоких ярусов, в человеческий рост, где расположены двусторонние открытые полки-стеллажи параллельными рядами. Эта так наз. магазинная система дает возможность уплотнения. Небольшая высота помещений позволяет доставать книги без лестниц, что также сохраняет время и облегчает работу. Такое устройство значительно



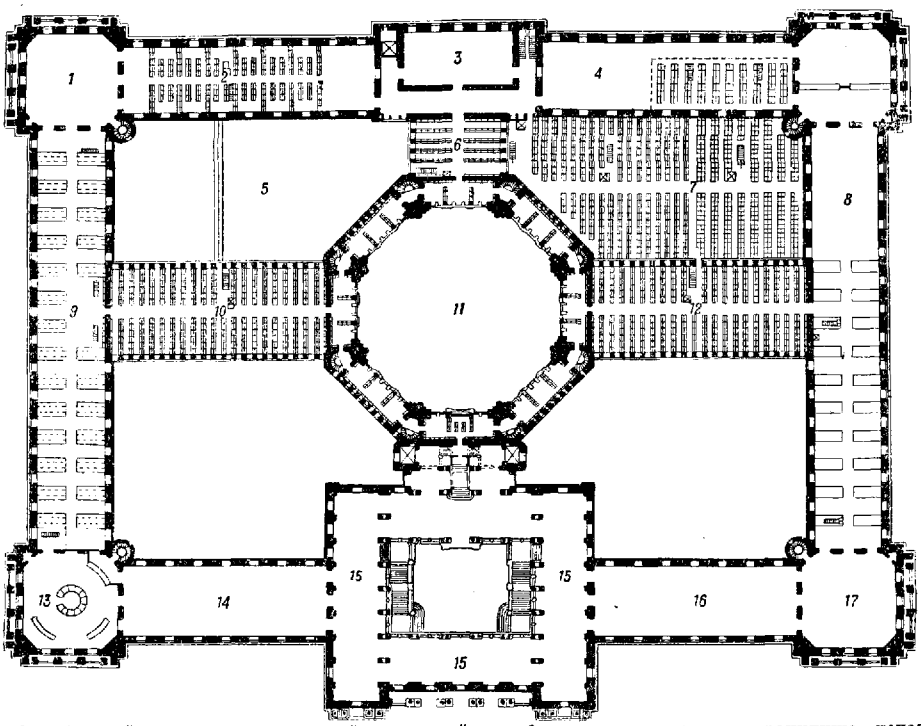
Фиг. 6.

выгоднее, чем расположение шкафов вдоль стен, которое может быть применено лишь в небольших библиотеках. Общепринятая конструкция стеллажей—металлич., как занимающая меньше места. Не исключается применение и железобетонных столбов с тонкой плитой междуярусных перекрытий; в таких случаях размещают 2 яруса в одном этаже. Высоту яруса принимают 2,25 *м* от пола до пола; на 1 *п. м* полки приходится от 35 до 40 книг. При принятой высоте следует в среднем считать 7 полок. Эти полки д. б. передвижными для установки сообразно форматам книг. Большое значение имеет расстояние между осями стеллажей. В новой Дрезденской библиотеке оно принято в 1,2 *м*, что надо считать минимальным. Ширина прохода между стеллажами д. б. не меньше 0,80 *м*. Для экономии места выгоднее перейти к магазинам по форматам, для книг in 8° вполне достаточна ширина полок в 19—20 *см*, что дает расстояние между осями 1,18÷1,20 *м*; для более крупных форматов ширина полки—0,35 *м*, что дает расстояние между осями—1,50 *м*. Высота стеллажа м. б. принята 2,10—2,15 *м* от пола до потолка при цоколе в нижней части в 0,06 *м*. Длина полки обычно 1 *м*. Освещение имеет очень большое значение; поэтому глубина хранилища при одностороннем освещении д. б. не более тройной

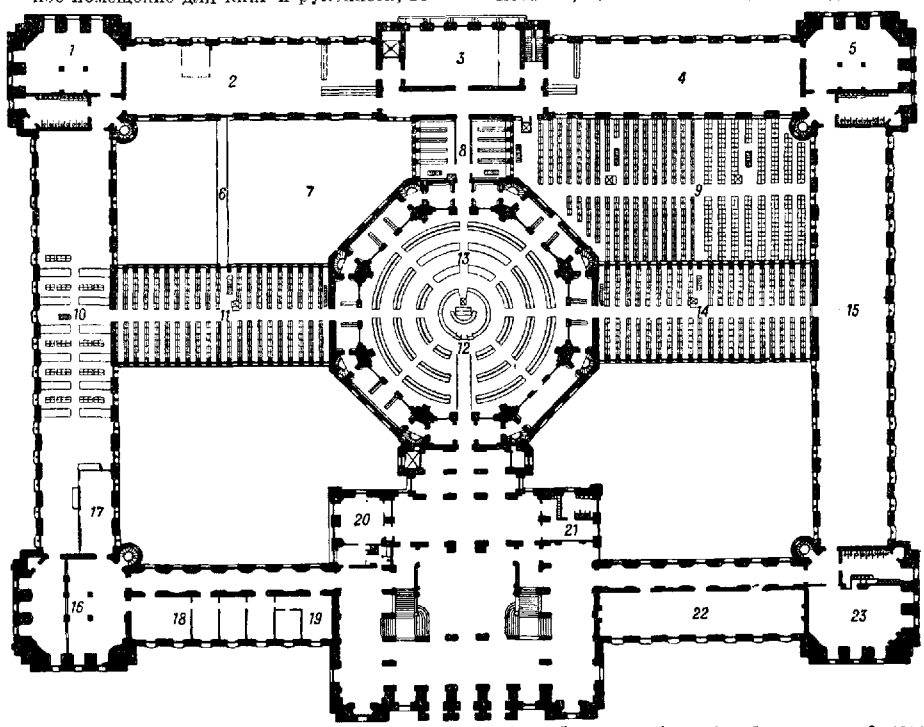


Фиг. 7.

высоты при ширине одного крайнего прохода у стены в 0,50 *м* и другого прохода в 1 *м*, что при 5 полках в ряд дает внутреннюю ширину 6,5 *м* при высоте 2,15 *м*. Оси окон должны совпадать с осями проходов. На фиг. 1 показаны примерные размеры хранилища при одностороннем освещении. Проход в 0,50 *м* служит для прохода служащего от одного ряда стеллажей к другому, по другому проходу в 1 *м* происходит подача книг. Если предположено пользоваться вагонеткой, то этот проход может быть увеличен и до 1,40 *м*. На фиг. 2 показаны примерные размеры хранилища при двустороннем освещении, причем средний проход д. б. шире (от 1,5 до 2 *м* для движения вагонетки или тележки). Отверстия для навески полок, в целях их перестановки, располагают на расстоянии 4—5 *см* друг от друга. При применении швеллеров, в них заделывают стержни из круглого железа, на которые и вешают полки. Эта конструкция показана на фиг. 3, дающей схему стеллажей К. Deutsche Bücherei в Лейпциге. На фиг. 4 и 5 показаны детали конструкции передвижных полок-стеллажей, применяемых в американских библиотеках. По схеме фиг. 1, при 35 книгах на полку, приходится на 1 $м^3$ 136 томов, а при 40 книгах—155 томов. По схеме фиг. 2 приходится соответственно больше: 144 и 164 тома. В эту кубатуру не входят лестницы, соединяющие ярусы, подъемники для книг и свободные места в каждом ярусе для разборки книг. Поэтому при подсчетах берут обыкновенно 125—135 книг на 1 $м^3$. Временная нагрузка для перекрытий принимается в 600 $кг/м^2$. Обследование американ. библиотек дало максимальную величину в



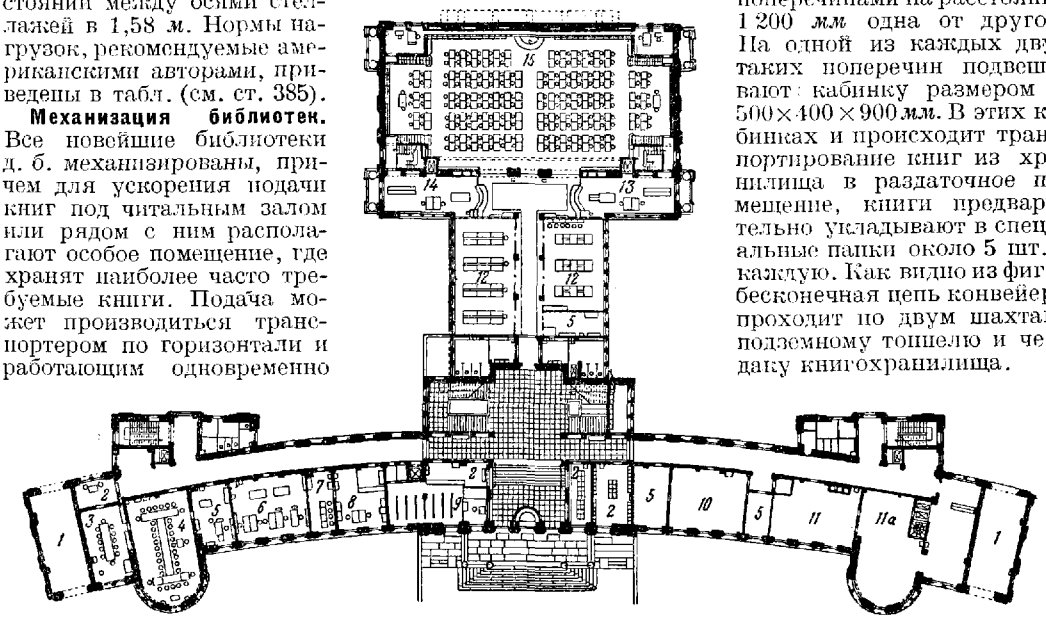
Фиг. 8а. Нижний этаж: *1*—специальный читальный зал, *2*—смитсоновское книгохранилище, печатные издания, *3*—документы, *4*—отдел карт, *5*—двор, *6*—восточное книгохранилище, *7*—юго-восточное книгохранилище, *8*—читальный зал печатных изданий, *9*—хранилище рукописей, *10*—северное книгохранилище, *11*—читальный зал рукописей, *12*—южное книгохранилище, *13*—рукописи, *14*—выставочное помещение для книг и рукописей, *15*—зал выставок, *16*—выставка печатных изданий.



Фиг. 8б. Верхний этаж: *1*—отдел заказов, *2*—обработка, *3*—библиографин, *4* и *5*—каталог, *6* –мостик, *7*—двор, *8*—восточное книгохранилище, *9*—ю.-вост. книгохранилище, *10*—хранилище карт, *11*—северное книгохранилище, *12*—читальный зал, *13*—каталог читального зала, *14*—южное книгохранилище, *15*—читальный зал периодики и газет, *16*—зал карт, *17*—читальный зал карт, *18*—общее управление, *19*—секретариат, *20*—кабинет библиотекаря, *21*—уборные, *22*—специальный читальный зал депутатов, *23*—специальный читальный зал сенаторов.

400 *кг/м²*. Такую же нагрузку показали опыты, произведенные в Ленинской библиотеке в Москве при высоте яруса в 2,25 *м* и расстоянии между осями стеллажей в 1,58 *м*. Нормы нагрузок, рекомендуемые американскими авторами, приведены в табл. (см. ст. 385).

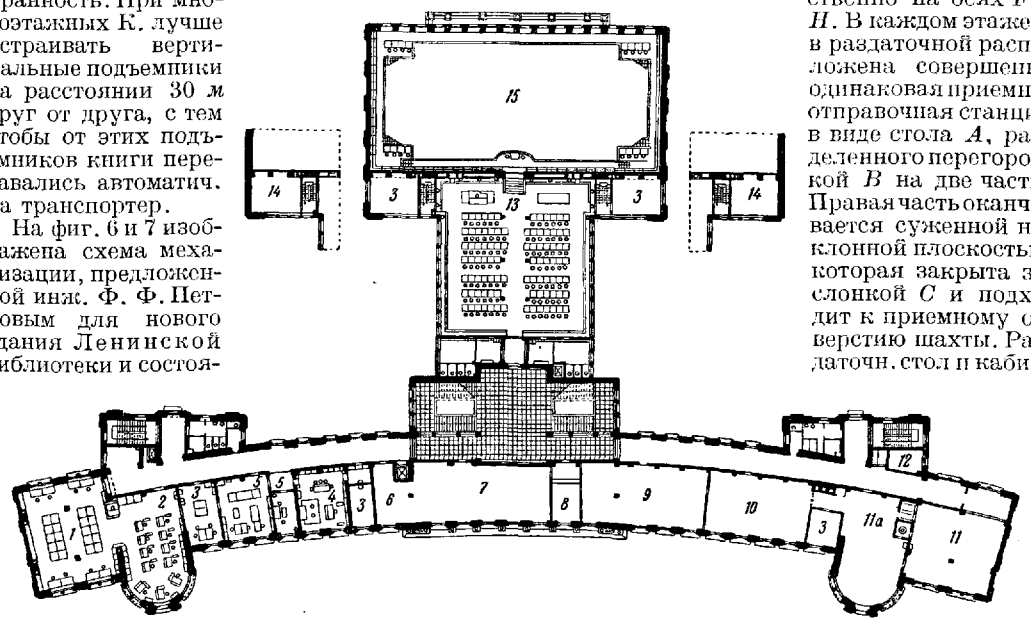
Механизация библиотек. Все новейшие библиотеки д. б. механизированы, причем для ускорения подачи книг под читальным залом или рядом с ним располагают особое помещение, где хранят наиболее часто требуемые книги. Подача может производиться транспортером по горизонтали и работающим одновременно



Фиг. 9. Нижний этаж: *1*—проезд, *2*—гардеробная и умывальная, *3*—совещательная комната, *4*—зал заседаний, *5*—кабинет, *6*—канцелярия, *7*—бюро пишущих машин, *8*—касса и бухгалтерия, *9*—комната для посетителей, *10*—переплетная, *11*—библиография, *11а*—поступление новых книг, *12*—каталог для посетителей, *13*—выдача книг, *14*—прием книг, *15*—большой читальный зал.

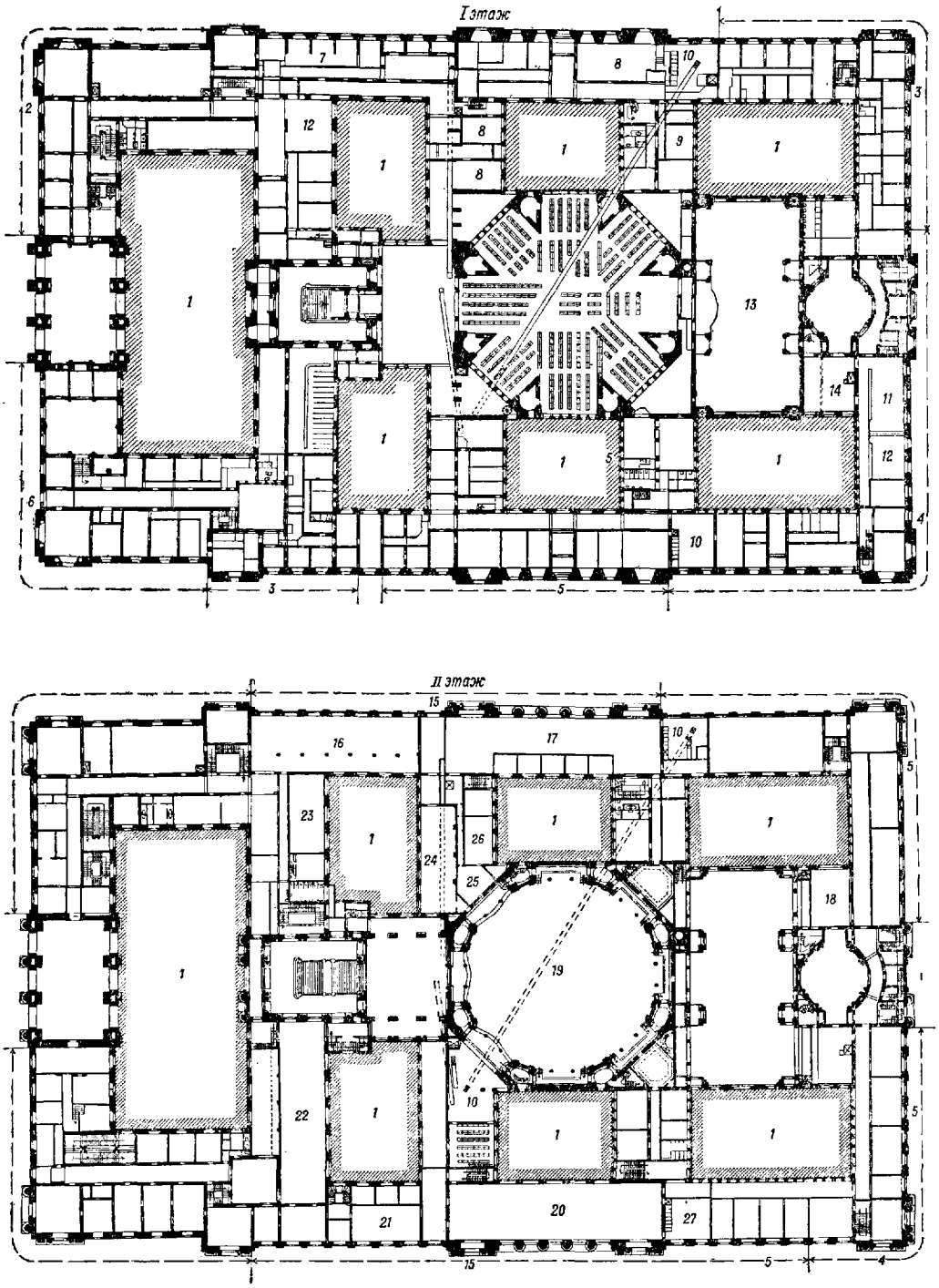
лифтом по вертикали. Для подачи записок д. б. устроена пневматическая почта. Подача книг д. б. бесшумной и обеспечивать их сохранность. При многоэтажных К. лучше устраивать вертикальные подъемники на расстоянии 30 *м* друг от друга, с тем чтобы от этих подъемников книги передавались автоматич. на транспортер.

На фиг. 6 и 7 изображена схема механизации, предложенной инж. Ф. Ф. Петровым для нового здания Ленинской библиотеки и состоящая в следующем. Через все этажи книгохранилища проложена вертикальн. шахта размером 700 × 1 000 *мм*. Она проходит до тоннеля, находящегося ниже уровня земли. В шахте двигаются цепи, соединенные между собой поперечинами на расстоянии 1 200 *мм* одна от другой. На одной из каждых двух таких поперечин подвешивают кабинку размером в 500 × 400 × 900 *мм*. В этих кабинках и происходит транспортирование книг из хранилища в раздаточное помещение, книги предварительно укладывают в специальные пачки около 5 шт. в каждую. Как видно из фиг. 6 бесконечная цепь конвейера проходит по двум шахтам, подземному тоннелю и чердаку книгохранилища.



Фиг. 10. Второй этаж: *1*—карты, *2*—малый читальный зал, *3*—кабинеты администрации, *4*—кабинет директора, *5*—приемная, *6*—история войн, *7*—ведомственные помещения, *8*—справочное бюро, *9*—систематический каталог, *10*—алфавитный каталог для персонала, *11*—прием книг, *12*—телефон, *13*—периодика, *14*—рабочие кабинеты для посетителей, *15*—большой читальный зал.

В кабинке часть *D* (фиг. 7) служит приемником для книг. Приемник закрыт заслонками *E* и *G*, поворачивающимися соответственно на осях *F* и *H*. В каждом этаже и в раздаточной расположена совершенно одинаковая приемно-отправочная станция в виде стола *A*, разделенного перегородкой *B* на две части. Правая часть оканчивается суженной наклонной плоскостью, которая закрыта заслонкой *C* и подходит к приемному отверстию шахты. Раздаточн. стол и кабинка снабжены рядом электрических контактов, к-рые управляют открыванием и закры-



Фиг. 11. *1*—внутренние дворы, *2*—управление библиотеки, *3*—квартиры служащих, *4*—университетская библиотека, *5*—метеорологич. ин-т, *6*—академия наук, *7*—общий каталог, *8*—упаковочная, *9*—машинное отделение, *10*—транспортер, *11*—каталоги, *12*—справочное бюро, *13*—читальный зал универсальной библиотеки, *14*—выдача книг на дом, *15*—прусская библиотека, *16*—карточный каталог, *17*—систематический каталог, *18*—читальня для журналов, *19*—купольный читальный зал, *20*—читальня отдела искусства и литературы, *21*—фолианты, *22*—читальный зал, *23*—печатание заголовков, *24*—алфавитный каталог, *25*—справочное бюро, *26*—ценные издания, *27*—выдача книг.

Нормы нагрузок для книгохранилищ.

Детали	Конструкции		
	легкая	средняя	тяжелая
Конструкция стеллажа, *кг/м*³	110	130	180
Покрытие пола, *кг/м*²	15	20	24
Покрытие проходов, *кг/м*²	(Стекло 20-мм) 50	(Мрамор 30-мм) 90	(Шифер 40-мм) 100
Книги, *кг/м*³	320	400	480
Временная нагрузка, *кг/м*²	100*	200*	350*
Высота яруса, *м*	2	2,2	2,4

* Уменьшая на 10% для каждого яруса.

ванием заслонок. При нажатии определенной кнопки приемная заслонка кабинки открывается при подходе кабинки к правой половине раздаточного стола, и, в свою очередь, выпускная заслонка открывается при подходе кабинки к левой части соответственного стола. При средней скорости движения кабинок 0,4 *м/сек* и расстоянии между кабинками 2,4 *м*, в течение шестичасового рабочего дня через раздаточную может пройти 3 600 кабинок. При одновременной работе двух конвейеров и емкости папки в 5 книг пропускная способность системы будет равна 36 000 книг в день (заданное количество по условиям проекта было 15 000 книг).

Заграничные книгохранилища. Из новейших заграничных К. следует отметить следующие. 1) Библиотека конгресса в Вашингтоне, открытая в 1897 г. (фиг. 8а и 8б). Стоимость зданий 6,4 млн. долл. Размеры: 141×102 *м* с внутр. дворами, размер которых 45×22,5 и 45×30 *м*. Восьмигранный читальный зал поперечником 30 *м* помещен в середине и рассчитан на 250 мест; по степам размещено 120 000 томов. Вместимость К. была рассчитана на 1 600 000 томов; в настоящее время вследствие роста К. пришлось застроить под книгохранилище один из внутренних дворов на 1 045 000 томов. Подача книг пневматическая. К. имеет 9 ярусов при высоте яруса в 2,1 *м*, ширина между осями стеллажей 1,5 *м*, ширина полок 0,3 *м*, ширина среднего прохода 1,8 *м*. Стеллажи имеют 6 полок с каждой стороны длиной 0,9÷0,8 *м*; ширина К.—13,5 *м*. Подача книг идет по вертикали К. и по горизонтали до середины места выдачи.

2) Публичная библиотека в Нью Йорке, открытая в 1911 г. Стоимость здания 9 млн. долларов; кубатура 288 000 *м*³; площадь 117×81 *м*; вместимость 3,5 млн. томов; размер читального зала 22,8×88,5 *м* на 800 читателей. Читальный зал расположен вверху на высоте 16 *м* от пола первого этажа. Под читальным залом расположено К. в 7 ярусов, высотой 2,25 *м* каждый. К. имеет три прохода—средний и два боковых; стеллажи имеют 10 полок с каждой стороны.

3) Лейпцигская библиотека (фиг. 9 и 10). Площадь всей застройки равна 16 741 *м*²; зюка застроено 8 400 *м*². Библиотека рассчитана на расширение до 10 млн. томов; в настоящее время она способна вместить до 2 млн. Читальный зал рассчитан на 180 чел. Сиденья для читателей расположены с одной стороны. Вдоль стен—шкафы для подручной библиотеки, где читатели сами могут брать для себя книги. На высоте окон второго этажа расположены хоры. На хорах, а равно и внизу, имеются полукруглые выступы, где помещается контроль. Имеются особые комнаты для слепых и для работы на пишущих машинках.

4) Прусская государственная библиотека в Берлине (фиг. 11). Построена в 1911—1914 гг. Здание выходит на 4 улицы. Площадь застройки 18 190 *м*² с 1 большим и 7 меньшими дворами. Стоимость постройки 15 млн. марок (1 *м*²—27 марок). Ежегодный прирост рассчитан на 11 000 газет и журналов и 50 000 книг. В здании находится кроме Прусской библиотеки также и Университетская библиотека, которая в случае расширения главной библиотеки м. б. переведена в другое место. Под главным купольным читальным залом находится подручная библиотека. К. имеет 13 этажей при высоте яруса в свету 2,2 *м*. Кроме главного читального зала имеется еще ряд специальных зал для журналов, рукописей, фолиантов, инкунабул, истории войн. Университетский читальный зал рассчитан на 300 человек, купольный зал—на 400 человек, а всего мест для читателей во всех залах—1 300, так что в этом отношении Прусская библиотека занимает первое место в мире. Все помещения, как то: читальные залы, каталоги, отдел редких книг, выставочные залы так размещены, что посетитель, пройдя через один контроль, попадает в середину всей группы помещений и легко может ориентироваться.

Проект Библиотеки имени Ленина. В связи с постройкой Ленинской библиотеки в Москве был объявлен в декабре 1928 г. всесоюзный конкурс на составление проекта грандиозного библиотечного здания. По программе требовалось, чтобы библиотечное здание вмещало в К. 6 млн. томов; вместимость читальных зал: на 650 чел.—общий, на 150 чел.—специальный, на 150 чел.—журнальный, на 100 чел.—юношеский, на 40 чел.—восточный, на 20 чел.—зал карт и на 50 чел.—военный. На том же участке требовалось спроектировать в связи с библиотекой Институт библиотековедения с аудиторией на 400 чел., с 3 аудиториями, каждая на 100 чел., 4 семинарскими комнатами и показательным музеем. Кубатура здания по программе выходила около 200 000 *м*³.

Из представленных проектов библиотеки имени Ленина наиболее разрешают задачу след. проекты: 1) проект архитекторов Д. С. Маркова, Д. Ф. Фридмана и В. И. Фридмана (первая премия); 2) проект бр. Весниных (вторая премия); 3) проект акад. А. В. Щусева (третья премия); 4) проект акад. В. А. Щуко (четвертая премия); 5) второй проект архитекторов Д. С. Маркова, Д. Ф. Фридмана и В. И. Фридмана (см. вкладной лист).

Лит.: Atlas zur Zeitschrift f. Bauwesen, H. 1—3, 1917; «Zentralblatt für Bibliothekwesen», Sonderabdruck, Lpz., 1928, Jg. 45; Horrassowitz O., «Zentralblatt f. Bibliothekwesen», Lpz., 1916; Seyh G., Das Büchermagazin in seiner Entwicklung, Tübi gen; Asplund E. G., Die neue Stadtbibliothek v. Stockholm, «Wasmuths Monatshefte für Baukunst», H. 2; Marcel H., La bibliotèque nationale, P., 1907; Baker A., The Public Library, London, 1924; Sanderson, Library Law, London, 1925; Bostwick S., The American Public Library, N. Y., 1923; Green S., The Public Library Movement in the United States 1853—93, Boston, 1913; Koch Th., A. Book of Carnegie Libraries, N. Y., 1917. **Д. Марков.**

КОАГУЛЯЦИЯ, процесс изменения состояния коллоидной системы (см. *Коллоиды*), вызванный нарушением ее устойчивости. Характерным признаком К. является возрастание размеров коллоидн. частиц (уменьшение степени дисперсности), приводящее в конечном итоге, и в большинстве случаев (но не всегда), к выпадению диспергированной фазы из дисперсионной среды; такое осаждение коллоидально растворенного вещества является моментом вторичным, т. е. следствием протекающего процесса К. В зависимости от условий, в которые поставлена коллоидная система, возрастание величины дисперсных частиц при К. может остановиться на таких размерах этих частиц, при к-рых последние сохраняют достаточный запас кинетической энергии, а сила тяжести оказывает на них действие еще столь слабое, что они остаются взвешенными в дисперсионной среде и явления осаждения не происходит. Причинами, вызывающими К., м. б.: 1) изменение темп-ры 2) действие излучений, 3) изменение концен-

трации, 4) замена одного растворителя другим, 5) влияние различных примесей, изменяющих поверхностное натяжение на границе соприкосновения диспергированной фазы и дисперсионной среды или влияющих каким-либо образом на взаимоотношения между дисперсными частицами и средой, в которой они распределены (например меняющих условия гидратации частиц), и наконец 6) прибавление электролитов, являющееся (особенно для лиофобных коллоидов) наиболее употребительным способом вызвать К. их. О теоретических представлениях относительно роли электролитов и механизма коагуляции вообще см. *Коллоиды*.

Явления К., протекающие в газодисперсных и в жидких коллоидных системах, играют большую роль как в природе, так и в технике. Так, дождевые облака вообще и грозовые в частности представляют газоколлоидные системы (см. *Дымы и туманы*), которые, в зависимости от условий их возникновения, обладают тем или иным зарядом, сообщающим данной системе устойчивость. При сближении облаков, противоположно заряженных, происходит взаимная нейтрализация зарядов (молния) и, как следствие этого, К. данного аэрозоля, т. е. выпадение дождя. Изучение механизма этого процесса связано с рядом таких практическ. проблем, как искусственное дождевание и рассеивание атмосферных туманов, достигаемое применением сильных электрическ. разрядов. В военном деле методы К. аэрозолей обещают сыграть значительную роль в области защиты от боевых отравляющих веществ, применяемых в виде ядовитых дымов и туманов, и в борьбе с искусственными туманами маскировочного назначения. Наконец в области охраны труда К. аэрозолей м. б. использована на вредных производствах с целью очистки воздуха рабочих помещений от пыли. В настоящее время К. аэрозолей используется в технике гл. обр. при улавливании ценных (или вредных) продуктов из отходящих газов заводских печей и аппаратов.

Примером практического применения К. жидких дисперсных систем является очистка питьевых и сточных вод от взвешенных в них твердых (а иногда и жидких) примесей, что достигается прибавлением к воде небольших количеств коагулянтов—растворов сернокислого алюминия, квасцов, железного купороса, извести и других веществ, являющихся электролитами со слабо кислой или слабо щелочной реакцией. Действие таких коагулянтов основано на том, что в результате их гидролиза и взаимодействия с солями, находящимися в воде в растворенном состоянии, образуются соответствующие коллоидальные гидроокиси, к-рые коагулируют сами и в то же время вызывают К. противоположных им по знаку коллоидных частиц, взвешенных в воде; в результате происходит осаждение последних. Коагуляция млечного сока каучуконосных растений (латекса), также представляющего коллоидную систему, является одним из важных процессов в каучуковой промышленности. Наконец методы К. нашли применение и в нефтепромышленности. Природная нефть содержит всегда в виде примеси некоторое количество воды, причем очень часто (например в биби-эйбатской, грозненской и многих американских нефтях) вода является эмульгированной в нефти. Разделение этих эмульсий на их составляющие оказалось возможным при помощи соответствующих коагулирующих средств: в качестве последних пригодны электролиты (например сернокислый алюминий) и вообще вещества, изменяющие поверхностное натяжение на границе соприкосновения фаз.

Лит.: Джиббс В., Аэрозоли, пер. с англ., Л., 1929; Фокин Л. Ф., Методы и орудия химич. техники, ч. 2.—*Обработка жидкостей*, стр. 59, 83, Л., 1925; Freundlich H., Kapillarchemie, 3 Aufl., p. 1061—1090, Lpz., 1923; Schmauss A., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1922, B. 31, p. 266; Liesegang R., Kolloidchemische Technologie, p. 782, 801, Dresden—Leipzig, 1926—27.

В. Назаров.

КОБАЛЬТ, Co, химич. элемент 8-й группы периодической системы, составляющий вместе с Fe и Ni триаду так называемых железных металлов. Ат. в. 58,97; порядковый номер 27; валентность 2 и 3.

Свойства К. В свободном состоянии К.— твердый тугоплавкий металл серовато-белого цвета со стальным блеском, постоянный на воздухе, хорошо принимающий механич. обработку и обладающий очень высокой тягучестью и ковкостью. Удельн. в. 8,83—8,90; удельный объем ок. 6,65. Твердость по Мосу 5,5. Предельное сопротивление на разрыв 25 *кг/мм*^{2}, при удлинении < 1%; коэфициент сжимаемости $0{,}54 \cdot 10^{-6}$ *см*^{2}*/кг*; $t°_{пл.}$ чистого К. 1 478°; $t°_{кип.}$ 2 375°. Коэф-т термич. расширения 0,0000123 (в интервале 6÷121°). Теплоемкость: удельная 0,104 cal/*г*, атомная 6,14 cal (в интервале 0÷100°); теплота плавления 58,3 cal/*г*, атомная 3,44 Cal. Теплопроводность 0,16 cal *см/см*^{2} *сек.*°C (при 30°). Скорость звукопередачи 4 725 *м/сек*. По электропроводности кобальт занимает место рядом с железом: его удельн. сопротивление = $=9{,}7 \cdot 10^{-6}$ Ω-*см* (при 0°), с $t°$-ным коэф-том $6{,}58 \cdot 10^{-3}$ (в интервале 0÷100°). Магнитные свойства К. также высоки; он принадлежит к группе ферромагнитных веществ. Для К. при 18° предел намагничения $I_m = 1\,412$ (для железа 1 706); магнитная емкость К. может быть еще более повышена в его сплавах, например для $CoFe_2$ $I_m = 1\,880$. При $t°$ 1 150° обыкновенный кобальт (α-модификация) переходит в аллотропическую β-модификацию, теряя способность к намагничению.

Как по физич., так и по химич. свойствам К. стоит ближе к железу, чем к никелю. При обычных условиях К. вполне стоек по отношению к воде, влажному воздуху, щелочам и органич. к-там; он очень медленно разъедается соляной и серной кислотами; к конц. азотной кислоте относится пассивно; в разбавленной HNO_3 он растворяется с образованием $Co(NO_3)_2$. При более или менее высоких $t°$ кобальт соединяется с металлоидами и кислородом; в мелкораздробленном состоянии он пирофоричен. С металлами К. образует ряд сплавов.

Кобальтовые руды. К. в свободном состоянии встречается в природе только в метеорном железе (0,5—2,5%). Соединения кобальта в земной коре имеют незначительное распространение и встречаются почти всегда вместе с соединениями никеля (а также Fe, Cu, Mn, Pb, Ag), образуя смешанные руды. Из

кобальтовых минералов, имеющих технич. значение, наиболее известны следующие. Асболан, $(CoO, CuO, MnO_2)\cdot xH_2O$,—землистый черный порошок переменного хим. состава, обыкновенно приближающегося к $(Co,Mn)O\cdot MnO_2\cdot 4H_2O$; богатая руда, содержащая до 8—16% Co; образует залежи в Новой Каледонии и Канаде. Шейдовый кобальт, шмальтин, $(Co, Fe, Ni)As_2$, содержит обычно до 23% Co (для чистого $CoAs_2$—28,2%); кристаллич. минерал, блестяще белый или серый, часто с розовым налетом; уд. вес 6,4—6,6; встречается в Саксонии, Венгрии и Чили. Кобальтовый блеск, кобальтин, CoAsS, с примесями Fe и Ni,—блестяще серебристый или красноватый; мелкие месторождения в Швеции, Норвегии, Силезии и в СССР на Кавказе (Дашкесан, Ганджинского уезда). Линнеит, $(Co, Ni)_3S_4$; обычно содержит также Fe и Cu в переменных количествах. Более редкие кобальтовые и кобальто-никелевые минералы, как эритрин, $Co_3As_2O_8\cdot 8H_2O$, каролллит, Co_2CuS_4, аллоклаз, $(Co, Fe)\cdot(As, Bi)$, глаукодот, (Co, Fe) AsS, и герсдорфит (Ni,Co,Fe) AsS, — промышленного значения почти не имеют. Главнейшими источниками получения кобальта и его соединений являются окисленные медно-кобальтовые руды Бельгийского Конго (4—5% Co) и канадские кобальто-серебряные руды (7—10% Co), содержащие сульфиды и арсениды К. Разработка кобальтовых руд ведется с 16 века с целью приготовления *кобальтовых красок* (см.), но технич. получение металлич. К. началось лишь в 90-х гг. 19 века. Поставщиками кобальтовых руд являются гл. обр. Канада и Бельгийское Конго, в меньшей степени—Новая Каледония, Австралия и Испания. В России разработка Дашкесанского месторождения, дававшая 300—400 *кг* руды в год, прекращена с 1915 г.

Извлечение К. из руд заключается в приготовлении чистой окиси или чистых солей К., с тем, чтобы далее получить из них любой торговый препарат или свободный металл. Химическим сырьем для получения (мокрым путем) чистых соединений К. могут служить: а) естественные или обожженные кобальтовые руды и рудные концентраты, б) металлургич. отбросы и шлаки (в металлургии меди и свинца), богатые кобальтом, и в) медно-железные сплавы К., получаемые электротермич. путем из смешанных руд вблизи места их добычи. В настоящее время около половины всего К. доставляется з-дом Катанга (в Панда, Бельг. Конго) в виде сплава (Co 30%, Cu 30%, Fe 25%), который вывозится в Европу для химич. переработки. Общих методов переработки указанных исходных материалов не существует: они видоизменяются в зависимости от характера сырья. Применяемые операции сводятся к тому, чтобы перевести весь К. в растворенное состояние, а затем отделить сопутствующие ему посторонние металлы; при этом больше всего затруднений представляет отделение Mn и Ni, чего удается достигнуть лишь в результате кропотливых обработок и притом не количественно. **В. Янковский.**

Переработка кобальтовых руд. Переработка кобальтовых руд на металл представляет собою сложную металлургическую проблему, сводящуюся к: а) концентрации кобальта в виде шнейзы путем плавления руды; б) обжигу шнейзы и последующему растворению продукта обжига; в) выделению из раствора гидрата окиси К. и других ценных составных частей его и, наконец, г) восстановлению окиси К. до металла.

Плавка руд ведется в шахтных печах; горючим является, с одной стороны, кокс, расходуемый в количестве 10—12% от веса шихты, а с другой—S, As или Sb самой руды. Т. о. атмосфера в печи является окислительной настолько, чтобы по возможности удалить бо́льшую часть S, As и Sb и не получить штейна, а затем окислить достаточное для образования нужного состава шнейзы количество As и Sb. Т. к. создание соответствующих условий при плавке руд является делом в высшей степени трудным даже в руках опытного плавильщика, то в результате плавки кроме главных продуктов (шнейзы и шлака) получаются почти всегда нек-рые количества штейна и металла. Последний при переплавке серебряно-кобальтовых руд образуется в виде сырого серебра в тех случаях, когда содержание Ag в шихте выше, чем это требуется для насыщения им шнейзы и штейна. Такое серебро загрязнено гл. обр. медью и свинцом, содержание к-рых достигает 20—25%. В шнейзе собираются весь К. и никель с соответствующими количествами As и Fe (а также Cu и Mn, в случае их наличия в руде). Обычный состав шнейз, получаемых при плавке канадских руд, следующий: 20% Co; 12% Ni; 23% As; 18% Fe; 3% Cu; 1% Sb и 2,74% Ag. Образующийся в незначительном количестве штейн содержит: 9% Co; 4% Ni; 5% As; 27% Fe; 12% Cu; 23% S и 6,85—24% Ag. Получаемый шлак по своему составу обычно отвечает бисиликату; при этом Al_2O_3 считается нейтральным окислом. Шлак содержит не более 1% Ni + +Co и 0,010—0,013% Ag. Побочным продуктом плавки является дымовой газ, содержащий значительные количества твердых As_2O_3 и Sb_2O_3; последние улавливаются в пылеочистительных устройствах.

Переработка шнейзы на окись К. начинается с обжига ее, причем содержание As понижается обычно до 10%, редко опускаясь до 3—4%. Обжиг начинается быстрым повышением $t°$ шнейзы до ~ 400°; с этого момента подвод тепла извне прекращают, и обжиг идет за счет тепла экзотермич. реакций, благодаря которым $t°$ повышается до 850—900°. В обожженном продукте As находится главным образом в виде мышьяковистых соединений и в меньшей мере в виде арсенатов. Обожженная шнейза далее подвергается либо хлорирующему обжигу, с последующим цианированием для извлечения Ag и сульфатацией остатков от цианирования, либо непосредственной сульфатации. В обоих случаях подвергаемый сульфатации продукт смешивают в чугунных котлах с крепкой H_2SO_4 при тщательном перемешивании, причем происходит образование сульфатов; последние переносят в деревянные чаны и обрабатывают водой. При этом бо́льшая часть Cu, Fe, Co, Ni и As переходит в раствор, а Sb, гидролизуясь, выпадает в осадок. При

нейтрализации полученного раствора известняком бо́льшая часть Fe, As и Sb выпадает в виде сурьмянисто- и мышьяковистокислых солей железа. После отделения просветленного раствора осадок возвращают в плавильную печь. Полученный раствор обрабатывают новой порцией известняка для осаждения основных карбонатов меди. В случае высокого содержания в растворе Co и Ni последние частично осаждаются вместе с медью. Карбонаты меди растворяют в серной кислоте и из полученного раствора выделяют Cu кристаллизацией $CuSO_4$, или прибавлением металлическ. железа, или пропусканием H_2S. Оставшийся от выделения меди раствор, в случае содержания Ni и Co, присоединяют к главному раствору, содержащему эти металлы.

Кобальтсодержащие растворы обрабатывают далее гипохлоритами (предпочтительно NaOCl), причем в первую очередь выпадает $Co(OH)_3$. Прибавление NaOCl прекращают, когда в осадок начинает переходить и Ni; в осадке $Co(OH)_3$ содержание Ni не д. б. выше 0,6%, Осажденный $Co(OH)_3$ обжигают с добавкой NaOH, чтобы разрушить присутствующие в осадке основные сульфаты кобальта и перевести их в Na_2SO_4. Обожженный продукт выщелачивают водою; полученную окись кобальта, содержащую не более 1% Ni, просушивают, и в таком виде она годна для получения металлического К. Раствор от осаждения $Co(OH)_3$, содержащий бо́льшее (по сравнению с главным раствором) количество никеля, присоединяется к растворам, идущим на осаждение $Co(OH)_3$. Благодаря этому последние постепенно обогащаются никелем; когда в них отношение Co : Ni достигает 2 : 3, они поступают на осаждение обоих окислов при помощи NaOCl. Полученный осадок, содержащий оба металла в отношении Co : Ni = 9 : 1, растворяется, а полученный раствор присоединяется к главным растворам. Раствор же, значительно обогащенный Ni, идет на осаждение никеля. **Г. Уразов.**

Получение металлического К. Металлич. К. может быть получен из его окислов или очищенных солей по общим методам химич. или электролитич. восстановления тяжелых металлов. В частности для этого пригодны следующие способы: 1) восстановление окиси кобальта, Co_2O_3, в токе водорода при 500—600°; 2) прокаливание закиси кобальта, CoO, в угольном тигле с 10—12% крахмала (иногда с добавкой 2—3% MnO_2) при 600—800°; 3) восстановление солей кобальта при умеренно высокой $t°$ водородом или прокаливание их в смеси с NH_4Cl; 4) восстановление К. из его окислов алюминием по термитному способу Гольдшмидта; 5) восстановление окиси К. углем в электрич. печи; 6) электролиз горячего аммиачного раствора $CoSO_4$ или $CoCl_2$ в присутствии $(NH_4)_2SO_4$. Способы 1—3 имеют только препаративное значение; полученный металл, в зависимости от условий и $t°$ восстановления представляет собою либо темносерый порошок с пирофорическими свойствами, либо светлосерые чешуйки, либо полуспекшуюся массу; для рафинировки он м. б. переплавлен в известковом или магнезиальном тигле при $t°$ выше 1 600°. Способы 4 и 6 дают кобальт в компактном и наиболее чистом виде, но очень дороги. В настоящее время главная часть К., идущего на изготовление специальных сортов стали получается в электрических печах из смеси окиси К. с коксом или древесным углем, причем к шихте добавляется $CaCO_3$ для связывания серы; полученный т. о. металл содержит около 1% углерода в виде карбидов. В продажу выпускается обычно 96—98%-ный К. (по цене £ 2.50 за англ. ф.), содержащий не менее 1,6% Ni, 0,1% Fe, следы Cu и не более 0,02% S. Об анализе К. и его сплавов см. *Кобальта соединения*. Металлич. К. вырабатывается в Бельгии, Канаде, Швеции, Англии и Германии. Мировое потребление К. (включая его соединения) в 1926/27 г. равнялось ~700 *т*.

Применение К. Для технич. целей применение К. началось сравнительно недавно, и пока оно еще довольно ограничено. Благодаря своей твердости и устойчивости по отношению к слабым к-там К. нашел нек-рое применение для изготовления фруктовых ножей и других режущих инструментов. Как нержавеющий металл, К. применяется иногда для защитного покрытия стальных и железных изделий (гальванич. кобальтирование). Наибольший технич. интерес представляют сплавы кобальта с железом, хромом и другими металлами; изготовление этих сплавов возникло лишь в последние годы, но имеет перспективы очень широкого развития. Сортам инструментальной стали добавка К. придает высокую твердость и красностойкость (в большей степени, чем никель). Ряд обычн. сортов быстрорежущей стали содержит Co в количестве 0,5—6,0%. Примерный состав специальной кобальтовой стали (марка «К. S.») в %: 47—63 Fe; 30—40 Co; 5—9 W; 1,5—3,0 Cr; 0,4—0,8 C. Сплав кобальтхром состоит из 60—80% Fe, 15—30% Cr и 3,7—10% Co. Металл Гейнеса содержит 45—62% Co, 28—40% W и 10—15% Cr. Под названием стеллита выпускаются инструментальные сплавы очень высокой твердости (от 500 до 600 по Бринелю), содержащие 35—80% Co, 15—40% Cr, 0—25% W, иногда Mo и Fe; они красностойки в пределах $t°$ до 800°. Сплавы железа с К. обладают чрезвычайно высокой магнитной проницаемостью; введение К. в сталь усиливает ее коэрцитивную способность (постоянство остаточного магнетизма, сопротивляемость размагничению). Эти свойства К. обещают предоставить ему важную роль в изготовлении постоянных магнитов и материалов для электрическ. машиностроения. Прибавление к литому кобальту магния (в количестве 0,10—0,15%) повышает его блеск, белизну и способность к горячей ковке; примесь никеля наоборот ухудшает качества К. как поделочного материала.

Лит.: «II годовой обзор минеральных ресурсов СССР» за 1926/27, стр. 496, Л., 1928; Schnabel C., Handbuch der Metallhüttenkunde, B. 2, Berlin, 1896; Prost E., Cours de métallurgie des métaux autres que le fer, P., 1912; Ullm. Enz., B. 7, 1919; Liddel D., Handbook of Non-ferrous Metallurgy, v. 2, N. Y., 1926; Drury C. W., Mineral Industry during 1926, p. 150, N. Y., 1927; The Cobalt Industry, «Min. Journ.», London, 1927, *156*, p. 200; Bateman G. C., «Engin. and Min. Journ.», N. Y., 1928, *125*, p. 98; Weissenborn A., «Metallbörse», B.—L., 1927, *62*, p. 1716 (мокрая переработка К. руд); ibid., 1928, *16*, p. 431 (применение К. в магнит. стали); Г. П. 58417 и 66265, 222141, 285791. **В. Янковский.**

КОБАЛЬТА СОЕДИНЕНИЯ. Известны соединения 2- и 3-валентного кобальта; из них техническое значение имеют почти исключительно первые. Кобальт образует два окисла нормального типа—закись, CoO, и окись, Co_2O_3, и соответствующие им гидраты закиси и окиси—$Co(OH)_2$ и $Co(OH)_3$, обладающие основными свойствами; основной характер в закисных соединениях выражен сильнее, чем в окисных. Из солей практическое значение имеют лишь закисные соли, отвечающие двувалентному Co и получаемые из кобальтовых руд кислотным выщелачиванием (см. *Кобальт*) или из других солей Co при помощи реакций обменного разложения. Хлористая соль, нитрат и сульфат кобальта хорошо растворимы в воде, соли щавелевой, синильной и железистосинеродистоводородной кислот нерастворимы. Нерастворимые соли Co—красного или фиолетового цвета; растворимые водные—розового или красного, безводные—синего или лилового цвета. Водные растворы солей имеют кислую реакцию (вследствие гидролиза) и розовый цвет; сернистый аммоний осаждает из них Co в виде черного осадка CoS. При переменах темп-ры и при замене воды другими растворителями растворы солей Co (в особенности галоидных) обнаруживают характерные изменения окраски. Действием щелочей на растворы солей Co на холоду легко получаются мало растворимые основные соли голубого цвета. От железа и других металлов (кроме Ni) кобальт отличается нерастворимостью сернистого соединения (CoS) в разбавленной HCl на холоду; от никеля он отличается более легкой окисляемостью (способностью переходить в трехвалентное состояние) и некоторыми специфическими реакциями, указанными ниже.

Кобальт образует окрашенные двузарядные атомионы $Co^{\cdot\cdot}$. Теплота образования иона $Co^{\cdot\cdot}$ из элемента равна +8 500 cal на *г*-эквивалент; подвижность ионов $Co^{\cdot\cdot}$ при 18° равна 43 *см/ск* (в поле 1 V/*см*). Кроме того кобальт обладает резко выраженной способностью к образованию комплексных ионов, в особенности содержащих азот в виде групп NH_3, CN и др. Комплексные анионы (и катионы), содержащие Co, многочисленны и большей частью устойчивы; типичными ионами такого рода являются: $Co(CN)_6''''$, $Co(CN)_6'''$ (*последний ион гораздо устойчивее первого*), $Co(NO_2)_6'''$ и т. п. Гидрат $Co(OH)_2$ растворяется в водном аммиаке, образуя неустойчивые аммиакаты; такие растворы (буроватого цвета) при стоянии на воздухе поглощают кислород, различно меняя при этом свою окраску, и дают ряд комплексных соединений (к о б а л ь т и а к и), которые содержат NH_3 и O (никель таких соединений не образует). Окисные соли кобальта (с ионами $Co^{\cdot\cdot\cdot}$), очень непрочные, образуются в растворах при электролизе солей $Co^{\cdot\cdot}$ на платиновом аноде; они темнозеленого цвета, в недостаточно конц. растворах гидролизуются нацело; подобно окисным солям Mn они легко выделяют $^1/_3$ своего отрицательного радикала и переходят в закисные соли.

А н а л и т и ч е с к о е о п р е д е л е н и е кобальта. А) Для к а ч е с т в е н н о г о открытия иона $Co^{\cdot\cdot}$ пользуются следующими характерными реакциями: 1) образованием желтого осадка калийкобальтинитрита (см. ниже) при действии KNO_2 в уксуснокислом растворе; 2) образованием синей комплексной соли $(NH_4)_2Co(CNS)_4$, растворимой в эфире и амиловом спирте, при действии NH_4CNS; 3) реакцией с *α*-нитрозо-*β*-нафтолом, $C_{10}H_6(NO)\cdot OH$, в уксуснокислом растворе (осадок пурпурового цвета); 4) цветной реакцией с динитрозорезорцином; 5) окрашиванием шарика сплавленной буры или фосфорнокислой соли в синий цвет и другими реакциями. Б) К о л и ч е с т в е н н о е определение кобальта удобнее всего производить, подвергая электролизу горячий (60—70°) раствор соли $Co^{\cdot\cdot}$ в присутствии сульфата или оксалата аммония, причем на катоде отлагается чистый Co, к-рый и взвешивают. При анализе металлического кобальта и его сплавов предварительно отделяют остальные тяжелые металлы, для чего: а) растворив навеску в HNO_3, осаждают сероводородом Cu, As, Sb и Bi; б) из окисленного фильтрата осаждают Fe в виде основной уксуснокислой соли; в) в присутствии избытка уксусной кислоты и $CH_3\cdot COONa$, нагрев до 70°, пропусканием H_2S осаждают Co и Ni (в растворе остается Mn); г) сульфиды Co и Ni растворяют в HNO_3, выпаривают, растворяют нитраты в воде и осаждают Ni, диметилглиоксимом (или кобальт при помощи нитрозонафтола), после чего электролизируют Co.

П р и м е н е н и е К. с. довольно ограничено. Они служат главным образом для изготовления кобальтовых красок, некоторых керамических красок и в малой степени—для гальванического кобальтирования и при изготовлении эмалирован. посуды. В СССР К. с. ввозятся в небольшом количестве для нужд стекольных и фарфоровых з-дов и как лабораторные препараты.

Отдельные представители К. с. З а к и с ь к о б а л ь т а, CoO, — порошок оливкового цвета, удельн. в. 5,68—6,70; немагнитна. Растворяется в HCl и HNO_3; на воздухе устойчива; при накаливании закись кобальта переходит в Co_2O_3 и Co_3O_4.

О к и с ь к о б а л ь т а, Co_2O_3, — коричневый порошок, уд. вес 5,18. Получается слабым прокаливанием $Co(NO_3)_2$; растворима в к-тах; при *t*° красного каления разлагается; водородом при нагревании восстанавливается в Co_3O_4 (125°), CoO (200°) и Co (250°). В недавнее время Co_2O_3 нашла применение в фабрикации изделий из эмалированного железа; перед наложением эмали на поверхности изделий образуют тонкий слой Co_2O_3 [например, погружением в раствор $Co(NO_3)_2$ и последующим прогревом при 300° для разложения соли]; такая обработка значительно повышает прочность приставания эмалей.

З а к и с ь-о к и с ь к о б а л ь т а, Co_3O_4, — черный порошок или серые кристаллики, уд. вес 5,83—6,30; не магнитна. Получается накаливанием окислов, гидратов и солей Co до 600—800°. Разлагается при темп-ре > 1 200°, образуя CoO. Растворяется только в конц. H_2SO_4; в других к-тах и царской водке не растворима. Применяется как керамическая краска для фарфора; в продажу часто выпускается под названием «окиси кобальта» (с примесями As_2O_3 или фосфорной к-ты).

Гидрат закиси кобальта, $Co(OH)_2$, темнорозовый или фиолетовый кристаллич. порошок, уд. в. 3,60. Нерастворим в воде, растворяется в к-тах (включая уксусную), в аммиаке и в избытке едких щелочей (темно-голубой раствор); легко окисляется на воздухе. Получается осаждением щелочью из горячих растворов солей кобальта.

Гидрат окиси кобальта, $Co(OH)_3$, темнобурый порошок, нерастворимый в воде и щелочах; растворяется в HCl (с выделением Cl_2) и в горячей H_2SO_4 (с выделением O_2). Образуется из $Co(OH)_2$ при действии окислителей (NaClO, NaBrO, $CaOCl_2$ и т. п.).

Сернистый кобальт, CoS, в гидратной форме—черный аморфный порошок, уд. вес 5,45; $t°_{пл.}$ >1 100°; получается осаждением из солей Co сернистым аммонием. В безводном состоянии (сплавленный)—желто-серая кристаллич. масса; в природе образует минерал сиепурит. Нерастворим в воде, растворяется в конц. HNO_3 и царской водке; при окислении дает $CoSO_4$.

Хлористый кобальт, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$,—красные моноклинические призмы; при легком нагревании теряет кристаллизационную воду, с изменением цвета соли в голубой; уд. вес 1,81; $t°_{пл.}$ 87°. Безводный $CoCl_2$—синего цвета, уд. в. 3,35; при сильном нагревании возгоняется. Растворимость в воде: при 0°—40,5 *г*, при 100°—ок. 100 *г* $CoCl_2$ в 100 *г* H_2O; растворяется также в конц. кислотах, спирте, ацетоне и этиленгликоле. Водные растворы $CoCl_2$—розового цвета; растворы в концентрирован. HCl, H_2SO_4 и спирте—интенсивно синего. Приготовляется растворением CoO, $Co(OH)_2$ или $CoCO_3$ в соляной кислоте. Один из наиболее употребительных кобальтовых препаратов в лабораторной практике.

Азотнокислый кобальт, $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, моноклиническ. призмы или пластинки красного цвета; удельн. вес 1,83; $t°_{пл.}$ 56°; гигроскопичен. Хорошо растворим в воде [при 18° — около 41% $Co(NO_3)_2$] и в спирте. Получается растворением закиси, гидрата закиси, окиси, сульфида или карбоната Co в азотной кислоте. Азотнокислый кобальт является обычным продажным препаратом кобальта; рекомендовался как противоядие при отравлениях цианистыми соединениями.

Сернокислый кобальт, $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, красные кристаллы; уд. вес 1,92; $t°_{пл.}$ 97°. Легко растворяется в воде (при 0°—24,5 *г*, при 20° — 36,4 *г*, при 70° — 65,7 *г* $CoSO_4$ в 100 *г* H_2O); очень мало растворим в спирте. В природе встречается в виде минерала биберита. Безводный $CoSO_4$ не синего, а розового цвета и имеет уд. вес 3,53. Получается растворением CoO или металлическ. кобальта в серной кислоте, а также окислением CoS на воздухе. Дает двойные соли с сульфатами Na, K и NH_4.

Углекислый кобальт, $CoCO_3$,—кристаллизуется в красных ромбоэдрах; уд. вес 4,13; при нагревании разлагается ниже $t°_{пл.}$. В воде нерастворим, легко растворяется в кислотах. Из растворимых солей Co он может быть получен (в виде $CoCO_3 \cdot 6H_2O$) путем осаждения избытком $NaHCO_3$ и CO_2 при охлаждении; осаждение содой в обычных условиях дает основные соли.

Силикаты кобальта, кремнекислые соли, темносинего цвета, образуются при сплавлении стекла с окислами Co. Они являются составной частью кобальтовых синих стекол и *смальты* (см.), употребляемой в качестве керамической краски.

Мышьяковокислый кобальт, $Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$,—красного цвета, нерастворим в воде. В природном виде представляет минерал кобальтовый цвет; искусственно получается осаждением из солей Co при помощи K_3AsO_4; при прокаливании он дает кобальтовую красную краску.

Алюминат кобальта, $CoO \cdot Al_2O_3$,—кристаллизуется в правильной системе, нерастворим в воде. Применяется в качестве синей краски.

Калийкобальтинитрит, $K_3Co(NO_2)_6 \cdot 3H_2O$,—желтый кристаллич. порошок, очень мало растворимый в воде (1 : 1120 при 17°); получение его указано в аналитических реакциях. В виде $K_3Co(NO_2)_6 \cdot H_2O$ употребляется как желтая краска.

Цианистые комплексные соли кобальта — см. *Цианистые соединения*.

Кобальткарбонил, $Co(CO)_4$ — см. *Окись углерода*.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, 9 изд., т. 2, гл. 22 и дополн. к ней, М.—Л., 1928; Handbuch d. anorgan. Chemie, hrsg. v. R. Abegg u. F. Auerbach, B. 4, Leipzig, 1921—23; Gmelin-Kraut's Handbuch der anorganischen Chemie, 7 Auflage, Heidelberg, 1907—1928; Ullm. Enz., B. 7; см. также *Кобальт*. **В. Янковский.**

КОБАЛЬТОВЫЕ КРАСКИ вырабатываются из кобальтовых руд—кобальтового блеска и шпейсового кобальта, а также из азотнокислых и хлористых солей кобальта, дающих в смеси с другими соединениями значительное число красок, разнообразных по цвету и красоте тона.

Кобальтовая желтая получается осаждением азотистокалиевой соли, подкисленной уксусной к-той, раствором закисной соли кобальта по ур-ию:

$$CoCl_2 + 5NO_2K + 2NO_2H = Co(NO_2)_3 \cdot 3NO_2K + 2KCl + NO + H_2O.$$

Полученный осадок, огненно-желтого цвета, промывают, прессуют и сушат. Кобальтовая желтая употребляется в живописи как масляная и акварельная краска; в малярном деле она не имеет большого применения, так как непостоянна к свету и к атмосферным влияниям. В торговле иногда под видом кобальтовой желтой продают желтый красильный лак, который вырабатывается из земельных красок.

Кобальтовая красная получается из мышьяковокислого кобальта, подвергаемого продолжительному нагреву при высокой темп-ре. По Гентеле, осадок кобальтовой красной получают из растворов мышьяково-кислого кобальта и щелочи. Осадок высушивают и нагревают в тиглях до высокой темп-ры, пока не получат необходимого тона. Кобальтовая красная имеет применение в живописи как масляная краска. К числу кобальтовых красных в технике относят и кобальтовую розовую, которая вырабатывается из растворов солей закиси кобальта и фосфорнонатриевой соли. Тон краски получается чище, если брать смесь магнезии и азотнокислого кобальта. Массу тщательно перемешивают до густоты, выпа-

ривают и накаливают в тигле при 300°. Кобальтовая розовая очень красива по тону и постоянна к атмосферным влияниям; тон ее тем лучше, чем тщательнее была перемешана масса перед обжигом; применяется в живописи как масляная и акварельная краска.

Кобальтовая синь получается выпариванием досуха и прокаливанием глинозема (100 час.) с закисью кобальта (10 час.). Смесь предварительно высушивают досуха, затем прокаливают при белокалильном жаре в течение 78 часов с продуванием сухого воздуха. Высшие сорта кобальтовой сини вырабатываются из химически чистого, хорошо высушенного и прокаленного гидрата окиси алюминия, к-рый смешивают с азотнокислой закисью кобальта и прокаливают. К числу кобальтовых синих красок в технике относят кобальтовую голубую и кобальтовый ультрамарин, или тенарову синь. Кобальтовая голубая получается из смеси 100 ч. оловянной соли, 100 ч. мела и 120 ч. сернокислой закиси кобальта. Массу прокаливают в тигле при белокалильном жаре до получения требуемого тона. Иногда кобальтовую голубую вырабатывают из смеси 100 ч. квасцов, 100 ч. оловянной соли и 5—10 ч. хлористого кобальта, причем квасцы не должны содержать примеси железа, так как тон краски от этого делается мутным. Массу после тщательного размешивания подвергают сильному прокаливанию в тигле, помещенном внутри другого тигля, большего объема, а пространство между ними заполняют магнезиальной смесью. Тон краски, выработанной по указанному способу, не имеет при искусственном освещении фиолетового оттенка. В технике кобальтовая голубая известна под следующими названиями: Coelin, Coeruleum и Bleu céleste. Лучшим сортом считается Bleu céleste, вырабатываемая из смеси оловянной соли, мела и соли кобальта; краска эта мелкозерниста и хорошо укрывиста. Применяется она в живописи, так как постоянна к атмосферным влияниям, щелочам и кислотам; вследствие огнеупорности применяется для росписи фарфора, стекла и керамических изделий. Тенарова синь, или кобальтовый ультрамарин, получается прокаливанием осадка, выделенного раствором соды из раствора соли кобальта и глинозема и имеющего хим. сост. $Al_2O_3 \cdot CoO$. Иногда для придания краске голубоватого оттенка прибавляют раствор соли цинка. Тенарова синь применяется в живописи как масляная и акварельная краска. Она имеет большое применение в печатании кредитных билетов, т. к. не воспринимается фотографированием; к свету и атмосферным влияниям постоянна. В торговле заграничный товар имеет марки U, FFU, MU и OU, которые соответствуют степеням чистоты и красоте тона.

Кобальтовая синь часто фальсифицируется примесью ультрамарина, свинцовых белил, мела, гипса и органич. красок; примесь последних легко узнается прокаливанием пробы краски (тон натуральной краски не должен изменяться).

Кобальтовая зелень получается из смеси окиси кобальта и окиси цинка при помощи умеренного прокаливания массы; цвет краски тем светлее, чем больше в ней окиси цинка. Кобальтовая зелень, в зависимости от способа ее изготовления, носит названия зелени Ринмана или турецкой зелени. Зелень Ринмана вырабатывается двумя способами. По первому способу берут раствор 16 ч. сернокислого цинка и 7 ч. сернокислого кобальта и осаждают раствором соды; выпавший осадок высушивают и прокаливают при высокой $t°$. По второму способу смесь растворов 1 ч. окиси кобальта, 10 ч. сернокислого алюминия и 50 ч. окиси цинка сгущают, выпаривают и прокаливают при высокой температуре. Если к смеси прибавить солей мышьяковой и фосфорной кислот, то получится краска наиболее красивого зеленого тона. В настоящее время зелень Ринмана, по Хертеру, приготовляется обжиганием 100 ч. цинкового купороса с 2,5 ч. азотнокислого кобальта. Зелень Ринмана имеет большое применение в живописи как масляная и акварельная краска; она постоянна к атмосферным влияниям, хорошо укрывиста, имеет также большое применение и в малярном деле как клеевая краска. Турецкая зелень вырабатывается тоже двумя способами—сухим и мокрым. По первому способу смесь из 60 ч. порошкообразного глинозема, 30 ч. углекислой закиси кобальта и 30 ч. гидрата окиси хрома прокаливают до желаемого тона. По второму способу осадок из растворов—40 ч. гидрата окиси алюминия, 20 ч. окиси хрома, 20 ч. сернокислой закиси кобальта и соды—фильтруют, тщательно промывают и сушат. Тон краски зависит от количества взятых солей хрома и кобальта: если больше первой, то тон краски темнозеленый, если больше второй, то голубоватый. Турецкая зелень огнеупорна и постоянна; поэтому ее применяют в живописи по фарфору, фаянсу и стеклу.

Кобальтовая фиолетовая получается осаждением соли закиси кобальта фосфорнонатриевой солью. Полученный осадок подвергают прокаливанию для перевода его в соль пирофосфорной кислоты состава $Co_2P_2O_7$. В зависимости от степени нагрева краска приобретает бледный или темный лиловый тон. Применяется она в живописи как масляная и акварельная краска, при производстве ковров и мебельных материй; к свету и атмосферным влияниям постоянна.

Кобальтовая коричневая на фабриках приготовляется двумя способами. По первому способу делают смесь из аммониевых квасцов, сернокислого кобальта и железного купороса; смесь подвергают сильному и продолжительному прокаливанию. По второму способу берут смесь из 5 ч. соли закиси кобальта, 25 ч. аммониевых квасцов и небольшого количества хлористого железа. Смесь быстро нагревают, причем атмосфера при нагреве должна быть окислительная; для этого смесь помещают в тигель, к-рый вставлен в другой, больший по объему, а пространство между ними заполняют истолченным пиролюзитом, к-рый, разлагаясь, отдает свой кислород. В зависимости от количества взятой соли железа и от нагрева краска принимает шоколадный или темнокоричневый тон. Применяется в живописи, а так-

же и в малярном деле как клеевая краска, так как постоянна к атмосферным влияниям.

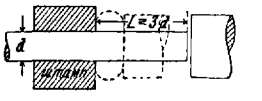
Лит.: см. *Краски минеральные.* **С. Михайлов.**

КОБАЛЬТОВЫЙ БЛЕСК, кобальтин, минерал кубич. системы; встречается в виде зернистых, столбчатых агрегатов и вкрапленников; цвет серебристо-белый, розоватый, сероватый; блеск металлический; черта серовато-черная; хрупок; тв. 5,5; удельн. вес 6,0—6,1; химический состав—$CoSAs$ (CoS_2+ +$CoAs_2$; 35,41% Co; 45,26% As и 19,33% S); небольшая часть Co обычно замещается железом. В азотной к-те К. б. растворяется с выделением серы и мышьяковистой кислоты. Перед паяльной трубкой сплавляется в королек, распространяя запах мышьяка.

Месторождения К. б. встречаются во многих местах: в Швеции (Тунаберг), Норвегии (Скуттерунд), Вестфалии (Зиген), Силезии (Квербах); в Союзе ССР значительн. залежи К. б. вместе с медным колчеданом находятся вблизи Ганджи на Кавказе. К. б.—очень ценная кобальтовая руда, она применяется для приготовления синих кобальтовых красок. См. *Кобальт* и *Спр. ТЭ*, т. I.

Лит.: Мейстер А. К., Металлич. полезные ископаемые СССР, М.—Л., 1926; Лебедев Г., Учебник минералогии, СПБ, 1907; Fay A., A Glossary of the Mining and Mineral Industry, Washington, 1920.

КОВАЛЬНО-ОСАДОЧНЫЕ РАБОТЫ, технологический процесс обработки металлов, осуществляющий такую деформацию обрабатываемого предмета, при к-рой размер его поперечного сечения увеличивается. К.-о. р.

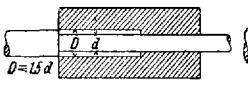


Фиг. 1.

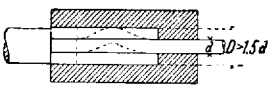


Фиг. 2.

применяются в массовом производстве (не менее 5—10 тыс. шт.) однообразных изделий или заготовок и производятся главным образом в горячем состоянии. Изготовление болтов и заклепок диаметром в 12 *мм* и ниже происходит б. ч. в холодном состоянии.

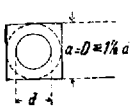


Фиг. 3.

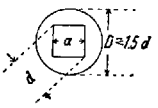


Фиг. 4.

Производство К.-о. р. предъявляет следующие требования к ковально-осадочным машинам: 1) возможно малые деформации рамы машины во время работы, 2) плотное и прочное захватывание материала и неподвижное удерживание его под давлением штемпеля и наконец 3) возможность точной настройки штампа и штемпеля.

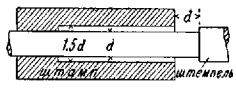


Фиг. 5.

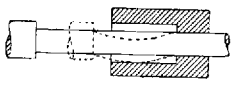


Фиг. 6.

Перечисленные выше условия выработаны практикой К.-о. р., так как техникой предъявляются к «высадкам» высокие требования точности размеров изделий. Правильн. процесс высадки обеспечивает получение прочных, с точки зрения сложения материала (макроструктуры), изделий. Обычно для высадок заготовкой является прокатанный металл разного сечения, но б. ч. круглого. Искусство работы заключается в том, чтобы металл полосы утолщался по всему сечению



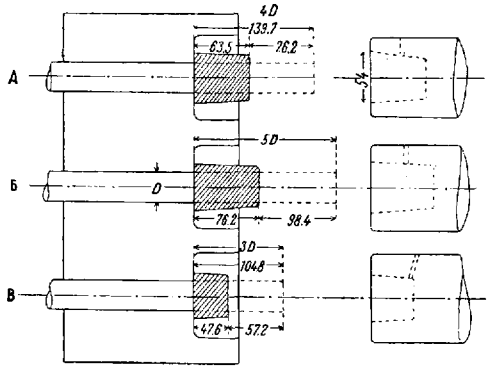
Фиг. 7.



Фиг. 8.

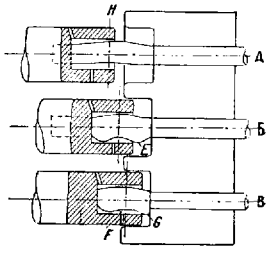
и не образовывал в высадке складок. Полученная высадка не должна быть сбита на сторону относительно центра полосы.

Опытным путем выработаны следующие правила получения удовлетворительных высадок (Е. Р. Фрост). Правило 1: максимальная длина высаживаемого конца полосы не м. б. более $3d$ полосы ($L \leqslant 3d$, фиг. 1).

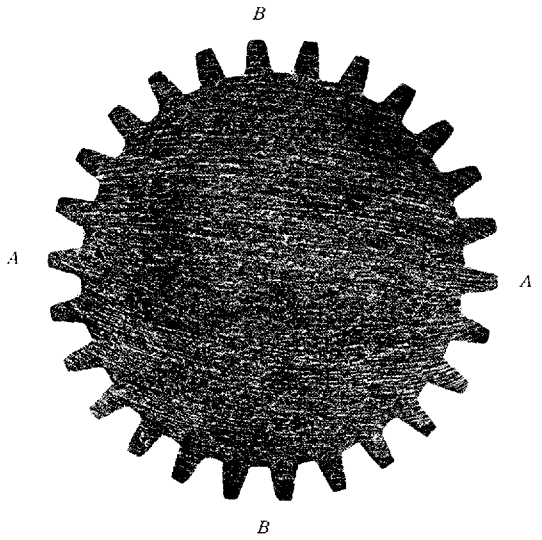


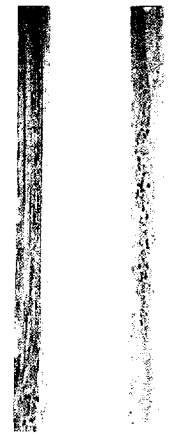
Фиг. 9.

Если не соблюдать этого правила, то будет дефектная высадка—образуется складка металла (фиг. 2). При длине высаживаемого конца большей, чем $3d$ полосы, высадка производится в закрытом ручье штампа; в таком случае применяется правило 2: в закрытом штампе можно высадить полосу до диаметра D деформированного сечения, не превышающего $1{,}5d$ исходного материала (фиг. 3). Если же это правило не соблюсти и сделать $D > 1{,}5\ d$, то получится изгиб материала, а не высадка (фиг. 4). Причина этого зажима материала в том, что в штампе по фиг. 3 изгибу полосы препятствует близ находящаяся стенка штампа, тогда как в штампе по фиг. 4 отдаленная стенка штампа не препятствует образованию зажима. На этом основании, по правилу 2, возможно применение квадратной выемки штампа по фиг. 5. Размер стороны квадрата подчиняется следующему правилу: $a\ (D) \leqslant \leqslant 1{,}5\ d$; при квадратной полосе и круглой выемке штампа (фиг. 6) $D \leqslant 1{,}5d$; здесь d— диагональ квадрата со стороной a. Правило 3: при высадке полосы в закрытом ручье штампа выступающий из штампа ко-

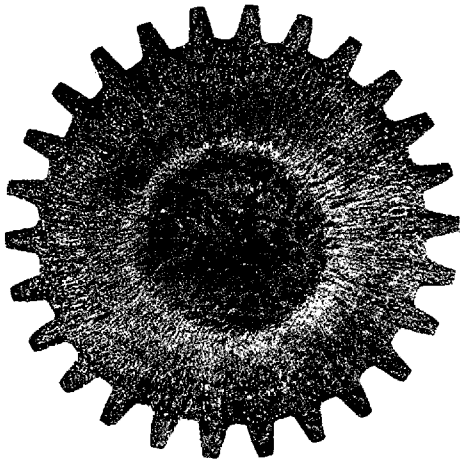


Фиг. 10.





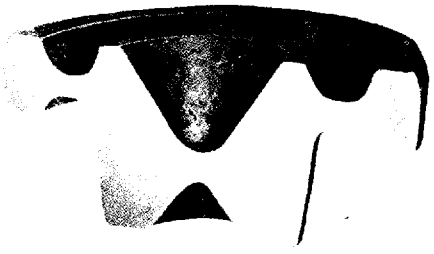
1



2



3

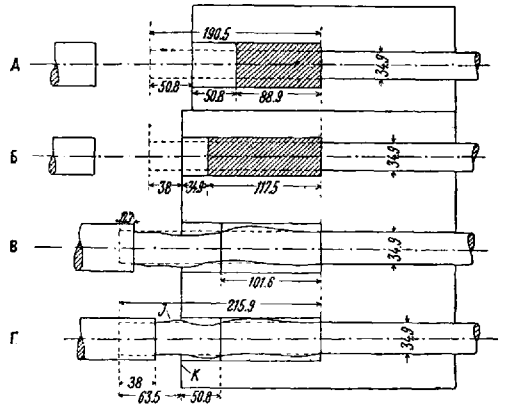




5

1. Шестерня, изготовленная из металла, прокатанного в направлении *AA*. 2 и 3. Шестерня, изготовленная из прокатанного металла, высаженного перпендикулярно направлению прокатки. 4. Штампованная деталь, вес 5 *кг*. 5. Высадка, вес 4,2 *кг*.

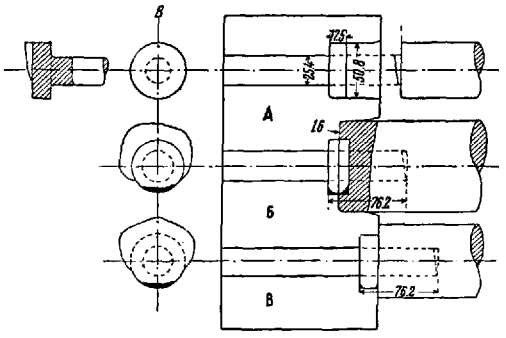
нец полосы должен иметь длину не более $1d$ (фиг. 7). Если выпущенный конец будет длиннее или диаметр полости больше 1,5 d,



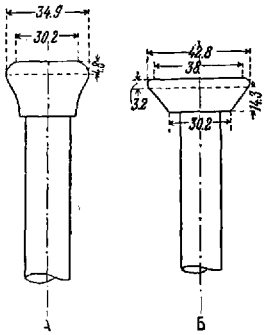
Фиг. 11.

то штемпель вместо высадки согнет полосу, как указано на фиг. 8.

Высадка штемпелем по правилу 1 может образовать только круглую головку, но не фасонную, поэтому свободная высадка конца производится редко; по большей части она производится в закрытом ручье (т. е. по правилу 2). Полость закрытого ручья может помещаться или в штампе или в штемпеле. Если она находится в ш т е м п е л е, то для проектирования переходов высадки надо задаваться: 1) длиною свободного неподдерживаемого конца полосы и 2) диаметром полости. Фиг. 9 является примером выбора этих двух заданий. На фиг. 10 показаны три стадии образования высадки конца полосы длиною в $5D$ (фиг. 9, Б). При первом продвижении штемпеля изгиб получится в точке H (фиг. 10, А), которая лежит внутри полости штемпеля, а поэтому и не опасный; но при дальнейшем продвижении второй изгиб будет в точке E (фиг. 10, Б), которая

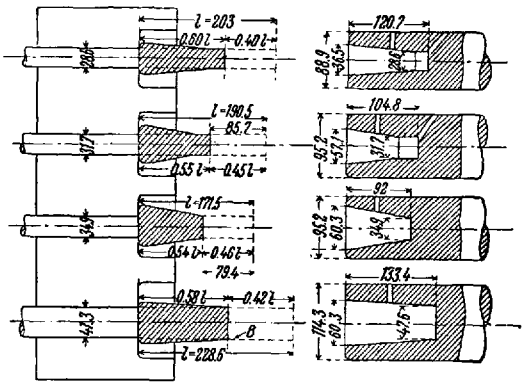


Фиг. 12.



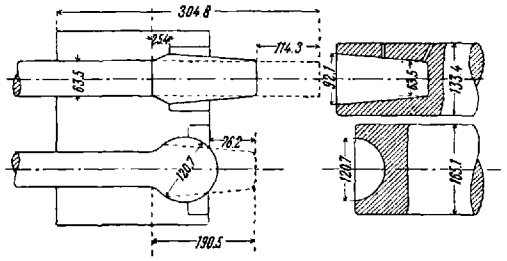
Фиг. 13.

лежит на краю полости штемпеля, а потому в окончательной высадке металл вытечет в точке G, образуя заусенец и незаполненное место в точке F (фиг. 10, В). Калибровка по фиг. 11 образует хорошую высадку даже при наличии выступающего конца



Фиг. 14.

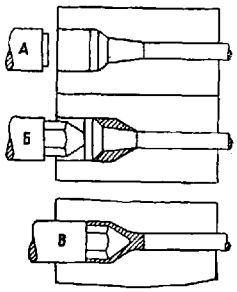
полосы длиною, равною 1,5 d. На образование хорошей высадки влияет размер диаметра полости штемпеля ($< 1{,}5\ d$). При помещении полости в ш т а м п е, а не в штемпеле, выступающая длина должна быть меньше 1,5 d, лучше (как изложено в правиле 3), если она равняется 1 d. На фиг. 11 А, Б пока-



Фиг. 15.

зан процесс высадки свободного конца длиною менее 1,5 d, а на фиг. 11, В, Г—более 1,5 d. Из фиг. 11, Г видно, что в точке J получается опасный изгиб, который образует в высадке заусенец.

Следовательно как правило, выработанное на основании опыта, можно установить, что выступающая из полости длина высаживаемого конца д. б. $\leqslant 1{,}5 \div 2\ d$ при полости закрытого ручья в штемпеле и $\leqslant 1 \div 1{,}5\ d$ при полости — в штампе.

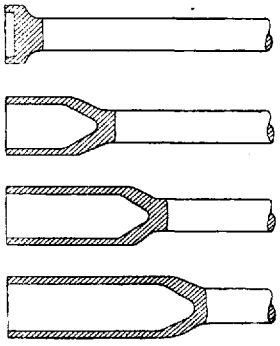


Фиг. 16.

Косо обрезанный конец высаживается удовлетворительно только при длине менее $3\ d$ (фиг. 12, А), при большей длине (фиг. 12, Б, В) образуется заусенец. Неравномерно нагретый конец образует высадку с выпуклым краем, что иногда ведет к браку изделия. На фиг. 13, А показана первая стадия, а на фиг. 13, Б показана вторая стадия высадки неравномерно нагретого конца.

Образование высадки у углеродистых сталей удается легче, чем у легированных с тем же содержанием углерода. Наибольшей ковкостью обладает мягкое железо.

Очень важной целью высадки является максимальное собирание материала за один ход штемпеля, притом в такой форме, которая обеспечивала бы удачную высадку в следующих переходах. Наиболее удобной формой является коническая высадка.



Фиг. 17.

На фиг. 14 приведены образцы предельных высадок как по длине полосы, так и по диаметру отверстия полости штемпеля. Из рассмотрения этих фигур можно заключить, что для получения удовлетворительных, т. е. без заусенцев, высадок требуется: 1) чтобы глубина полости в штемпеле была больше неподдерживаемой части полосы; 2) чтобы величина диаметра полости у конца штемпеля, обусловливаемая всей длиной высаживаемой полосы, не была более 2 d полосы даже при высадке короткого конца. Таким образом из этих опытов следует, что толщина полосы влияет на длину могущего быть высаженным конца.

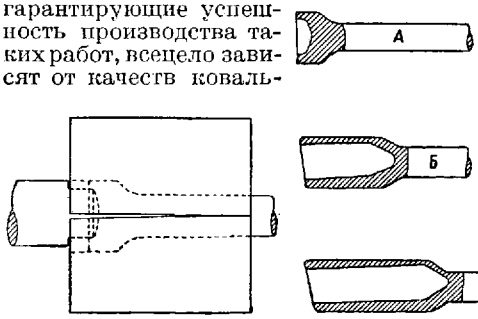
Для образования конической высадки в указанных выше условиях выработаны такие правила.

Хорошая высадка образуется

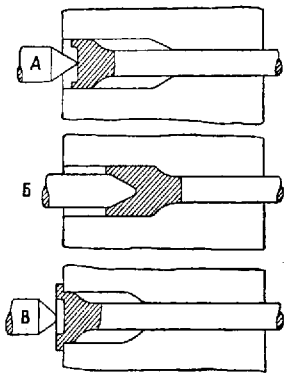
для полосы ⌀ 6 *мм*	при длине конца	макс.	4 d
» » » 10 »	»	»	»	5 d
» » » 12—20 *мм* »	»	»	»	5÷6 d
» » » 25 *мм*	»	»	»	6 d

На фиг. 15 приведен пример образования шаровой заготовки для дальнейшей штамповки, с указанием всех размеров штампов.

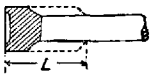
На ковально-осадочных машинах очень удобно получать полые изделия. Условия, гарантирующие успешность производства таких работ, всецело зависят от качеств ковально-осадочных машин. Машина должна обладать мощным зажимным приспособлением и обеспечивать очень точную настройку штампа и штемпеля. Этому требованию удовлетворяют только последние модели машин (1928—29 годов). Метод работы ясно виден из фиг. 16. Первый переход является высадкой с маленьким углублением. Точное центрирование этого углубления гарантирует точное направление штемпеля во всех дальнейших переходах. Из фиг. 17 видно, что: 1) стенка предыдущего перехода является направляющей для штемпеля; 2) длина образующейся трубчатой полости не увеличивается при прошивке, т. е. объем пустоты штампа, заштрихованный на фигуре 16,Б, должен быть равновелик объему штемпеля. Если зажимы штампа—недостаточной мощности, то при прошивке они могут раскрыться (фиг. 18); тогда получается неравностенная полость в первом переходе (фиг. 19, А), которая образует косое направление для следующих переходов (фиг. 19, Б), и поэтому дальнейшие прошивки дадут брак (фиг. 19, В), а штемпель может согнуться или даже сломаться. Если зажимное устройство штампа слабо, то под действием штемпеля полоса может сдвинуться (фиг. 20, А), и тогда штемпель будет высаживать полосу (фиг. 20, Б) и погружаться в металл, а не раздвигать его. Поэтому для большей надежности придают первому переходу форму, которая изображена на фиг. 20, В, т. е. делают небольшой фланец (если он не нужен, то в последней операции его можно срезать как заусенец). Правило 1, «свободного конца», в этих операциях остается в силе. Длина L свободного конца не должна быть более 3 d, лучше 2 d, т. е. $L \leqslant 3\,d$ (фиг. 21), иначе получатся изгибы (фиг. 22).



Фиг. 18. Фиг. 19.

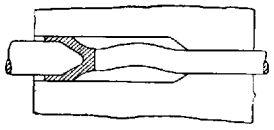


Фиг. 20.



Фиг. 21.

Форму штемпелям для первой прошивки придают коническую с углом 60° (фиг. 23, А). Если нужно иметь форму в виде стакана с прямым дном (фиг. 24), то это достигается последовательной формовкой разными штемпелями, причем штемпелями, применяемыми для этой работы, прошивку не производят. На фиг. 25 приведен один из примеров изготовления разнообразных деталей с прошивкой дыры.

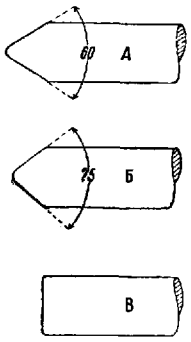


Фиг. 22.

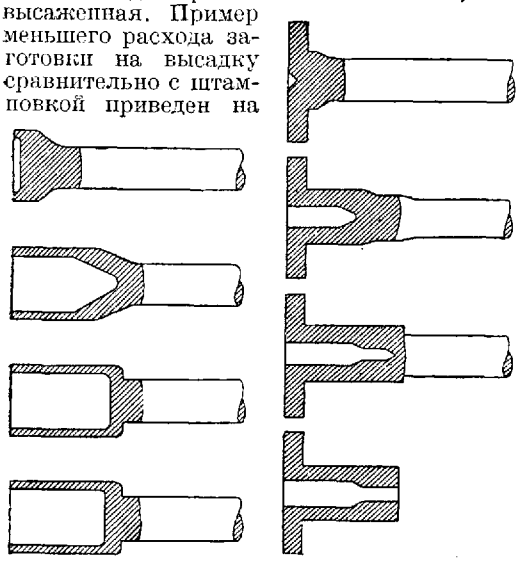
К.-о. р. обеспечивают максимальный выход из заготовки (особенно трубчатых изделий) и очень большое количество в штуках; следовательно К.-о. р. применимы только для массового производства, а для серийных или индивидуальных поковок этот метод невыгоден и неудобен.

Метод К.-о. р. применяется гл. обр. для конструкционных частей, изготовляемых из машиноподелочной стали, т. е. содержащей не более 0,3% С. При таком содержании углерода сталь содержит феррит в виде избыточной структурной составляющей. При

прокатке феррит вытягивается в длинные волокна, образуя волокнист. структуру, обладающую высоким ударным сопротивлением вдоль прокатки и низким поперек. От многих деталей требуется высокое сопротивление в двух взаимно перпендикулярных направлениях, что возможно только при определенном направлении волокон стали. Например зубец *А* шестерни значительно прочнее на удар по сравнению с зубцом *В* (вкл. лист, фиг. 1). Эта шестерня изготовлена из металла, прокатанного в направлении *АА*. На фиг. 2 и 3 вкладного листа приведен пример аналогичной шестерни, полученной из прокатанного металла, но высаженного перпендикулярно направлению прокатки. Прочность всех зубьев здесь одинакова, так как направление волокон везде имеет направление радиальное. Сравнение фиг. 1 и 2 вкл. листа показывает, что вырезанная из сплошной прокатанной заготовки шестерня имеет менее выгодное расположение волокон, чем высаженная. Пример меньшего расхода заготовки на высадку сравнительно с штамповкой приведен на фиг. 4 и 5 вкл. листа, причем штампованная деталь имеет вес 5 *кг*, а высаженная—4,2 *кг*; особенно уменьшает вес прошивка дыры. Следовательно К.-о. р. не только обеспечивают выгодность производства, но и гарантируют прочность изделия, недостижимую при других методах производства.



Фиг. 23.

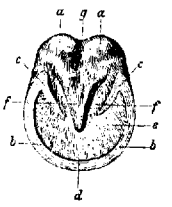

Фиг. 24.

Фиг. 25.

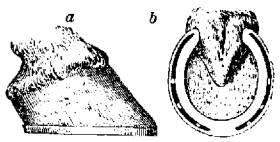
Лит.: Грачев К., Ковочное производство, Москва—Ленинград, 1930; «Machinery», L., 1926—28; Woodworth J. V., Die Werkzeuge und Arbeitsverfahren der Pressen, 2 Auflage, Berlin, 1926; Fuchs O., Schmiedehämmer, Berlin, 1922; Preger E., Die Bearbeitung d. Metalle in Maschinenfabriken, B. 1—Das Schmieden und seine verwandten Arbeiten, Lpz., 1926; Schriften d. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure, B. 4—Spanlose Formung, Berlin, 1926; Pockrandt W., Mechanische Technologie für Maschinentechniker, Berlin, 1929; Schweissguth P., Schmieden u. Pressen, Berlin, 1923; Schweissguth P., Freiformschmiede, Werkstattbücher, hrsg. v. E. Simon, H. 11, 12, B., 1922—23; Schweissguth P., Gesenkschmiede, ibid., H. 31, Berlin, 1926; «Maschinenbau», B., 1926, Sonderheft 3 u. 19; Kaessberg, Einfluss d. Schmiedens auf d. konstr. Gestalt, ibid., 1927, H. 16/17.
К. Грачев.

КОВКА ЖИВОТНЫХ. Процесс ковки состоит в прикреплении к копытам металлических подков, к-рые предохраняют роговые башмаки конечностей от порчи. Больше всего распространена ковка лошадей, ослов и мулов, реже применяется она для крупного рогатого скота, но все же имеет место для волов, что делает их работоспособными при гололедицах и при движении по горным дорогам. Лошадь без подков остается лишь временно, напр. на пастбище, на время случной кампании или лечения копыт, вообще же, как правило, лошади, несущие работу, д. б. подкованы.

При ковке необходимо соблюдать целый ряд основных правил: 1) прежде всего нужно правильно обрезать копыто, чтобы подошва и стрелка остались почти незатронутыми обрезкой, но в то же время с них нужно счистить слой испорченного и дряблого рога; 2) стрелочные борозды слегка очищают копытным ножом от грязи, причем обрезают только край наружной стенки; 3) пригонка края копыта к подкове д. б. сделана только при помощи ножа и рашпиля, причем пригоняют к холодной подкове, так как горячие подковы сильно портят рог; 4) при прилаживании подковы подбирают наиболее подходящую к данному копыту; 5) гвозди, прикрепляющие подкову, пропускают подальше от мясн. частей копыта, захватывая рог настолько, чтобы подкова держалась совершенно прочно; 6) предпочтительно делать винтовые шипы, избегая т. о. слишком частой перековки лошади; 7) наружный край подковы не должен выступать за край рога, и лишь в пяточной части допускается незначительное удлинение; 8) форма подковы, ее вес и величина обусловливаются сортом лошади, временем года и индивидуальными особенностями копытного рога у данного экземпляра. Для общей ориентировки на фиг. 1 показана подошва передней ноги: *a*, *a*—пятки, *b*, *b*—наружный край наружной стенки, *c*, *c*—углы наружной стенки, *d* — белая линия, *e*—собственно подошва, *f*, *f*, *g*—борозды стрелки. На фиг. 2 изображено правильно подкованное копыто: *a*—вид сбоку и *b* — вид снизу.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Вес подков для лошадей разного назначения следующий: для верховой лошади — от 308 до 616 *г*, упряжной—от 800 до 1 000 *г*, скаковой—200 *г*. Для ковки призовых лошадей употребляются специальные подковы. Так например американские скаковые подковы делаются из стали с сечением в форме трапеции вышиной в 3 *мм*, шириной 9 *мм* на верхней поверхности и 6 *мм* на нижней.

Эти подковы — без шипов, вместо которых к подкове приварена пластинка в виде неотточенного ножа, перпендикулярного нижней поверхности подковы. Лошади на таких подковах очень опасны для других лошадей, которым они могут наносить серьезные повреждения, почему иногда ковка на такие американские подковы запрещается. В интересах наибольшей легкости подков для скаковых лошадей материалом для их изготовления кроме железа служит иногда алюминий с мельхиором, алюминий с медью и даже папье-маше.

Для рысистых лошадей подковы изготовляются из лучших сортов железа или же из стали, от 100 до 400 *г* весом. Столь значительные колебания в весе объясняются огромной важностью ковки в деле развития полной резвости рысаков. Как форма, так и вес подков индивидуализируются не только для отдельных лошадей, но и для каждой ноги в отдельности. При ковке рысака целесообразно руководствоваться характером скашивания подков предшествующей ковки.

Наиболее сложные вопросы ковки возникают при разных неправильностях в сложении копыт и при копытных болезнях, наблюдаемых у лошадей; в таких случаях ковкой всегда должен руководить ветеринарный врач. В нашей деревенской обстановке вопросы ковки разрешаются местными кузнецами чрезвычайно неудовлетворительно. Было бы совершенно необходимо провести всех деревенских кузнецов через краткосрочные курсы, использовав для этой цели участковых ветеринарных врачей, т. к. подавляющее число копытных заболеваний происходит именно вследствие дефектов ковки.

Кроме правильной ковки для сохранения прочности рогового башмака необходим также и хороший уход за копытами: поддержание правильной формы рогового башмака и предохранение рогового вещества от разрушения путем сохранения присущей ему упругости. Роговое вещество легко теряет и поглощает влагу, делаясь то более сухим и ломким, то более упругим, вследствие чего поддержание в роге нормальной влажности, при которой он наиболее прочен, является одной из важных мер по уходу за копытом. Летом в сухое время необходимо ежедневное обмывание копыт, в особенности же хорошо влияет на рог утренняя пастьба лошадей по росе. От времени до времени желательна смазка копыт каким-нибудь жиром, напр. свиным, к-рый одинаково полезен как в сухое время года, предохраняя копыто от высыхания, так и в мокрое, не позволяя рогу впитывать излишнее количество влаги. Т. к. многие болезненные расстройства вызываются грязью, накопляющейся около стрелки и в ее бороздах, то очень важно содержать лошадь в конюшне на сухом ложе, а вечером ежедневно очищать стрелки и борозды тупым куском железа или твердой щеткой.

При изнашивании подков или отдельных их частей лошадь приходится перековывать, что обыкновенно делается через каждые $1^1/_2$—2 месяца. Чтобы поддерживать ковку в исправности, нужно по временам производить осмотр подков и устранять замеченные частичные недостатки (выпавший гвоздь, износившийся шип), а также наблюдать за характером изнашивания всей подковы.

Лит.: Ланг енбахер Л., Теория ковки. Курс учебной кузницы, 9 изд., М.—Л., 1926. **Е. Лискун.**

КОВКИЙ ЧУГУН, отливки из белого чугуна, которые процессом отжига (томления) изменяют имеющуюся форму углерода и одновременно в большей или меньшей степени обезуглероживаются, причем из твердых и хрупких становятся, в определенных пределах, вязкими, ковкими и легко обрабатываемыми. К. ч., имеющий большое применение в с.-х. машиностроении и в изготовлении замков, ключей, фиттингов, кронштейнов, получил за последние годы широкое распространение, заменяя в настоящее время большинство мелких стальных отливок в автостроении. Причины быстрого распространения К. ч. за счет фасонного стального литья следующие: чугун более жидкоплавок, чем сталь, требует низшей $t°$ для своего расплавления и поэтому дает возможность более легкого получения из него отливок, даже самых мелких и тонкостенных.

Различают америк. и европ. способы изготовления К. ч. Основное различие между ними заключается в следующем. При американском способе К. ч. получается отливкой из пламенных печей и отжигом или дуплекс-процессом (вагранка — электропечь) в нейтральн. среде. Единственно желательной реакцией является $Fe_3C = 3Fe + C$, причем удаление С путем окисления не обязательно. Американск. К. ч. имеет излом бархатисто-черный, с тонкой наружной серой каймой; характеризуется по сравнению с европейским более низким содержанием С и S и при одинаковом поперечном сечении отливки имеет структуру более равномерную и мелкозернистую. Структура состоит из углерода отжига и феррита с незначительными включениями перлита. В американском ковком чугуне углерод отжига больше, чем в европейском.

Получение европ. К. ч. связано с непременным окислением С карбида железа путем отжига в окислительной среде; К. ч. имеет серебристый излом и получается обычно отливкой из вагранки; структура состоит из С отжига, перлита, феррита и часто в центре излома неразложившегося цементита.

Состав сырого и К. ч. Для изготовления К. ч. наиболее пригоден шведский чугун древесноугольной плавки, но с успехом применяются также и хорошие сорта чугуна коксовой плавки. Состав сырого чугуна может колебаться в следующих пределах:

C	— от 2.8 до 3,1%	P	— не больше 0,2%
Si	— » 0.6 » 0,8%	S	— » » 0,1%
Mn	— не больше 0,4%		

В состав К. ч. входят (в %):

	Америк. К. ч.	Европ. К. ч.
C	2,3 — 2,8*1	2.8—3,3
Si	0,6 — 1,0*2	0,45—0,80
Mn	0,1 — 0,4	0,15—0,30
P	0,07 — 0,2	0,07—0,2
S	0,01 — 0,07	0,08—0,35

Содержание Si должно находиться в обратном отношении к содержанию С и толщине стенок отливок. При плавке в пламенных

*1 Для очень тонких изделий—3%. *2 Для очень тонких изделий—1,25%.

печах рекомендуется C+Si держать в следующих пределах:

Литье с толщ. стенок в *мм*	3—6	6—12	12—18
%-ное содержание C+Si . .	3,60	3,30	3,00

Свойства К. ч. Америк. К. ч. должен иметь временное сопротивление на разрыв σ_k, равное 35 *кг/мм*^{2}, и удлинение λ свыше 10% (при длине образца в 50 *мм*); европ. обыкновенный — соответственно σ_k, равное 30 *кг/мм*^{2}, и λ, равное 2%, и повышенной прочности σ_k, равное 35 *кг/мм*^{2}, $\lambda > 3\%$. Испытание производится на неотожженных круглых образцах с ⌀ обычно равным 12,5 *мм*. Временное сопротивление на разрыв и удлинение тем меньше, чем выше содержание C и Si; увеличение C на 0,01% понижает σ_k на 0,014 *кг/мм*^{2} при C=2,35% и на 0,052 *кг/мм*^{2} при C=3,25%. Предел пропорциональности америк. К. ч. равен $^1/_3$, а предел текучести—$^2/_3$ сопротивления δ_k; модуль упругости при растяжении—176 000 *кг/см*^{2}, при сжатии—15 500 *кг/см*^{2}. Испытание на удар производится на клинообразном образце длиной 152 *мм* с размерами толст. конца 23×13 *мм* и тонкого 23×1,5 *мм*. Брусок должен выдержать 20 ударов силою в 10 *кгм* и не сломаться ближе, чем на 47 *мм* от толстого конца. Твердость по Бринелю К. ч. колеблется в пределах 115÷135. К. ч. имеет усадку в литье ок. 2%; при отжиге происходит расширение металла на 0,5—1%. Это обстоятельство надо принимать во внимание при изготовлении моделей. Конечная усадка зависит и от формы изделия. При точных отливках, как например звеньев транспортных цепей, следует изготовлять пробные отливки для измерения усадки. Удельн. вес К. ч. 7,25—7,45, электросопротивление ≅ 0,0000295 Ω-*см*. Потери на гистерезис очень малы, причем коэфициент $\eta = 0{,}00136$. При нагреве выше точки A_{r_1} К. ч. полностью меняет свои свойства, и поэтому его нельзя нагревать выше этой точки. Длина при нагреве изменяется по след. ф-ле:

$$l_t = l_0 (1 + 0{,}000036t + 0{,}000000125t^2).$$

Теплоемкость меняется в пределах от 0,11 при 23° до 0,165 при 426°.

Плавильные печи. В Америке переплавка чугуна ведется почти исключительно в пламенных печах (вагранка—только при производстве фиттингов); в Европе широко применяется *вагранка* (см.), однако в последнее время она также заменяется мартеновскими и отражательными печами. Помимо этих способов с успехом применяются комбинированные способы плавки: вагранка—бессемер, вагранка—электропечь и вагранка—бессемер—электропечь (триплекс-процесс). В качестве топлива для плавки применяют: каменный уголь, генераторный газ, нефть и—в последнее время широко—пылевидное топливо. Печи строятся емкостью от $^1/_4$ (печь «Мечта») до 30 *т*. В малых печах регулировка хода плавки труднее, чем в больших. В отражательных печах расход каменного угля, состава 0,5—0,75% S, 5,5—6,5% золы и 0,6—1% влаги, колеблется, в зависимости от производительности и конструкции печи, в пределах от 225 до 545 *кг* на 1 *т* садки, составляя в среднем 35% от веса литья. При отоплении угольной пылью необходимо употреблять высококачественный уголь с содержанием S менее 1%; уголь должен предварительно просушиваться. В отражательных печах площади пода и колосниковой решетки соответственно должны быть равны 1,235 и 0,23 *м*^{2} на 1 *т* садки. Емкость металлоприемника—0,18 *м*^{3} на 1 *т* садки. Обычно длина металлоприемника находится в пределах от 4,25 до 8,25 *м*. Последний делается из кислой набойки. Глубина ванны 0,13—0,23 *м*, ширина печи 1,5—1,8 *м*; у 20-тонной печи под имеет длину 13,72 *м*. При пылевидном топливе для хорошо работающих печей длина пода печи должна относиться к его ширине как 3 к 1. Пламенные печи имеют обычно два или даже три выпускных отверстия: верхнее—для более нагретого, нижнее—для остальной части металла. Высота заднего порога над зеркалом металла—50—100 *мм*. Наклон подины от заднего порога к выпускному отверстию—20 *мм* и от топочной стенки—30 *мм* на 1 *п. м*. Радиус свода—ок. 3 *м*; кладка свода—часто в съемных железных рамах. Средняя высота над подом с обеих сторон ≅ 600 *мм*. На 1 *т* жидкого металла в среднем расходуется 15,4 *кг* огнеупорного кирпича. Температура чугуна в печи 1 300—1 380°, пламени над порогом 1 380°, под сводом 1 650—1 670°. Кпд отражательной печи ≅ 7,8%. При комбинированном способе плавки (вагранка—бессемер—электропечь) продувкой в конвертере и рафинировкой в электропечи можно по усмотрению понижать содержание S и C. Триплекс-процесс позволяет делать 10—12 плавок в сутки, весом от 5—7 до 8—15 *т* каждая. Расход тока на 1 *т* жидкого металла—120—140 kWh.

Больше шансов на распространение имеет америк. способ завода Шевроле в Сагинау (Malleable Iron Foundry), так наз. дуплекс-процесс, введенный в 1926 г. При дуплекс-процессе чугун плавится в вагранке и затем перегревается или рафинируется (для удаления серы) в течение 10—15 минут, в электрич. печи. В литейной К. ч. в Сагинау плавят чугун в трех вагранках с производительностью 16 *т/ч* каждая и перегревают затем его в 2 электропечах Мура емкостью в 3 *т* каждая. Средний состав шихты в вагранке следующий: 25% обрезков рельсов, 20% стальных отходов из кузнечной, 17,5% собственного скрапа чугуна, 10% брикетированного скрапа, 18% бессемеровского К. ч., 10% чугуна кремнистого (до 3% Si), затем—небольшие количества ферромарганца и ферросилиция. Чугун из вагранки выпускается в ковш, емкостью до 8 *т*, с одновременной добавкой ферросилиция (~ 5 *кг*). Затем из ковша чугун переливают порциями в 2,5—3 *т* в трехтонные электропечи. Расход электроэнергии составляет 120 kWh на 1 *т* чугуна. Дуплекс-процесс очень производителен и экономичен (в особенности при конвейерной работе) благодаря возможности вводить в шихту значительный % стального скрапа (до 45—50%); но последний не должен содержать таких примесей, как хром, даже небольшие количества которого (свыше 0,08%) парализуют действие последующего отжига.

Отжиг. При отжиге в окисляющих веществах (смесь красного железняка или

окалины из-под молотов или прокатных валиков с бывшей в употреблении рудой) рассчитывают, чтобы отношение содержания в них Fe_2O_3 к FeO не превышало 1 : 9. Темп-ра отжига при америк. К. ч. лежит в пределах 818 ÷ 960°, при европейском—900 ÷ 1 050°. Продолжительность отжига зависит от химического состава, толщины стенок отливок и $t°$ отжига. В хорошо работающих печах, при америк. способе, наивысшая $t°$, 870—925°, достигается через 30 час. и поддерживается в течение 45 ч.; затем следует охлаждение до критич. точки A_{r_1}, выдержка при этой $t°$ в течение 35 ч. и охлаждение печи—5 ч., всего 115 ч. Этим кратчайшим временем обходятся только самые малые установки; за нормальное время для отжига, включая загрузку и выгрузку, можно принять 6—7 суток; при европ. способе процесс удлиняется на 1,5—2 дня и более. Содержание Si в чугуне сильно влияет на продолжительность отжига. Так, чугун с 0,6% Si (C от 2,35%) при $t°$ 816° требует 130 часов выдержки, тогда как при 0,9% Si (2,45% C) при той же $t°$ требуется всего 35 часов. Скорость охлаждения играет важную роль для получения доброкачественного К. ч.; она м. б. наибольшей в области высоких темп-р и при повышенном содержании Si; в интервале же критической $t°$ скорость охлаждения при американском способе регулируется в пределах от 2,5 до 5° в час. В Европе ведут охлаждение в этом интервале со скоростью 8—10° в час, что является чрезмерным. По америк. данным, для чугуна состава 2,7% C, 0,82% Si, 0.21% Mn, 0,05% S и 0,086% P рекомендуются след. скорости охлаждения:

В области	$t°$ 927—875°	14 —20°	в час
» »	» 875—816°	ок. 14°	» »
» »	» 816—760°	5,5— 8,5°	» »
» »	» 760—704°	2,5— 5,0°	» »

Отжиг производится обычно в чугунных ящиках с нормальными размерами: длина 375—400 *мм*, ширина 450—600 *мм*, высота 300—350 *мм*, толщина стенок от 20 до 30 *мм*. Емкость таких ящиков—около 190 *кг* отливок. Иногда ящики делают круглыми; последние меньше коробятся, но они не так удобны в использовании. При америк. способе ящики выдерживают 12—15 нагревов, при европейском от 5 до 7. Стойкие ящики должны изготовляться из белого чугуна или специальных сплавов; присадка 0,2—0,6% хрома значительно повышает срок их службы в тоннельных печах, при американском ковком чугуне ящики выдерживают до 30—50 нагревов.

Печи для отжига строятся или выше уровня заводского пола или ниже; первые—обыкновенно с выдвижным подом, вторые—со съемным сводом. Печи вмещают от 50 до 350 шт. ящиков, при укладке в 3—4 ряда по высоте. Самые большие печи имеют площадь основания 56 $м^2$ при высоте 2—2,7 *м* и вмещают от 30 до 60 *т* литья, средние—ок. 15 *т*, малые—до 5 *т*. Печи отапливаются теми же видами топлива, как и при плавке чугуна. В новейшее время пользуются большим успехом тоннельные печи. Принцип работы в них состоит в том, что тележка, нагруженная ящиками с отливками, проходит тоннель длиной ок. 90—100 *м*, причем скорость движения регулируют так. обр., чтобы обеспечить изделиям необходимое пребывание в тоннеле. Топки располагаются в местах, где требуется наивысшая $t°$, и продукты горения используются затем для нагрева ящиков при их поступлении в печь и для предварительного нагрева воздуха для горения. В последн. конструкции тоннельной печи Дресслера топки устроены таким образом, что продукты горения не приходят в соприкосновение с ящиками, благодаря чему укладка отливок в ящики происходит без упаковки их в специальные окислительные или нейтральные материалы. Расход топлива в этих печах составляет 18—20%, тогда как в печах обыкновенного типа он достигает 50—100% веса литья. Суточная производительность тоннельных печей 45—60 *т*.

Лит.: Гавриленко А. П., Механич. технология металлов, ч. 2, Литейное дело, вып. 2, М.—Л., 1926; Мамлеев А., Производство изделий из ковкого чугуна, М.—Л., 1924; ОСТ 580; Leber E., Die Herstellung d. Tempergusses u. d. Theorie d. Glühfrischens, B., 1919 (обширная иностр. журн. литература); Geiger C., Handbuch d. Eisen- und Stahlgiesserei, B. 1—3, Berlin, 1925—28; Osann B., Lehrbuch d. Eisen- u. Stahlgiesserei, Lpz., 1922; Oberhoffer P., Das technische Eisen, 2 Aufl., B., 1925; Moldenke R., The Production of Malleable Castings, Cleveland, Ohio, 1911. **Г. Троицкий.**

КОВОЧНЫЕ МАШИНЫ, см. *Пресс.*

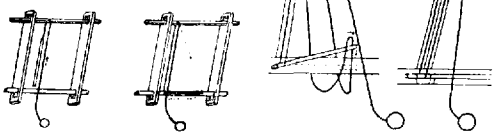
КОВРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО. I. Ковры ручной работы (восточные). Ковры ручной работы были известны еще в древности и особенно большое распространение получили на Востоке. Хотя в Европе с течением времени возникло фабричное механическое производство ковров, но эти изделия не могли вытеснить восточных ковров ручной работы, в виду исключительной художественности последних, а равно и их преимуществ в отношении материала, окраски и ткацкой техники. И в настоящее время восточные ковры служат предметом значительного ввоза в Зап. Европу и даже Америку.

Восточные ковры представляют собою плотные шерстяные ткани, в большинстве случаев прямоугольной формы, с рисунком замкнутой композиции. Материалом, из которого делаются восточные ковры, служит шерсть среднеазиатских и кавказских овец. Наиболее тонким сортом считается шерсть овец Восточного Туркестана, откуда она вывозится в другие страны коврового производства. Туркестанская тонкая шерсть (подшерсток), которая вырастает под длинной грубой шерстью, снимается весной и дает очень нежную шелковистую пряжу. Для отбелки ее промывают с толченым порошком растения хубе (Acanthophylum squarrosum) и окуривают серой. Очень важным фактором, создавшим восточным коврам их славу, является окраска, гл. образом растительными веществами—индиго, марена, куркумой, крушиной и др.

Техника ткачества в ручном К. п. сама по себе не сложна и состоит из простого полотняного переплетения, выполняемого на примитивнейших станках. Но эта примитивность предъявляет особенные требования к искусству и навыку ткача, так как при несовершенстве станка легко искривить основу, неправильно сбить гребнем ткань и плохо постричь поверхность ковра. На фиг. 1—13 изображены способы закладыва-

ния основы, образования ремиза, пропускания утка и вязки узлов.

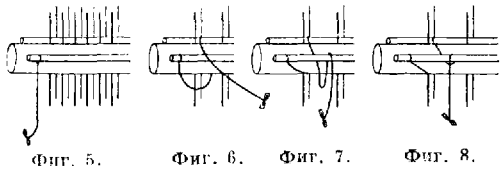
Ковровое производство особенно широко развито на Кавказе и в Средней и Малой Азии; азиатские ковры наиболее известны на мировом рынке. Из кавказских ковров наиболее известны дагестанские: сумахи—односторонние паласы размером 15—20 и даже до 30 $м^2$; двусторонние темир-хан-шуринские паласы («думы»); табассарские ковры с ворсом (их качество понижено анилиновой окраской) и наконец джиджимы — тонкая



Фиг. 1. Фиг. 2. Фиг. 3. Фиг. 4.

Фиг. 1.—Начало закладывания нити основы через палочку около навоя, т. е. около нижней скрепы станка или нижней рамы. Фиг. 2.—Перекидка основной нитки через верхнюю скрепу станка или верхнюю часть рамы. Прохождение нити под нижней скрепой навоя и обхватывание палочки, укрепляющей основу, для поворота нити вверх или вниз,—разделение нитей на задние и передние нити основы, из которых передние служат для тканья, а задние представляют собой продолжение основы. Фиг. 3.—Образование поворота для задней стороны основы. Фиг. 4.—Образование поворота для передней стороны основы.

ковровая односторонняя и двусторонняя ткань очень высокого качества, служащая для покрывал и обивки мебели. Из азербайджанских ковров интересны кубинские ковры, чрезвычайно тонкой выработки, но небольших размеров (не более 3 $м^2$). Далее, известны бакинские и джаватские ковры,

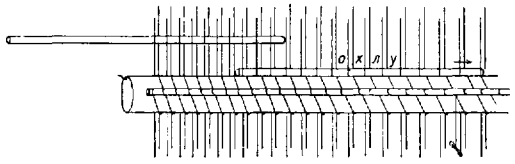


Фиг. 5. Фиг. 6. Фиг. 7. Фиг. 8.

Фиг. 5.—Укрепление распределителя (толстая палка) и начало образования ремиза. Фиг. 6.—Образование ремиза путем заключения в петлю каждой четной нитки основы (нечетная пропускается, четная петлюется). Фиг. 7.—Нить возвращается и, закрепившись на тонкой палке, заключает в петлю очередную нитку. Фиг. 8.—Наглядно показан способ закрепления нити перед тем, как делать очередную петлю.

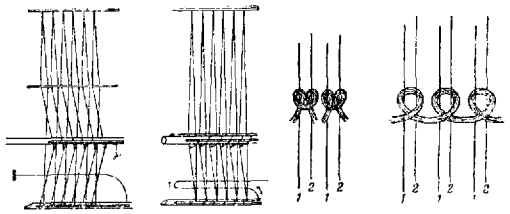
но больше всего идут на рынок так называемые капристанские ковры Шемахинского уезда; здесь особенно славятся двусторонние паласы. К югу от Баку, в Ленкоранском районе, изготовляют художественные казахские ковры. В районе Ленинакана производством ковров занимаются кочевые или полукочевые курды, которые изготовляют так называемые яманы—безворсые двусторонние паласы тонкой работы и оригинальных рисунков. По грубому подсчету, перед войной 1914—18 годов в ковровых районах Кавказа производством ковров занимались 370 000 человек, т. е. около одной десятой части населения.

В Ср. Азии особенно художественные и тонкие ковры вырабатываются туркменами, у к-рых это производство находится в тесной связи с овцеводством. Типичные туркменские ковры имеют в главной части рисунка «гюль» (розу), т. е. четырех-, шести- или восьмиугольную фигуру, заполняющую поле ковра. Старые туркменские ковры бывают то блестящие, исчерна-красные с шелковым желтовато-белым и розовым орнаментом, то матовые и дымчатые с синим вкраплением на красно-буром фоне, то яркие, с крупным орнаментом или пестрыми полосами по почти белому фону. У туркменов ткут исключительно женщины, и в употреблении горизонтальные станки. Стриженые ковры на обоих концах имеют по широкой полосе основной ткани. Гладкие паласы бывают трех сортов: высший сорт имеет мелкий и ясный двусторонний рисунок; во втором сорте рисунок слабо виден на изнанке, а в третьем сорте—почти совершенно не виден. Ковровые ткани туркмен имеют шерстяную основу и такой же уток. При



Фиг. 9. Пропускание линейки, на которую набираются нечетные нити основы.

тканье пропускают по одной уточной нитке после каждого ряда петель, тогда как в других среднеазиатских коврах уток проводится двумя нитками через один ряд петель. Из текинских наилучшими считаются ковры племени Сарык и Салор в Иолатане и Пенде. За ними идут текинские ковры из Мерва и Ашхабада и наконец иомудские и ковры кочующих племен в окрестностях Кызыл-Аяка. Салорские ковры отличаются от прочих туркменских ковров ясно выраженным персидским влиянием. Текинские ковры вообще принадлежат к лучшим туркменским изделиям, но в торговле почти все туркменские ковры называются неправильно текинскими. Основные цвета текинских ковров буровато-вишневые, орнамент—



Фиг. 10. Фиг. 11. Фиг. 12. Фиг. 13.

Фиг. 10.—Начало ковра—пропускание утка. Фиг. 11.—Обратное прохождение уточной нити. Фиг. 12.—Узлование (вязка узлов) для бархатного ковра. Фиг. 13.—Выполнение гладкого восточного ковра.

темносиний, светлокоричневый и желтоватый. Иомудские изделия не так коротко стрижены, как салорские и текинские; краски у них великолепны. Кызыл-аякские ковры, к-рые вырабатываются в окрестностях

гор. Керки, в продаже называются бухарскими. Ферганские ковры, небольших размеров, имеют цвета: синий и красный, или по красному фону синий рисунок, или по синему красный с черным. Здесь в изображении узоров встречаются различные тамги, т. е. родовые знаки и узоры китайского происхождения. Восточно-туркестанские ковры (яркендские, кашгарские, катанские) бывают двух техник: 1) тонкие и плотные, с ворсом, стоящим прямо; 2) менее плотные, с наклонным ворсом на лицевой стороне. Все фигуры восточно-туркестанских ковров носят явно китайское влияние и имеют много китайских символов, как например вазы, драконы, облака, летучие мыши. Хотя в настоящее время почти не имеется в продаже узбекских ковров, но их делают все узбекские племена, и кочевые и оседлые, на горизонтальных станках. Паласы узбеков—делаются сшивными и не сшивными. Афганские ковры *отличаются длинным ворсом*, толсты, тяжелы, темного общего фона, черно-бурые и красно-бурые, с темносиними и красными узорами; кое-где встречаются белые пятна.

В Малой Азии наиболее известны брусские, ангорские и смирнские ковры. Главным центром выработки являются Ушакский район и провинции, прилегающие к Персии. Крупнейшие рынки—Смирна, Константинополь и Брусса.

На Украине и в некоторых местностях РСФСР также изготовляются ручным способом ковры на вертикальных станках. Украинский примитивный станок к р о с н а представляет собою вертикальную раму высотой 1,75 *м*, из двух стоек, связанных сверху и снизу перекладинами, причем верхняя перекладина может заклиниваться на любой высоте. Основой служит ссученная втрое пеньковая пряжа, толстая, как для рядовины; для навивания основы требуется участие трех человек, из которых один сматывает основу с клубков и набрасывает на станок, а другие два раскладывают основу правильными рядами на верхней и нижней перекладине. Основа образует двойной ряд петель в восходящем и нисходящем порядке, причем для разделения рядов служат линейки или палки, прилегающие к перекладинам по всей ширине станка; третья палка вставляется в средней части основы. Снование начинают снизу и ведут основу кверху через верхнюю палку и через перекладину, а потом ведут нить через нижнюю палку и перекладину, до тех пор пока не получится основа требуемой ширины. Ткут сначала одноцветную кайму фона и к ней приметывают нарисованный чернилами в натуральную величину узор. Во время ткачества основу перебирают и согласно узору закладывают шерсть, проводя через основу моточек шерсти и забивая деревянным гребнем. Бессарабские ковры делают на наклонных станках; молдавские, тонкой шерсти, ткут на вертикальных станках. Из украинских ковров известны также калимы, или простые народные ковры; для утка употребляют цветную шерсть, при работе до 10 челноками. Курские ковры являются переходным типом между калимами и гобеленовыми коврами. На севере СССР в Тюменском округе делают «морховые» ковры и паласы из шерсти и толстой льняной пряжи, с анилиновой окраской. Техника сводится к завязыванию узелков и пропусканию двух нитей основы через ряд узелков во всю ширину. **Е. Прибыльская.**

2. Ковры механического производства. Эти ковры весьма разнообразны как по способу изготовления, так и по применению их. Главное применение они имеют для убранства помещений: для застилания пола, для украшения стен, для обивки мебели, в виде драпировок, портьер и наконец для обтяжки стен в виде обоев. Ковры механического производства работаются как в виде штучного товара и целых гарнитур, так и в виде кусков определенной длины: ковровые дорожки, ковровая ткань для портьер, ковровые обои и т. д. В отношении способа изготовления ковры механическ. производства *разделяются на следующие основные группы*: 1) ковры из простой ткани, имеющей одну основу и один уток; 2) ковры из двойной или тройной ткани, имеющей две или три системы основных и уточных нитей. Первая группа не имеет ворса, вторая может быть и с ворсом и без ворса. Наиболее простыми являются ковры первой группы, представляющие собою ткань простого переплетения. Этот вид ковров работается из крученых в 2 нитки основы и утка, приготовленных из коровьей или грубой овечьей шерсти. Обычно пряжа приготовляется очень грубо, шерсть недостаточно протрепывается и прочесывается, отчего пряжа и самая ткань получаются очень неравномерные и грубые. Для основы вместо шерсти иногда берут пеньковую пряжу. Ткань работается полотняным переплетением или четырехремизной саржей.

Ковры, сработанные по пеньковой или грубой льняной основе (24—28 ниток на *см*) шерстяным утком из коровьей, грубой козьей или овечьей шерсти, известны под названием т и р о л ь с к и х. Рисунок ковров этого вида кроме смены утков различных цветов получается переплетением. Тирольские ковры работаются на 12, 16 и 20 ремизках и применяются как для покрытия пола, так и в виде столовых скатертей.

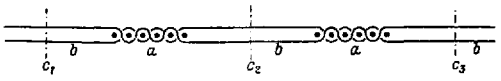
Под названием в е н е ц и а н с к и х ковров в Англии известны ткани, изготовляемые из крученой, обычно в 2 нитки, камвольной основы и утка, скрученного в 3 или 4 нитки из крученой льняной пряжи. Т. к. уток значительно толще основы, то ткань имеет вид поперечного репса. Плотность основы больше плотности утка в два раза и более, и потому как с лица, так и с изнанки основа застилает уток. Рисунок в виде продольных полос получается благодаря окраске нитей основы в различные цвета. Этот вид ковров получил дальнейшее развитие в виде так называем. б р и т а н с к и х ковров (british carpets). Британские ковры сложнее по строению ткани и богаче по рисунку, чем венецианские. В качестве основы применяется крученая в 2 нитки камвольная пряжа. Основа—крашеная. Нити для фона красятся обычно в черный цвет, остальные—в различные оттенки зеленого,

желтого, красного и других цветов, с частой сменой цветов. Утка два—один тонкий, льняной из некрученой пряжи или из крученой в 2 нитки, второй—ровный, льняной или хлопчатобумажный, трощеный из большого числа ниток, от 8 до 30. Оба утка черного цвета. Прокидка утков идет попеременно, один раз тонким и один раз ровным. Последний образует репсовые полосы 3—4 *мм* толщиною, между к-рыми тонкий уток почти незаметен. Британские ковры работаются обычно при помощи машины Жаккарда. Наиболее часто встречающиеся рисунки: цветы, арабески. Благодаря крашеной основе рисунок получается цветным. Как и в венецианских коврах, основа значительно плотнее утка и потому его полностью покрывает. Благодаря тому, что поверхность ткани представлена тонкой шерстяной основой, британские ковры, как и венецианские, не отличаются достаточной прочностью. К группе ковров простого строения следует отнести и *гобелены* (см.).

Указанная группа ковров простого строения представляет собою обычно довольно тонкую ткань, которая, будучи положена на пол, не дает достаточной теплоты, а также мягкости для ног. От хорошего ковра требуется известная толщина, ворсистость и мягкость. Наконец необходимо, чтобы ковер достаточно хорошо сохранял тепло. Всем этим условиям в гораздо большей степени отвечают ковры со сложной структурой ткани, называемые киддерминстерскими (double carpets, Kidderminster-Teppiche) и представляющие собою двойную ткань, имеющую две основы и два утка. Наиболее простые и дешевые сорта этой группы ковров имеют основу пеньковую, а уток шерстяной кардного прядения или коровьей шерсти. Уток значительно ровнее основы, и последняя застилается им. Основа и уток крашеные. Наиболее простыми рисунками являются клетка и другие геометрическ. фигуры, получаемые с помощью ремизных зевообразовательных приборов. Но бо́льшая часть киддерминстерских ковров работается шерстяным утком кардного прядения, по крученой камвольной или же хлопчатобумажной основе. И здесь уток, являясь более ровной нитью, застилает и лицо и изнанку ткани. В качестве рисунка часто встречаются сложные узоры, исполняемые с помощью машины Жаккарда. Переплетение чаще всего делается полотняное. Ткань ковра получается двусторонней, причем, если с лица например фон черный, а рисунок красный, то с изнанки получается обратное: фон красный, а рисунок черный.

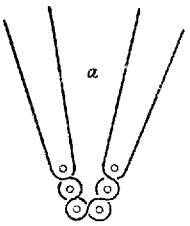
Более толстые ковры—тройные, имеющие три основы и три утка, называются шотландскими (triple carpets, three ply carpets) и отличаются от предыдущих, кроме толщины, большим разнообразием цветов в рисунке благодаря лишней основе и утку, причем введение третьей основы и утка изменяет соотношение между рисунком лица и изнанки.

Наибольшее применение имеют ворсовые ковры: они разделяются на ковры с уточным ворсом и основным ворсом. Первые в свою очередь бывают: 1) стриженые, с резаным уточным ворсом; 2) шенилевые (Chenille-Teppiche); 3) типа ручных смирнских (Knüpfteppiche). Стриженые ковры представляют собою уточную ворсовую ткань (см. *Ткани*). Шенилевые ковры работаются готовым утком, который приготовляется особым способом на ткацком станке. Приготовленный на канвовой бумаге рисунок ковра

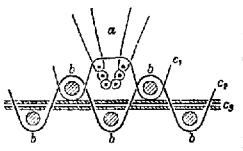


Фиг. 14.

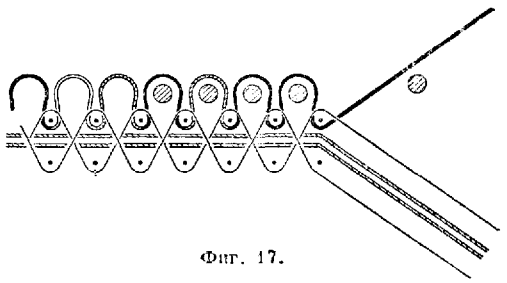
разрезается по утку на отдельные полоски, представляющие собою отдельные уточины. Согласно рисунку отдельных полосок, на ткацком станке зарабатываются утком соответствующего цвета отдельные полоски, как показывает фиг. 14. Точки *aa* представляют собою основу в разрезе, пробранную в бердо не подряд, а с промежутками; *bb*—представляет собою уток, который прокидывается согласно рисунку. Уток по всей длине полученной ткани разрезается по линиям c_1, c_2 и c_3. Полученные полосы, имеющие с обеих сторон бахрому, закручиваются, так что получается пушистая толстая нить, несколько напоминающая собой гусеницу (chenille). Эта нить в качестве утка зарабатывается в ковровую ткань на втором ткацком станке. Так как основа применяется значительно тоньше утка, то последний полностью застилает ее и дает с обеих сторон ткани ровную ворсовую поверхность. Для коренного переплетения с основой вводится второй уток. В качестве материала для основы служит льняная, джутовая или хлопчатобумажная пряжа, реже шерстяная; уток работается из шерсти, шелка или хлопка. Под названием аксминстерских ковров известны шенилевые ковры с ворсом с одной стороны. Фиг. 15 показывает в разрезе шенилевую



Фиг. 15.



Фиг. 16.


Фиг. 17.

уточину, приготовленную для заработки в ткань ковра; фиг. 16—уточину *a*, заработанную в ткань, причем *bb*—коренной уток, $c_1c_2c_3$—основа: c_1—для переплетения с шенилевым утком, c_2—для переплетения с коренным утком, а c_3—подкладная основа для придания ткани большей плотности и толщины.

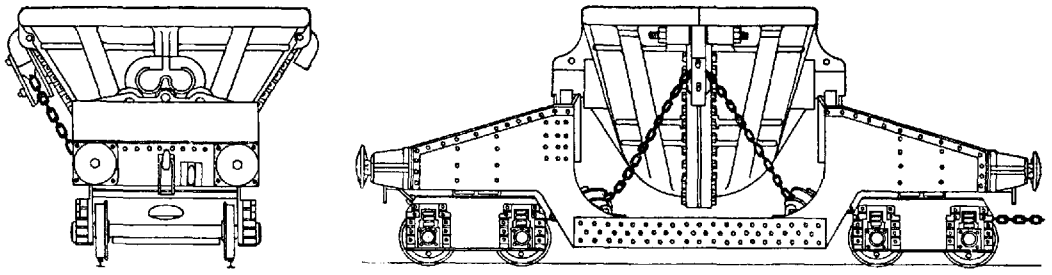
Ковры с основным ворсом имеют не менее двух основ — коренной и ворсовой (число последних бывает и больше одного) и ткутся с двумя утками. Ковры с основным ворсом работаются как в одно полотно, так и в два полотна, с разрезанием ворса между полотнами наподобие основного бархата. В отношении рисунка различают две группы ковров с основным ворсом: 1) ковры с несколькими цветными основами, из которых каждая выступает на поверхности ткани лишь в том случае, если ее цвет необходим для рисунка, а остальные зарабатываются в ткань и с лица не видны (фиг. 17); 2) ковры с готовым набитым на основе цветным рисунком, который затем зарабатывается на станке утком. Первая группа для получения рисунка работается на жаккардовых машинах, а вторая—на станках с простыми зевообразовательными механизмами. Ковры первой группы представляют собою более дорогой и добротный вид; они более толсты, плотны, пушисты, более художественны, рисунок их более чёткий и окраска более прочная, т. к. пряжа красится в мотках. Вторая группа ковров требует лишь двух основ; набитый на основе рисунок во время заработки утком м. б. сдвинут, перетянут, перекошен и потому получается менее четким и художественным. Согласно сказанному, получаются следующие виды ковров с основным ворсом: 1) ковры с нерезаным ворсом и несколькими крашеными, но не набитыми ворсовыми основами, так называемые брюссельские ковры (moquette bouclée, Brussel carpets); 2) ковры с резаным ворсом и также с несколькими крашеными ворсовыми основами (Tournay, Velour-Teppiche, moquette veloutée, Wilton carpets); 3) ковры с нерезаным ворсом и тканные по набитой основе (Tapestry); 4) ковры с резаным ворсом, тканные по набитой основе (Tapestry, Velour-Teppiche). О ткацких станках, применяемых в К. п., см. *Ткацкий станок*.

Лит.: Гогель О. В., Туркменский ковер, М., 1927; Шавров П., Ковровое производство в Малой Азии, Тифлис, 1902; Фалькерзам А., Старинные ковры Ср. Азии, П., 1915; Семенов А. А., Библиографич. указатель по ковровым тканям Азии, Ташкент, 1925; Пищакский В., Давни килимы Украины, Львов, 1925; Русская промышленность на Кавказе, выпуск 2—Ковровый промысел курдов Эриванской губ., Тифлис, 1903; Арбузов, Ковры Бессарабии, вып. 1, Одесса, 1902; Гроте-Хазенбальг В., Ковровое производство Востока, перевод с немецкого (рукопись); Боголюбов А. А., Ковровые изделия Ср. Азии, из собрания А. А. Богомолова, вып. 1—2, СПБ, 1908; Фалькерзам А., Старинные ковры Ср. Азии, «Старые годы», П., 1914, окт.—дек., стр. 57—113, 1915, июнь, стр. 17—40; Доливо-Добровольская В. А., Руководство к ручному ткачеству и наставление к производству ковров, стр. 47, СПБ, 1909; Boude W. u. Kühnel E., Vorderasiatische Knüpfteppiche aus älterer Zeit, Lpz., 1922; Bosheck W., Die Florgewebe, Teppich, Plüsch, Samt, Frottierstoffe usw., ihre Theorie und Praxis in d. mechan. Weberei, W.—Lpz., 1905; Grote-Hasenbalg W., Der Orientteppich, seine Geschichte und seine Kultur, B. 1—3, B., 1922; Haberle A., Die deutsche Teppichfabrikation, ihre geschichtliche Entwicklung, ihre Lage vor d. Kriege, Stg.—B., 1919; Hopf C., Die altpersischen Teppiche. Eine Studie über ihre Schönheitswerte, 2 Aufl., Mch., 1913; Neugebauer R. und Orendi J., Handb. d. orientalischen Teppichkunde, Leipzig, 1922; Riegl A., Altorientalische Teppiche, Lpz., 1891; Robers H., Morgenländische Teppiche, ein Auskunftsbuch für Sammler u. Liebhaber, 42 Aufl., bearb. v. P. Schulze, Berlin, 1922; Ueberschlag R., Die Färberei d. Teppichgarne, Halle, 1914; Kinzer H. u. Walter K., Theorie und Praxis d. Ganz-Damast-Weberei. Ein Lehrbuch, Brschw., 1901; Koch C. W., Die Teppichfabrikation, 2 Auflage, Würzburg, 1906; Plehn A. L., Der Smyrna-Teppich, seine Herkunft, Technik u. deren Umgestaltung in Europa, Darmstadt, 1905; Beaumont R., Carpets a. Rugs, L., 1924; Bradbury F., Carpet Manufacture, Belfast, 1904; Brinton R. S., Carpets, L., 1919; Kinzer H. and Walter K., Theory a. Practice of Damask Weaving, transl. from the German, London, 1903; Guiffrey J., Les Gobelins et Beauvais, P., 1907; Havard et Bachon, Les manufactures nationales. Les Gobelins, P., 1889.

В. Линде.

КОВШИ литейные, приспособления для переноски, перевозки и разливки жидкого металла или шлака. Они могут быть разбиты на следующие группы.

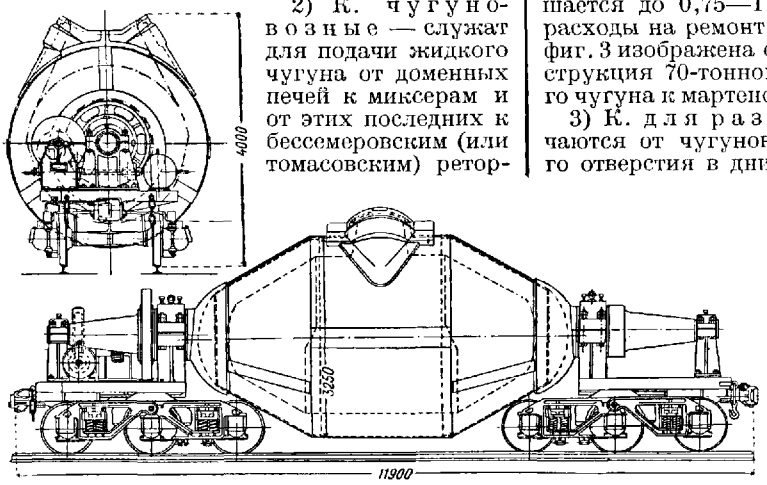
1) К. для отвоза жидкого шлака (доменного, мартеновского, шлаков медной плавки и т. д.)—делаются литыми (стальными, чугунными) или клепанными из котельного железа. В последнем случае ковш футеруется кирпичом или в него вставляется литая (чугунная) шлаковня. Емкость К. для отвоза доменного шлака доходит до 9,5 $м^3$. На фиг. 1 дан тип шлаковозного К., применяемого в доменных и сталелитейных цехах. По наполнении жидким шлаком К. подается паровозом на свалочные пути, где и опоражнивается (опрокидывается). Особого внимания заслуживают литые ковши Dewhurst (фиг. 1), отличающиеся своей прочностью (литые, свернутые на болтах из двух половин) и поднимающие, несмотря на свою массивность, до 25 $т$ полезного груза (4-осная тележка). Опрокидывание этих ковшей производится цепью при помощи паровоза. Преимущество указанной системы — простота, прочность и безопасность. Некоторые з-ды применяют вместо К. специальные конические шлаковни, установленные на опрокидывающихся жел.-дор. платформах. При помощи особого крана шлаковня снимается, а платформа с оставшимся на ней массивом застывшего шлака отвозится на свалку и там опрокидывается. Для шлаков медной



Фиг. 1.

плавки применяются опрокидывающиеся чугунные К. меньших размеров. Для застывания и отвоза шлаков свинцовой плавки, шлаков нагревательных (прокатных) печей, жидкого шлака газогенераторов и т. д. применяются небольшие ручные шлаковые тележки.

2) К. чугуновозные — служат для подачи жидкого чугуна от доменных печей к миксерам и от этих последних к бессемеровским (или томасовским) реторт-

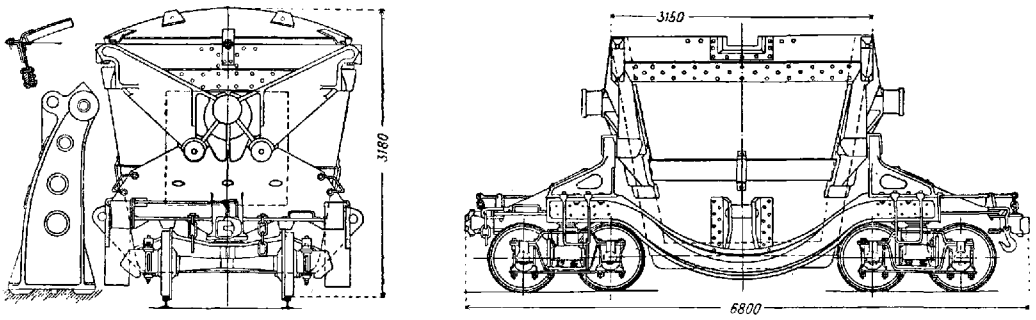


Фиг. 2.

там и мартеновским печам. К. первых двух типов опоражниваются путем их опрокидывания при помощи специального привода (ручного или электрического); в мартеновские же печи, а часто и в миксеры, чугун заливается из К. при помощи мостовых кранов. Чугуновозные К. делаются обычно клепаными, с шамотной футеровкой. Для предохранения чугуна от охлаждения при далеких доставках (до 8—14 *км*) К. перекрывают металлической футерованной крышкой. Емкость чугуновозных К. определяется емкостью соответственных печей и реторт и колеблется в пределах от 10 до 75 *т*. Ремонт внутренней футеровки приходится производить довольно часто, вследствие образования по стенкам К. настылей, дающих значительное количество чугунного скрапа (до 2—4% и более от веса перевезенного металла). Последнее обстоятельство, а также желание по возможности уменьшить охлаждение чугуна привели к применению К. большой емкости или К.-миксеров сист. Пью (Pugh), вместимостью до 100, 125 и 150 *т* жидкого чугуна (фиг. 2). Общий вес таких ковшей с футеровкой и полным грузом достигает 360 *т*. Для поворачивания К. имеют электрич. привод и устанавливаются на 6- или 8-осных тележках. В миксеры обычного (стационарного) типа чугун переливается из ковшей-миксеров при помощи промежуточного К. и мостового крана. Количество чугунных настылей уменьшается до 0,75—1,50% от веса чугуна, а расходы на ремонт сильно сокращаются. На фиг. 3 изображена современная америк. конструкция 70-тонного К. для подачи жидкого чугуна к мартеновским печам и миксерам.

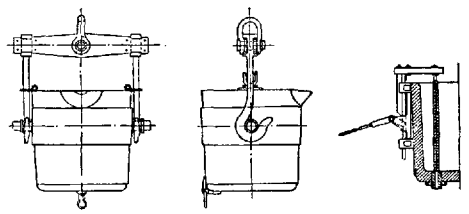
3) К. для разливки стали — отличаются от чугуновозных наличием особого отверстия в днище для разливки стали (фиг. 4). Отверстие образуется пустотелым шамотным кирпичом специальной формы или так наз. разливочным стаканом. Перекрывается отверстие шамотной или графитовой пробкой, закрепленной на конце железного стержня, футерованного шамотными кольцами и удерживаемого в вертикальн. положении при помощи стопорного механизма. Для принятия и последующей разливки стали ковш устанавливается на специальной разливочной тележке или подвешивается на траверсе мостового крана, причем крюки траверсы захватывают К. или прямо за цапфы или за особые серьги, надетые на цапфы К. Цапфы К. или составляют одно целое с массивным литым кольцом или приклепываются к кожуху К. и усиливаются широким поясом, изготовленным из толстого котельного железа. Управление стопором (подъем и опускание пробки) производится рабочим при помощи особой ручки.

Футеровка ковшей для разливки стали производится при помощи выкладки их шамотным кирпичом специальн. формы или набойки огнеупорной массы (ганистер). Последний способ применяется обычно при К. малой вместимости (5—15 *т*). Срок службы огнеупорной кладки зависит от качества кирпича, от сорта и темп-ры разливаемой стали и т. д. При кирпиче без обмазки внутренний слой изнашивается довольно быстро и требует замены после 12—25 плавок. Расход кирпича достигает при этом 1,0—1,5% от веса металла. Некоторые заводы практикуют



Фиг. 3.

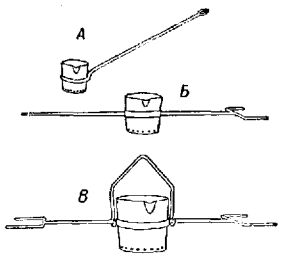
после каждой плавки подмазку К. и доводят службу кирпичной футеровки до 100—150 и даже до 300 плавок. Механич. обрызгивание внутренности К. полужидкой огнеупорной массой, или т. наз. торкретирование, дает наилучшие результаты как в



Фиг. 4.

смысле удешевления стоимости ремонта, так и в смысле уменьшения брака металла от попадания в него частиц огнеупорной массы футеровки. При этом необходим тщательный подбор качества огнеупорного материала, крупности его помола и т. д. Огнеупорная футеровка в К. большой емкости (100 *т*) делается толщиной 250—300 *мм* (днище и нижняя часть боковых стен), кверху толщина футеровки уменьшается до 120 *мм*. Ковш средней емкости (30—60 *т*) футеруют на толщину в 100—300 *мм*. Разливочный стакан, пробку и футеровку стопорного стержня меняют после каждой плавки. Диаметр разливочного отверстия колеблется в зависимости от емкости ковша, способа разливки слитков и сорта стали. В наших условиях размер этот берется в пределах от 25 до 40 *мм* (обычно 30—35 *мм*); в Америке, при крупных слитках и ковшах большой емкости, диам. разливочного отверстия доводится до 45—65 *мм*. Пробки и разливочные стаканы должны приготовляться особенно тщательно, из отборных сортов огнеупорной глины и шамота высшего качества. Хорошей стойкостью обладают графитовые пробки и стаканы, однако их применению сильно мешает их высокая стоимость.

Вес К. для разливки стали, с футеровкой и стопорным механизмом, можно приближенно считать равным 35—50% веса помещающегося в них металла. Расход топлива на сушку К. после ремонта можно принять равным около 700—1500 $м^3$ коксовальн. газа (4 000 Cal/$м^3$) при продолжительности сушки от 10 до 20 час. для ковшей большой емкости (100 *т*), и 420—1 120 $м^3$ газа при продолжительности сушки 6—16 часов для малых ковшей (15—30 *т*).

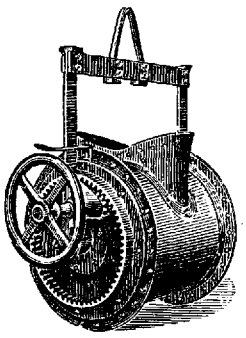


Фиг. 5.

4) К. для разливки чугуна, применяемые в чугунолитейных мастерских при мелких отливках, делаются ручные (фиг. 5) одиночные *А* (с емкостью от 15 до 35 *кг* жидкого чугуна) или двойные *Б* (от 45 до 140 *кг*). При большем весе чугуна (70—2000 *кг*) К. делаются подвесными, с простым ручным ухватом для поворота *В* или с особым поворотным механизмом (фиг. 6). Для К. большей вместимости (5—40 *т*) применяются конструкции, подобные К. для разливки стали, но без стопорного механизма, т. к. обычно в чугунолитейных мастерских чугун сливают через «рыло» ковша, т. е. через специальный носок, приклепанный к верхней кромке кожуха. Футеровка чугунолитейных К. делается из формовочной массы с добавкой глины.

Для достижения наименьшего остывания высота К. принимается близкой к диаметру и обычно несколько превышает его. Уклон внутренних стенок делается до 5%, для возможности более легкого удаления из К. настылей металла («козлов» и «одонков») без повреждения футеровки.

Меры безопасности. В виду того что все манипуляции с ковшами, содержащими жидкий металл или шлак, представляют большую опасность для жизни и здоровья рабочих, необходимо особенно внимательно следить за исправным состоянием К., подвесных приспособлений, поворотного механизма и внутренней футеровки; последняя, во избежание взрывов, д. б. тщательно высушена. Центр тяжести К. как пустого так и наполненного должен находиться всегда ниже центра подвеса К. (оси цапф). Независимо от этого, каждый ковш, подвешенный или установленный на цапфах, должен иметь запорный механизм, предохраняющий ковши от опрокидывания. После установки стопорного стержня плотность пробки испытывается сухим мелким песком и стопорный механизм зажимается специальным болтом.



Фиг. 6.

Лит.: Нобль Г., Производство стали, ч. 1, Бессемеровское производство, пер. с франц., Москва, 1922; Труды I Уральск. съезда деятелей по мартеновскому производству, Л., 1928; Osann B., Lehrbuch d. Eisenhüttenkunde, 2 Aufl., B. 2, Lpz., 1926; Geiger C., Handbuch d. Eisen- u. Stahlgiesserei, 2 Aufl., B. 2 u. 3, Berlin, 1927—28; «St. u. E.», 1926, B. 46, p. 13; ibid., 1927, B. 47, p. 998. **М. Пильник.**

КОГЕРЕР, трубка Бранли, фриттер, устройство, применявшееся в качестве детекторов в первых радиоприемниках. В К., предложенном в первоначальном виде Бранли в 1890 году, и в К., усовершенствованном О. Лоджем в 1894 году, использовано было явление резкого увеличения проводимости нек-рых металлич. порошков под влиянием эдс (высокой частоты) радиосигнала, приложенной к двум электродам, между которыми в стеклянной трубке помещался металлич. порошок. Наилучшее действие в отношении чувствительности в К. дают порошки из металлов большой магнитной проницаемости — Ni, Fe, Co. Электроды изготовляются из серебра. При действии эдс на К. опилки как бы сцепляются: отсюда происходит самый термин когерер (cohaerere). Для того чтобы К. действовал в дальнейшем, необходимо восстановить его первоначаль-

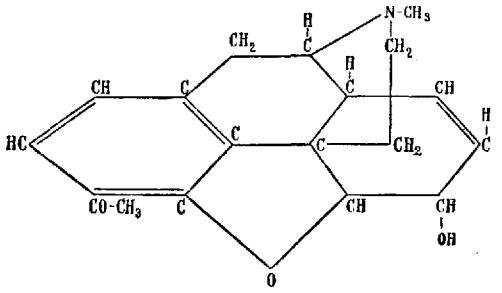
ное состояние, для чего достаточно К. встряхнуть или слегка ударить по нему. Рядом авторов были предложены конструкции К., не требующих механич. встряхивания, а приходящих в рабочее состояние самостоятельно,—так назыв. декогереры, или автокогереры, и антикогереры, или когереры с обратным действием. Последние обнаруживают уменьшение проводимости; вместо порошков в них применялась специальная паста. Антикогерер применялся реже, чем когерер.

Истинная природа действия К. полностью не вскрыта, но можно установить, что эдс, приложенная к двум телам, находящимся в плохом контакте, вызывает переход отрицательных ионов от одного тела, с более низким потенциалом, к другому, с более высоким. Выпрямительное действие зависит от разницы в стремлении двух веществ лишиться электронов под влиянием эдс.

К.—прибор чрезвычайно несовершенный. Основные его недостатки: 1) необходимость встряхивания для приведения прибора в рабочее состояние после окончания действия сигнала и 2) малая чувствительность: реагирует на подводимое к нему напряжение от сигнала порядка 0,5—3 V и больше. Нечувствительность К. была тем фактором, который надолго задержал развитие практич. радиотелеграфии на первых порах ее развития. К. был заменен в 1902 году и позднее целым рядом более совершенных *детекторов* (см.).

Лит.: Рожанский Д. А., Электрические лучи, СПБ, 1913; Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 5, Берлин, 1923; Zenneck J., Lehrb. der drahtlosen Telegraphie, 5 Aufl., Stg., 1925. **П. Куксенко.**

КОДЕИН, метиловый эфир морфина. Кодеин относится к группе алкалоидов; содержится в опии в количестве от 0,2 до 1,2%; был изолирован оттуда Робике (Robiquet) в 1832 году. Состав его, $C_{18}H_{21}NO_3 \cdot H_2O$, был установлен Гергартом (Gerhardt) в 1843 году.



Строение К. не вполне выяснено, но наиболее вероятным можно считать данное Гуллендом и Робинзоном (см. выше). К. кристаллизуется с одной молекулой воды и плавится при 153°; без кристаллизационной воды он имеет $t°_{пл.}$ 155°; К. мало-растворим в воде, легко растворим в спирте, хлороформе, бензоле и эфире, в щелочах почти нерастворим.

Для получения К. из опия растворяют в воде смесь хлористоводородных солей морфина и К., выделенную при получении морфина по способу Грегори, и из этого раствора осаждают морфин аммиаком. При выпаривании аммиачного фильтрата выделяется хлористоводородный К., при помощи кристаллизации легко очищаемый от примесей хлористоводородного морфина и хлористого аммония. Прибавляя к полученному хлористоводородному К. избыток раствора едкого кали, получают в осадке К.—основание.

В СССР, на заводе Сантонинтреста в Чимкенте, естественный К. выделяют из опия по способу И. Г. Былинкина [1]. Метод состоит в том, что раствор алкалоидов, после того как выделен морфин (по способу Пацукова [2], см. *Морфин*), освобождают отгонкой от спирта и разбавляют аммиаком, после чего его обрабатывают известью для удаления меконовой к-ты. Отфильтрованный раствор упаривают до небольшого объема, подкисляют соляной к-той, разбавляют крепким спиртом для удаления смолистых веществ и, после отгонки спирта из раствора, выделяют соль К. путем кристаллизации.

Главная масса продажного К. готовится синтетически, метилированием морфина. Первый синтез К. был произведен Гримо (Grimaux) в 1881 году действием иодистого метила на щелочной раствор морфина. Наиболее удобные способы метилирования заключаются в действии на морфин четвертичными аммониевыми основаниями или же веществами, к-рые способны легко образовывать такие основания [3]. Реакция идет по следующему ур-нию:

$$\underset{\text{морфин}}{C_{17}H_{18}O_2N \cdot OH} + C_6H_5N(CH_3)_3Cl + KOH =$$

$$= \underset{\text{кодеин}}{C_{17}H_{18}O_2N \cdot OCH_3} + C_6H_5N(CH_3)_2 + KCl + H_2O.$$

В СССР синтетический К. готовится на алкалоидном заводе Госмедторгпрома в Москве, в масштабе потребности Союза, до 3 000 *кг* в год, по вышеуказанному способу — метилированием четвертичными основаниями. В качестве метилирующего средства применяют основание, получаемое действием диметиланилина на метиловый эфир *п*-толуолсульфокислоты. К. и его соли (фосфорнокислый и хлористоводородный К.) применяются в медицине в качестве болеуспокаивающего средства, в особенности при кашле.

Лит.: [1]) Р. П. 3381; [2]) Р. П. 127; [3]) Böhringer, Г. П. 247180/09.—Чичибабин А. Е., Основные начала органич. хим., М.—Л., 1929; Wolfenstein R., Die Pflanzenalkaloide, B., 1922; Schwyzer I., Die Fabrikation d. Alkaloide, Berlin, 1927; Schmidt E., Ausführliches Lehrbuch d. pharmazeutischen Chemie, Brschw., 1923. **М. Кацнельсон.**

КОЖА ИСКУССТВЕННАЯ, суррогат кожи, который по своим качествам б. или м. близко подходит к натуральной коже. Различают К. и. двух родов: тяжелую и легкую. Тяжелая К. и. состоит из однородной массы, основным материалом к-рой служат кожаные обрезки в виде грубой пудры или пыли, волокна растительного или животного происхождения, целлюлоза в аморфном виде, асбест и т. п. Для удешевления продукта часто прибавляют к массе минеральные вещества—напр. каолин, тальк, мел и др. Как связующие материалы применяют гл. образом животный клей, желатину, казеин, канифоль, альбумин, целлюлоид, воск и др. Лучшим связующим материалом служит животный клей; но в виду того, что он в сухом состоянии хрупок, прибавляют к материалу глицерин, хлористый магний, каучук и разного рода жировые вещества, которые придают коже эластичность. Легкая К. и. в основе представляет собою б. ч. ткань расти-

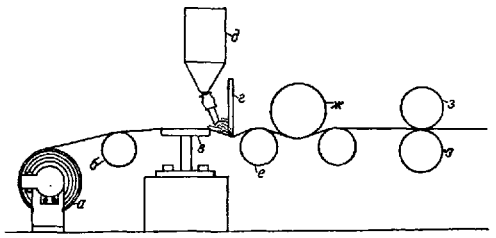
тельного или животного происхождения; ткани м. б. различных сортов, начиная от самых тонких до самых толстых. Для низких сортов легкой К. и. основой может служить также бумага. К разновидностям легкой К. и. можно отнести и пергамоид, который в продаже носит различные названия: *дерматин* (см.), дерматоид, глорид, гранитол и др.

Выработка тяжелой К. и. По современному американ. патенту, для изготовления тяжелой К. и. обрезки кожи, в виде грубой пудры, обрабатывают слабой органической к-той, к-рая превращает кожаные обрезки в желатинообразную массу; после отжатия избытка к-ты массу обрабатывают смесью, состоящей из животного клея и некоторых высыхающих масел (напр. олифы). Полученную таким путем пластическую массу подвергают механическ. обработке, т. е. вальцуют, прессуют в формах под большим давлением и наконец сушат при $t°$ не выше 35—40°. По другому американскому патенту (Моргана), различные вещества, имеющие волокнистую структуру, как то: опилки, веревки, джут, пеньку и друг., обрабатывают едкой щелочью в горячей ванне в продолжение 3—8 час., смотря по крепости щелочной ванны; после тщательной промывки массу обрабатывают щавелевой к-той; после того как масса превратилась в тесто, к ней прибавляют различные смолистые вещества (камеди и др.), растворенные предварительно в бензине. Для окончательной отделки массу подвергают вальцовке и наконец сушат в специально устроенных сушильн. камерах. По французскому патенту Бойе (Boyet), тяжелую К. и. получают, обрабатывая кожевенные отбросы аммиаком и добавляя затем к смеси небольшое количество льняного масла; полученную густую массу сушат и под давлением 300—400 *atm* прессуют в соответствующих формах. Большое распространение в Германии получил способ изготовления тяжелой К. и. из линтера (короткое волокно хлопчатника), состоящий в следующем: линтер после тщательной очистки обрабатывают 18%-ной щелочью, затем часть щелока отжимают и мерсеризованное волокно обрабатывают сероуглеродом; полученный таким путем ксантогенат целлюлозы растворяют в водной щелочи. Этим раствором—*вискозой* (см.) пропитывают в вакууме какую-нибудь тяжелую ткань растительного происхождения; после пропитки ткань обрабатывают серной кислотой и сернокислым аммонием, причем ксантогенат разрушается и регенерируется гидрат целлюлозы. Чтобы придать материалу бо́льшую эластичность, в него вводят еще каучук. Вместо вискозы для пропитки ткани могут применяться медноаммиачный раствор целлюлозы и хлористый цинк; в первом случае ткань после пропитки медноаммиачным раствором целлюлозы обрабатывается щелочью. Тяжелую К. и. можно вырабатывать также из отбросов животных шкурок, которые разваривают с известковым молоком до полного их распадения; после этого массу тщательно промывают, измельчают и обрабатывают в вакууме сернокислым цинком, затем прессуют и сушат.

Выработка легкой К. и. Основным материалом для изготовления легкой К. и. служит хлопчатобумажная, льняная или другая ткань, на к-рую наносят несколько раз массу, состоящую например из клейстера, олифы и соответствующей субстантивной краски. По другому способу льняную, бумажную или шерстяную ткань несколько раз пропитывают смесью, состоящей из каучукового и клеевого растворов; в этом случае масса, нанесенная на ткань, подвергается последовательному дублению уксуснокислым аммонием, или двухромовокислым калием, или каким-нибудь растительным дубителем. По герм. патенту (Раутенштрауха), для выработки легкой К. и. хлопчатобумажную или льняную ткань обрабатывают щелочью, затем промывают и пропитывают смесью, состоящей из альбумина, глицерина и сернокислого магния; пропитанную ткань нагревают до 70—80°, пока альбумин не свернется, после чего ее прессуют и сушат. Легкая К. и. в последнее время получила широкое применение в автомобильной промышленности, где она во многих случаях заменяет натуральную кожу. Основным материалом для изготовления К. и. этого рода служат ткани, начиная от тонкого полотна и кончая толстым молескином. Ткань натягивают на рамы и наносят на нее прежде всего соответствующую минеральную краску; нанесение самой массы производится механич. путем, при помощи специальной машины (см. ниже). Масса, наносимая на ткань, состоит из нитроцеллюлозы, к которой прибавляют минеральную краску и касторовое масло; в зависимости от требуемой вязкости меняются количество и состав растворителей для нитроцеллюлозы. Нитроцеллюлоза употребляется или в виде отбросов целлюлоида (как например бывшие в употреблении кинофильмы, к-рые предварительно очищены при помощи теплой воды и щелочи от нанесенной на них эмульсии), или же в виде нитроклетчатки (пироксилина), содержащей не более 11% азота. Для растворения нитроцеллюлозы употребляют уксусноэтиловый эфир с прибавлением 30—40% этилового спирта (95%-ного), или ацетон с прибавлением амил- или бутилацетата. Обыкновенно операции проводят в следующем порядке: нитроцеллюлозу растворяют в горизонтальных или вертикальных смесителях в уксусноэтиловом эфире, затем к раствору прибавляют постепенно этиловый спирт при беспрерывном перемешивании. Для окрашивания массы в нее вводят соответствующую минеральную краску, которую предварительно растирают на вальцовых мельницах с касторовым маслом, играющим в то же время роль смягчителя для нитроцеллюлозы.

Хотя в химическом отношении способы изготовления различных видов легкой К. и. весьма разнообразны, со стороны механич. обработки все они имеют между собой много общего. На фиг. представлена схема машины для выработки легкой К. и.: *а*—барабан с намотанной на него тканью, к-рая проходит по ролику *б* через выравнивающий стол *в*, где ткань попадает под нож *г*; перед ножом установлен резервуар *д* с раствором, к-рый

наносится на ткань; резервуар имеет приспособление для регулирования подачи раствора; из-под ножа ткань попадает на направляющий ролик *е*, затем под вращающийся ролик *же* и наконец, покрытая раствором, она с некоторым натяжением проходит между роликами *з*. Масса наносится несколькими слоями, в зависимости от толщины ткани; наприм. для изготовления легкой



К. и. слой нитроцеллюлозного раствора наносится на тонкую ткань от 4 до 5 раз, а на толстую до 12 раз. После нанесения массы ткань пропускают через горячие валки или сушат в специально устроен. камерах при темп-ре 80—90°. При работе с нитроцеллюлозными растворами к сушильным камерам присоединяют особые улавливатели, имеющие целью задерживать пары дорого стоящих летучих растворителей, как уксусно-этиловый эфир, ацетон и др. Из улавливателей растворители регенерируются и вновь м. б. пущены в производство. В качестве поглотителей здесь применяют серную к-ту, активированный уголь, крезол и др. вещества; новейшие системы улавливателей возвращают в производство до 80—90% израсходованных летучих веществ.

Отдельно должна быть рассмотрена К. и., вырабатываемая из каучука и получившая за последн. время широкое распространение в Америке. Подошва из этого материала, носящего торговое название «юскайд», отличается большой эластичностью, хорошо подшивается и обладает большим сопротивлением на истираемость; цена такой подошвы одинакова с ценой краснодубной подошвы, носится же она в два раза дольше последней. Америк. резиновый трест изготовляет такие подошвы из каучука с примесью главн. образом газовой сажи, которая получается особым способом при охлаждении горящих нефтяных газов; эта примесь повышает сопротивление К. и. на истираемость. Кроме каучука и газовой сажи в состав «юскайда» входят также окись цинка, сера и в небольшом количестве дифенилгуанидин, служащий ускорителем процесса вулканизации, проводимой при 142°.

Применение К. и. Легкая К. и. применяется для различного рода галантерейных изделий (портфели, сумки и т. д.), а также в переплетном деле и для обивки мебели и стен. Тяжелая К. и. имеет применение гл. обр. в обувном производстве—для изготовления каблуков, подошв и второстепенных частей обуви (стельки, задники, подноски и т. п.). Таким образ. К. и. в обувном производстве может заменить натуральную кожу в размере до 50% веса всей требуемой кожи. В изделиях технич. назначения (различные прокладки, клапаны, отчасти ремни) натуральная кожа также может быть иногда заменена искусственной. Широкое распространение К. и. получила в Америке, а за последнее время также в Италии.

Лит.: Ам. П. 1405600 (Lansdow), 1436106 (Morgan), 1465092 (Respress), 1444548 (Markus), 227188 (Bardsley); Ан. П. 209811 (Russel); Г. П. 574053 (Bautenstrauch), 28869 (Linder), 172474, 238252, 275463, 290586, 290985, 304497, 306104, 30968, 313133; Австр. П. 91088 (Roller); Венг. П. 29756 (Meszaros); Испанский П. 610784 (Blasco); Ф. П. 577637 (Reynier), 590905 (Boyet), 537302 (Lestorte), 561009 (Weber), 570784 (Tardy), 370616, 447701, 450939, 459440, 473380; Швейц. П. 611401 (Clavel); Ullm. Enz., B. 7, p. 519; «Kunststoffe», Mch., 1919—20. **С. Жирмунский.**

КОЖЕВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО, обработка сырых шкур в готовые кожи, могущие служить материалом для различных кожаных изделий: обуви, одежды, галантерейных вещей, технич. принадлежностей и т. п. Все операции, из которых слагается К. п., могут быть подразделены на три группы: а) подготовительные работы, главную часть которых составляют водяные работы, т. е. размачивание и оводнение кожи; б) *дубление* (см.) и в) отделка кожи для дальнейшего улучшения ее качеств и для придания ей соответственного внешнего вида. Сущность и последовательность этих операций видны из табл. 1. На практике, детальные операции, входящие в состав каждой

Табл. 1.—Схема обработки главных сортов кожевенного товара.

Подготовительные работы	Дубильные работы	Отделка	
		грубая	окончательная
Взвешивание	Заличка	Крашение	Глянцевание (2—3 раза)
Отмока	Дубление	Жировка	Подсушка
Сгонка волоса	Наполнение	Сушка	Лощение
Зольный обжор	Раскисление	Отволаживание	Мазка
Мездрение	Разводка или прессовка	Разбивка	Измерение
Двоение	Строжка	Прокатка	Взвешивание
Взвешивание		Досушка	
Мягчение		Строжка (бланшировка)	
Промывка		Разбивка	
Взвешивание		Пушение	

группы, значительно варьируют, в зависимости от вида сырья и от назначения готового товара. С точки зрения же технологич. процесса все эти операции можно подразделить на химические и механические, чередующиеся друг с другом. Подбор сырья производится согласно номенклатуре (см. *Кожевенное сырье*), хотя в процессе производства, после мягчения и дубления, часто производится пересортировка, особенно для мелких кож. Расчет ведется по парному весу. Заводская партия имеет вес 1—1,5 *т*; для подошвы—до 3 *т*. Взвешивание производится на складе, реже в отмочном отделении.

Химические операции. Химические операции (кроме обезжиривания) ведутся в простых чанах, в чанах с приспособлением для перемешивания и в барабанах.

Простые чаны бывают деревянные, кирпичные и железобетонные; круглые и четырехугольные; врытые в землю и стоящие свободно; с отводом сточной воды и без него. Чаны рассчитываются на партию, если кожи лежат, и на полупартию, если они висят (объем их в обоих случаях одинаков). Размеры зависят от размеров кож и вида операций; объем, занимаемый 1 000 *кг* парного веса, равен 0,9 *м*³; объем корья на 1 000 *кг* примерно 0,9—1,1 *м*³; около 0,2—0,1 *м* в чану по высоте оставляется незаполненным. Глубина чана определяется удобством выгрузки; более 3 *м* делать ее не следует, и то—при обработке в навес, башками вниз. При остальных работах не следует делать более 2,2 *м* (при подошве 2,7 *м*); наилучшая глубина 2,2 *м*. Диаметр и длина чана д. б. не более 2,5 *м* (при подошве до 4 *м* длины), а ширина не менее 2 и не более 2,5 *м*. Для расчета чанов следует иметь в виду, кроме приведенных выше данных, еще отношение парного веса партии в *кг* к объему жидкости в *л* в чану (жидкостный коэф-т); прежде принимали:

Зольные чаны	1 : 5
Отмока соленого	1 : 5,75
» сушья	1 : 6,5
Дубные чаны	1 : 7 (при местном корье)
» »	1 : 6 (при концентрации материалов)

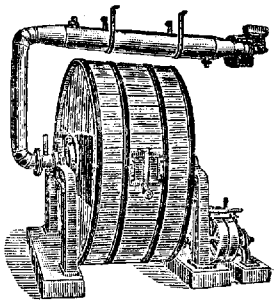
Нек-рые упрощают расчет и берут всегда 1:4. Чаны вкапываются в землю так, чтобы расстояние от края чана до пола было для зольно-отмочных 0,15, а для дубных 0,15—0,65 *м*. Чаны распределяются обычно парами по 8—16 шт. в одном ряду. Расстояние двойных рядов от стен 1,0 *м*, между рядами 1,0 *м*. Толщина дна деревянных чанов 60—80 *мм*; толщина стен деревянных чанов 50—70 *мм*, железобетонных 0,1—0,15 *м*. Соковые чаны рассчитываются на жидкостный коэфициент 1:12. Кожи могут быть повешены или башкой вниз, или по хребту, или, чаще всего, за заднюю и переднюю лапу. Предельная длина 4,0 *м* (125 кож); более тесное распределение кож хотя и практикуется, но ухудшает товар. Соковые чаны соединяются в батарею по 10—20 чанов, причем сок через трубки, доходящие до дна каждого из двух смежных чанов, перетекает из чана в чан вследствие разницы в удельном весе соков.

Чаны с перемешиванием (из бетона, кирпича или железобетона) снабжаются приспособлениями, которые или только перемешивают жидкость (чаны с мешалками) или же вращают вместе с тем и кожи (латные барабаны). Первая форма у нас не привилась. Латные барабаны работают с перерывами и ускоряют процесс в 2—3 раза.

Особый вид чанов с перемешиванием представляют *гашпили* (см.). Они располагаются закрытыми сторонами друг к другу, так чтобы расстояние между открытыми сторонами двух рядов было не менее 4 *м*. Гашпиль ускоряет процессы в 2 либо 3 раза, смотря по длительности перерывов.

Барабаны делятся на отмочные, промывные, зольные, дубные и жировальные. Они делаются из досок 50—80 *см* толщины и вращаются в одном направлении, кроме краснодубных, для к-рых применяется сменное вращение—5—15 мин. в одну и 5—15 мин. в другую сторону. Жировальные барабаны снабжены калориферами для нагрева до 40—60° и часто имеют полую ось для введения растворов. Отмочные и промывные—снабжены отверстиями в стенках для промывной воды: дубные—имеют внутри кулаки (для мостовья, мелких кож) или направляющие доски (для подошвы). Промывные строят с отверстиями на периферии или в дне, а остальные имеют на периферии люки.

Барабан сокращает время операции в сравнении с чаном в 3—6 раз. В последнее время в практику подошвенного производства введены барабаны «Гигант», с люком на периферии, в которых ведут отмоку, золку (см. *Золение*) и промывку без выемки кож. Размеры их: диаметр 3,0, длина 3,0 *м*; вместимость парного веса 3 000 *кг*; потребная сила 5—10 HP; скорость вращения 5,5 об/м. Эти барабаны характеризуются тем, что они разгружаются только один раз—после промывки за золкой. В краснодубных барабанах работают слабыми соками с заполнением $^3/_5$ пространства внутри барабана, а крепкими соками с заполнением $^1/_2$ пространства. Обычные дубные барабаны имеют ход автоматически переключающийся. Дубные барабаны для хрома не имеют обратного хода. Жировальные барабаны (фиг. 1) имеют размеры: диаметр 2,5 *м*, длина 1,25—1,5 *м*; потребная сила 2—2,5 HP, скорость вращения 12 об/м.; вместимость парного веса 300—375 *кг*.



Фиг. 1.

К химич. процессам относятся следующие.

1. Обезжиривание. Существуют два способа: обезжиривание сырья и обезжиривание в процессах пр-ва. Обезжиривание производится в особых аппаратах жировыми растворителями: бензином, четыреххлористым углеродом, хлоридами этана, три- и дихлорацетиленом. В виду высоких удельн. в. хлоридов последние требуют большого количества растворителя и не используются в промышленности. Бензин расходуется в возможно меньшем количестве, т. к. огнеопасен. Обезжиривание в отмочном виде производится при помощи эмульгирования растворами едкого натра различн. концентрации (в гашпилях) и последующих отжимов прессом.

2. Отмока. Характер отмоки зависит от формы консервирования. У отмоки две задачи: удалить с кожи грязь и посторонние вещества и оводнить кожу до парного состояния. а) Мороженое сырье предварительно размачивают в холодной (10°) воде; жидкостный коэф. во избежание замерзания воды д. б. не менее 1:8. Длительность 6 ч., лучше—при притоке и спуске воды. б) Парное и мороженое сырье освобождают от грязи $^1/_2$-часовой промывкой в барабане при притоке и спуске воды. Общая длительность 2—3 час. в) Соленое сырье освобождают отряхиванием от избытка соли и затем отмачивают в чану 2 часа, после чего спускают воду, а кожи опять отмачивают в чану 36 час. с двух-

или трехкратным спуском воды (или 24 час. в баркасе). Применение барабана в течение 1 часа среди отмоки ускоряет конвекцию. г) Сушье отмачивается в чану 8 ч. при смене грязной воды; затем 1—2 суток в чану со свежей водой. После разбивки оставшихся сухих мест в барабане (вначале применять барабан нельзя вследствие ломкости кожи) или же ручной разбивки по бахтарме (р а з м е з д р и в а н и е) снова производят отмоку в чану или гашпиле с прибавлением едкого натра. д) Сухосоленое сырье отмачивают в чану 2 ч. и, после смены грязной воды, еще 3—4 дня с переборкой в чанах, с разбивкой в барабане ($^1/_2$ ч. на 2-й день) или вручную.

Вода для отмоки д. б. мягкая, чистая и холодная, причем для первой промывки можно употреблять воду от предыдущей партии. На отмоку уходит 50—70% воды, расходуемой в производстве; в общем, на отмоку 1 *кг* кожи (по парному весу) расходуется от 15 до 35 *л* воды ежедневно. Большое значение для производства имеет определение отмочного веса, к-рый дает ориентировку в выгодности покупки сырья; при отмоке удаляются навал и прирези; кроме того содержание воды в сырье м. б. различно; с другой стороны, шерсть задерживает в себе воду при определении отмочного веса; нажор, и следовательно вес кожи, меняется при изменении $t°$ от 1 до 18° на 10%. Отмочный вес кожи устанавливают лишь через 12 часов обтекания на козлах; при определении веса через другие сроки необходимы поправки. Отмочный вес русского подошвенного сырья составляет 98—108% соленого веса, америк. сырье дает 110—125%, благодаря лучшему усолу и чистоте кожи. Для мелких кож отмочный вес имеет мало значения.

3. Х и м и ч е с к а я с г о н к а в о л о с а (о б е з в о л а ш и в а н и е) не должна портить шерсти, утилизация к-рой дает $1^1/_2$—4% экономии на стоимости готового товара (кроме опойка). Сгонка волоса при помощи намази сернистым натрием, ведущей к потере шерсти, ныне в СССР воспрещена (кроме жесткой подошвы и морского зверя). Химич. обезволашивание производят или чистою известью (длинная сгонка) или же известью вместе с другими химич. агентами (короткая сгонка). Длинная сгонка применима для кож, подвергающихся затем раззолу (мостовье). Короткая сгонка производится след. обр.: а) В отмоке растворяют в чану 0,1—0,3% бисульфита натрия или сернокислого аммония по весу воды и держат в ней кожи 4 ч.; затем их помещают на 12 ч. в чан с 0,1—0,15%-ным раствором сернистого натрия (3—4 переборки), подогретым до 20°, или в баркас на 6 ч. После этого кожи кладут в чаны (с переборками) на 2 суток или в баркасы с чистой известью на $1^1/_2$ суток при 22°. На третий день—сгонка волоса. Способ применим для подошвы и полувала. б) Составляется кашица из 1 *кг* Na_2S в 3 *л* воды и 3 *кг* негашеной извести в 6 *л* воды. Этой кашицей густо намазывают кожи (бараны, козлы), складывают их пополам, шерстью наружу, и кладут друг на друга в штабеля, но с тем, чтобы шерсть не пачкалась намазью. Через 24 часа кожи готовы к дерненью. При намази подошвы с лица процесс длится 2 ч.

4. Р а з з о л имеет целью удаление части гольевого вещества. В случае мостовья и хромового опойка раззол тесно связан с золкой. Раззол производится гл. обр. с помощью извести; раззол едким баритом не привился.

а) П о д о ш в а. Для жесткой (шпилечной) подошвы раззол неприменим, ибо дает неустойчивую к воде подошву; имеет место при выделке винтовой и рантовой подошвы.

б) П о л у в а л. После дернения кожи поступают в зольник на извести с прибавкой соды. Общее количество негашеной извести по парному весу 10%, соды 1%, соли 3%. Золка производится в 2 баркасах при 25°, причем сначала употребляют старый зольник, а затем свежий. Возможна трехдневная золка при более низкой $t°$. При отсутствии баркасов—4-дневная золка в 2 чанах с ежедневной переборкой со старым и свежим зольниками. При замене баркасной золки барабаном—18 ч. при 20—25°.

в) М о с т о в ь е. Здесь золение соединено со сгонкой. Количество извести 12—25% по парному весу. Золение тянется 13 дней при 15—20° (обжорный не выше 15°), причем для первых двух дней берется старый зольник не старше 1 месяца, и затем берется средний зольник, постепенно подкрепляемый известью.

г) М е л к и е к о ж и н а х р о м. Количество извести и темп-ра — как при мостовье. При золении опойка прибавляют 4% соли. Золение в чанах продолжается для опойка и барана 2—3 дня, для козла 3—4 дня.

д) К о ж а м о р с к о г о з в е р я (нерпы). Возможна сгонка намазью с лица и раззол по предыдущему. Другой вариант—сгонка волоса вместе с золкой: 3-дневная золка в чану; извести всего 12%; сернистого натрия $1^1/_4$% по парному весу.

е) З а м ш а и л а й к а. Раззол или удлиняется вдвое против раззола на хром или проводится в то же время, но в гашпилях при $t°$ до 25°. После раззола (а при подошве после сгонки) кожу забрасывают на ночь в холодную воду и затем промывают в барабане (см. *Замша*). После золки на подошву и полувал, кожи промывают $^1/_4$—$^1/_2$ часа холодной водой в барабане.

Между мездрением и промывкой определяется т. н. белый (зольный) вес (см. *Голье*), являющийся наиболее устойчивым весом кожи в процессе производства. На Украине в 1924/25 г. отношение белого к сырьевому весу для подошвы было: зимою 112,1, осенью 109,6, летом 105,1, весной 104,2. Это отношение зависит от шерстности, способа работы и степени нажора кожи (темп-ры).

5. О б е з з о л и в а н и е и м я г ч е н и е имеют целью удаление извести (кислотный способ) и части гольевого вещества (энзиматич. способ). По кислотному способу обеззоливание производится в случае подошвы и полувала, после сгонки волоса намазью и золки, 1,2% соляной кислоты по весу голья (прибавляемой 8 порциями в разведенном уже в 10 раз состоянии) при 20° в гашпиле в течение 5—6 ч. Затем следуют прессование или фасонирование (отжим) и промывка в течение $^1/_4$ ч. в холодн. воде для удаления солей кальция. Друг. способ кислотного обеззоливания принят Мостовьевым съездом для мостовья и заключается в применении киселя.

Кожи поступают в гашпиль со старым (от одной партии) киселем с $t°$ 28—35° и мягчатся 8—12 ч. Затем идут промывка в барабане $^1/_4$ ч. при 20° и фасонирование. После этого кожи переносятся в свежий кисель ($^1/_3$ старого киселя, $^2/_3$ воды, 2,25% ржаной или овсяной муки и 3% использованной одубины по парному весу). Длительность 10 часов, $t°$ 28—35°. Кисель следует применять для шорно-седельного полувала и легких сортов обувного полувала. Для подошвы применяется обеззоливание пятокой (т. е. кислотами брожения). По энзиматическому способу применяются препараты поджелудочной железы—мягчители МО2, МО и МК—отличающиеся различным содержанием сернокислого аммония. Использовать последний для удаления извести нерационально. Лучше давать теплый кисель по предыдущему в течение 3 ч., а затем прибавлять мягчитель,—обычно МО2; $t°$ в гашпиле 36°; длительность операции $1^1/_2$—2 часа. Количество мягчителя 0,75—1% по белому весу для барана и опойка, 1,2—1,5% для козлов. На замшу и лайку возможно увеличение мягчителя и уменьшение золки.

6. Нещелочная сгонка. Она применяется в тех случаях, когда нужно сохранить и шерсть и гольевое вещество. Теперь применяются в СССР только хлебные кисели (квашенье, опарка) для сыромяти при помощи ржаной или овсяной муки и соли. В отсутствии соли процесс идет скорее, но и острее. Часть муки и соли (60%) вносится в чан с $t°$ 40°, через 2—3 дня прибавляются остальная мука и соль. Потом производятся переборки; вначале ежедневно, под конец реже, в зависимости от длительности процесса. В отсутствии соли при ежедневном подогреве до 35° процесс в чану оканчивается в неделю; в присутствии соли и при ежедневном подогреве до $t°$ —20° летом в 15 дней и зимой—25 дней. После дернения производится докваска в течение 3 дней в квасу с $^1/_5$ ч. муки, потребной для сгонки. Процесс изучен мало.

7. Дубление. Дубление в СССР практикуется: красное, хромовое, замшевое, лайковое и комбинированное (см. *Дубление*).

а) Красное дубление см. *Подошва*, *Полувал*, *Мостовье*.

б) Хромовое дубление ведется в СССР в форме однованной, хотя для шевро рекомендуется двухванный процесс в барабане. Процесс разработан в СССР мало, и даже лучшие рецепты, приводимые ниже, спорны. Дубление соками в 40° Bé называется сухим, в 20°—полусухим; содержание окиси хрома при 18% влажности в коже 4—5,5%. В отработанных соках гидрат окиси хрома осаждается 1,7% кальцинированной соды; стояние 24 ч. Затем следуют промывка, стояние 24 ч. и растворение осадка в кислоте. Хромовый опоек по методу Стодольского з-да (1928 г.): сначала производят пиклевание в барабане следующим составом: соляной к-ты 2,2%, поваренной соли 7% и воды 60% по белому весу при $t°$ 18°. Затем, не останавливая вращения, приливают хромовый экстракт из расчета 1,8% окиси хрома (12% экстракта); характеристика экстракта: плотность 42° Bé, основность 50% Шорлеммера, Cr_2O_3 —15,4% (приготовляется из 300 *кг* хромпика, 400 *л* воды, 300 *кг* серной к-ты 52° Bé, 75 *кг* гипосульфита, 95 *кг* глюкозы; восстановление 3 часа; остывание до утра). Через $1^1/_2$ часа вращения приливают медленно раствор 0,2% кальцинированной соды. Через 2 часа после соды опоек выдерживает пробу на кип. Изменение основности дубильного раствора происходит следующим образом:

Начало дубления	51,0%	Перед дачей соды	45,1%
Через 15 мин. . .	46,3%	После дачи »	51,1%
» 30 » . .	46,0%	Обработан. сок	54,6%

Коэфициент использования 77,2%. За границей начинают с основности 33% и кончают 50%, но вообще дело не только в основности, но и в дисперсности, определяемой коэф-том помутнения и играющей роль в равномерности дубления. Хром-шевро, по методу Никкожтреста,—полусухое дубление. Пикель: 2% соляной к-ты, 9% поваренной соли, 100% воды по гольевому весу в барабане при 15—18° в течение 1 ч.; после пикеля—5% гипосульфита и 50% воды, 45 мин. в барабане. При этом к-та целиком нейтрализуется (в отличие от предыдущего способа) и выделяется сера, которую, повидимому, авторы этого метода считают желательной в шевро. Чтобы возместить недостачу к-ты в коже, дается квасцовая ванна: 50% воды, 3% алюминиевых квасцов, 3% соли—в течение 1 ч. Затем вливают туда же экстракт 2,5% Cr_2O_3 по весу голья. Сок при этом перед дублением получает основность 41,4% и содержит 1,64% Al_2O_3; коэфициент использования 70%. Через 2 ч.—0,6% кальцинированной соды по весу голья. Кожа содержит при 18% влаги 3,92% Cr_2O_3.

в) Замшевое дубление производится по следующему рецепту (для оленьей шкуры). Промытое голье прессуют (не очень сильно) и намазывают с лица 6% ворвани по парному весу; кожу сворачивают в пакеты и мнут 4 ч. в механическ. мялках для пропитывания жиром. Затем следует цветение в камере при 36° в течение 4 ч. (окисление), укладка в штабели на ферментацию на несколько часов, причем, если $t°$ поднимается выше 40°, внутренние и нижние кожи перебираются для охлаждения наверх. Эта жировка повторяется еще три раза. Затем кожи прессуют для выделения моэллона и обезжиривают тряпки в баркасе при концентрации 0,5%, 0,3%, 0,1% кальцинированной соды (по полчаса при 25°); после каждой ванны следует прессовка. Отпрессованная эмульсия собирается и нейтрализуется серной к-той для выделения дегры.

г) Лайковое дубление. На 100 мелких бараньих шкур берут 6 *кг* муки, 1 *л* яичного желтка (от 60 яиц), 5 *кг* квасцов, 1,5 *кг* соли, 40 *л* воды при 40° и все это превращают в равномерное жидкое тесто. Отмягченные шкуры помещают в небольшой барабан и вращают около 1 ч., затем их кладут в штабель на 24 ч. и обрабатывают в мялке 20 минут.

д) Комбинированное дубление в СССР пока не привилось. Представляет интерес краснохромовое дубление, хромолайковое дубление (хромкид), квасцовокрасное дубление (донгола). Хромовой замшей называется хромовая кожа с удаленным лицом.

8. Жировка. Жировка применяется в трех формах: а) с применением чистого жира, б) с применением жира в виде водных эмульсий и в) жировка твердыми жирами.

а) Жировка чистым жиром. Подошва и полувал (кроме шорно-седельного) смазываются жиром с лица и бахтармы, для того чтобы кожа была более эластичной, менее промокаемой и намокаемой и лучше была бы в носке. Америк. опыты показали, что жированная подошва дольше носится, чем не жированная. Предельн. количество жира для подошвы—$1^1/_2$%, для полувала—до 3%. Шорно-седельный полувал жируется перед сушкой для того, чтобы жир остался и в дальнейшем и проник внутрь кожи, так как это повышает ее прочность. Количество жира — 10%; состав: $^1/_3$ ворвани и $^2/_3$ сала. Вводится втиранием в нагретую кожу при 40—50°, особенно в крупон. Жировка сыромяти производится после сушки и отволаживания кожи в квасцах. На кожу наносится $^1/_3$ ворвани и $^2/_3$ сала в количестве 5% по парному весу; затем производится мятье в мялке. Операции повторяются два раза. При жировании сыромяти непредельные к-ты ворвани и сала (от 20 до 25% всего жира) оказывают дубящее действие; предельные же и твердые глицериды играют роль лишь смазывающего вещества. Мостовье—смазывается по лицу ворванью, по бахтарме—ворванью и дегтем (в отношении 2:1); общее количество жировой смеси до 10% по весу готового товара; затем $^1/_2$ ч.—барабан при 40°. Мелкий товар намазывают по лицу до 1—3% ворвани.

б) Жировка эмульсией применяется г. о. для хромовой кожи и соединяется обычно с крашением (чернением). Кожи перед жировкой согреваются до 60°, и эта же $t°$ поддерживается в барабане. Хромовый опоек—по строганому весу 200% воды и краситель; вращение в течение 1 ч., затем добавляется эмульсия: мыла «Монополь К» 1,2%, касторового масла 1,2%, кожевенного (или веретенного) масла 1,2%; вращение—45 мин. Хром-шевро—по строганому весу—100% воды и краситель, вращение—50 мин., эмульсия: 1,5% мыла, $^3/_4$% ализаринового масла, $^3/_4$% касторового масла; вращение—45 мин. Дожировка: $^3/_4$% сушеного яичного желтка, 2% сульфорицината натрия, 2% крахмала и 2% глицерина в 100% воды: 1 час при 40°. При крашении кислыми красителями избегать щелочей и мыла, при основных—применять мыло и нейтрализованное ализариновое масло (мыло «Монополь»).

в) Жировка твердыми жирами применима для хромовой подошвы. Для жировки берут парафин или, лучше, смесь его с канифолью в горячем барабане при 60—65°; сначала вводится 15—30% смеси; затем для более быстрого затвердевания жира кожи погружаются на несколько минут в холодную воду.

9. Обезжиривание после дубления применяется для мелких цветных кож. Ведется или в отжатом состоянии или (реже) в сухом. В отжатом состоянии кожа закладывается в барабан, куда приливаются трихлорэтилен (негорючий) или его смесь с бензином; последняя операция — огнеопасная и потому не рекомендуется. Для обезжиривания применяют специальные герметические экстракционные установки.

10. Крашение ведется до сушки (хромовая и краснодубная) или после сушки (краснодубная, замша, лайка). Следует различать чернение и цветное крашение. Цветное крашение, особенно по хрому, требует протрав. Чернение мостовья производится обычно в кроеном виде (см. *Посадка*). Чернение хромового товара происходит в жировальных барабанах. Для окраски берут хром-ледер-шварц, аниль-черный, гематин. Цветное крашение для ровного тона требует хорошей промывки, хорошей сортировки и тщательного обезжирения. Окраска ведется в несколько приемов слабыми растворами. Можно применять или окраску с обеих сторон (при дешевых красках), для чего пользуются гашпилями и барабанами, или с одной стороны—в корытах, красильных машинах и вручную щетками. В СССР принят барабанный способ, подходящий лишь для очень темных цветов. Из гашпиля окраска выходит много ровнее и полнее; при дешевизне небольших гашпилей их можно поставить несколько (вместо одного барабана) для разных цветов. Краснодубный товар красят и основными и кислотными красителями, хромовый—по краснодубной протраве—также. Замша и лайка требуют протравных красителей. Очень рекомендуется окраска дубителями и красителями по металлич. протравам. Важное значение имеет вода; следует применять или вполне обезжиренную конденсационную воду, или очень мягкую чистую речную, или артезианскую. P_H раствора играет роль при окраске, на что следует обратить внимание. В последнее время ровности окраски достигают перекрывая кожу после окраски альбуминными покрывными красителями. В качестве протравного дубителя для светлых тонов хорош сумаховый экстракт или экстракты из скумпии и ивового корья. Применимо перекрытие по основным кислотными, и обратно. Окраска производится до жировки в барабане ок. 1—$1^1/_2$ ч., в гашпилях 3—4 ч.; при окраске в 2—3 приема из слабых растворов время отдельной обработки сокращается. Концентрация в барабанах по красителю 0,5—1,5%, в гашпилях 0,1—0,5%; $t°$ комнатная.

11. Сушка и увлажнение. Так как капилляры кожи заполнены соком, введенным в кожу в последней фазе дубления, то от концентрации этого сока, при слабой промывке кожи, зависит количество дубителя, переходящего на поверхность кожи по мере сушки; дубитель, выделившийся на поверхность кожи, вызывает ее ломкость. Вполне продубленные фибриллы при наличии воды свариваются лишь при темп-ре выше 60°, недодубленные, особенно при наличии извести — уже при 43°. В сухом состоянии кожа выдерживает в виде голья более высокую $t°$, чем хромовая, к-рая значительно теряет прочность даже при 70°. Поэтому сушку лучше вести при $t°$ не выше 40°. В общем нормальной $t°$ сушки следует считать: для сыпного товара — 30 ÷ 35°; для соковых — 35 ÷ 40°; хром—35÷45°; лайка и замша—35°; сыро-

мять—20° (под конец выше). Такие низкие $t°$ требуют увеличения обмена воздуха. Принято сушить подошвы 3—4 дня, мостовье 2 дня и мелкий товар 12 ч. Вопрос о кожевенных сушилах в СССР довольно основательно разработан по линии теплотехнической. Два принципа конкурируют между собой: принцип автоматическ. циркуляции (Грум-Гржимайло) и принцип циркуляции с искусственным распределением воздушных потоков (Винкельмюллера). Следует заметить, что сушила первого типа требуют мало энергии; вторые — наоборот. Общая структура первых несомненно рациональнее. Однако следует исключить двухъярусный тип этих сушил, так как верхний ряд кож пересушивается; переключение тока воздуха то снизу то сверху кож нарушает чистоту принципа Грýм-Гржимайло и сушит кожу не так быстро, но зато более равномерно. В настоящее время делают попытки использовать влагу выходящего воздуха для увлажнения кож в тех же камерах, а также для отопления. Сушила с автоматической циркуляцией камерно-коридорного типа компактнее всех иных систем.

Увлажнение, помимо указанной попытки использования выходящего воздуха в тех же сушильных камерах, обычно производится в ящиках с влажными опилками. Сыромять увлажняется в слабых квасах. Цель увлажнения—смягчить лицо кожи и тем исключить возможность его растрескивания.

Процессы сушки производятся обычно однократно. Исключение составляет сушка наполненной подошвы, которая перемежается с отбелкой, и сушка хромовой кожи, к-рая чередуется с увлажнением, разбивкой и натяжкой на рамы; последняя производится с двойной целью: увеличить площадь кожи и придать ей бóльшую упругость. Натяжка на рамы мелкого товара очень важная операция, которой определяются товарные свойства кожи. Перетяжка дает товар, трудно посаживаемый на колодку и жмущий ногу; недотянутый товар меняет форму обуви. Для натяжки служат деревянные рамы и шилья или обойные гвозди.

12. Отбелка ведется различными путями. Отбелка наполненных кож (теперь в СССР воспрещенная) заключается в ополаскивании или полуминутном погружении сухой (до 7% влаги) кожи в слабый раствор соды, растворяющей экстракт на поверхности кожи; затем кожа тотчас идет на $^1/_2$ мин. в слабый раствор смеси соляной и серной к-т или щавелевой к-ты для нейтрализации соды. Растворившийся таннид тотчас выпадает в мелко раздробленном светлом виде. Затем производится ополаскивание чистой водой и продолжение сушки. При этом танниды частью смываются, частью же, и это главное, уходят внутрь кожи в свободные капилляры вместе с водой. Отбелка хромовой подошвы заключается в поверхностном пропитывании кожи концентрированным раствором хлористого бария (еще в пикеле или после сушки) и в последующем осаждении сульфата бария сернокислым натрием с промывкой. Затем следует досушка. Отбелка замши производится так: обезжиренная замша в баркасе обрабатывается 1 ч. 0,12%-ного раствора марганцевокалиевой соли в присутствии 0,03% (по весу воды) серной к-ты при 35°. После промывки следует восстановление в ванне из бисульфита (0,3% продажного раствора) и соляной к-ты (0,1% продажного); затем следует $^1/_2$-часовая промывка в баркасе при 35°, развеска на козлах и сушка. Для отбелки применяют также гидроль и подкисленные растворы пербората натрия или перекиси натрия. Имеются попытки отбелки ультрафиолетовым светом. Отбелкой называют также обработку хромовой кожи перед цветным крашением слабым сумаховым экстрактом—протравой.

13. Отделка играет особую роль и особенно разнообразна в производстве мелкого товара.

Подошва и полувал подвергаются во влажном виде разводке на разводных машинах, причем увеличивается площадь и разглаживаются лапы; для уплотнения после сушки и отволаживания подвергаются катке на катках; катка в сухом виде уплотняет до удельного веса 1,10, катка после увлажнения до 1,25; уплотнение зависит также и от давления машины. Высокое уплотнение маскирует намокаемость кожи, так как процесс этот замедляется, но достигает в конце концов своего естественного максимума. Для нормальной кожи сильной катки не применяют, и уд. в. подошвы не д. б. выше 1,10. Перекаткой дается аппретура из клея, муки (или талька), воды и т. п. для сглаживания мездры. Шорно-седельный полувал не прокатывают. Мостовье подвергается обработке на разбильной машине. Сыромять после мятья считается готовой. Гораздо более разнообразна обработка мягкого товара, по преимуществу казового. Примитивная обработка для рукавишных и хомутинных баранов сводится к разбивке. Крашеный краснодубный товар, высушенный после достружки лап и пол и пушения бахтармы на машине, подвергается нарезке (нанесению соответствующего рисунка) и прокатке доской или на кришпельмашине; операции повторяются 2—3 раза. Хромовый опоек после 2-й сушки утюжится на шагринирном прессе, глянцуется и лощится 2 раза, кришпелюется, прессуется вновь на прессе и измеряется на машине. Глянец состоит из водного раствора (11,6 *л* воды) шеллака (0,7 *кг*), буры (0,3 *кг*) и 42 *л* дефибринированной крови с примесью ализаринового масла, метилового спирта, формалина и красителей (нигрозин и гематин). Цветной опоек вместо глянца опрыскивается покрывным красителем. Хром-шевро после второй сушки пушится, глянцуется и лощится два раза, уплотняется на прессе при 50°, протирается минеральным маслом и измеряется. Для цветного—после окраски покрывные красители. Замша после сушки отволаживается, разминается вручную, сортируется, разбивается шлихтом по бахтарме, штопается, где нужно, пушится на машине. Лайка отволаживается, разминается вдоль и поперек, сушится и вновь разминается и лощится на вращающемся цилиндре, обтянутом плюшем или войлоком. Шеврет после сушки пушится, дважды глянцуется и лощится, утюжится электрич. утюгом или прессом, протирается минеральным маслом и измеряется.

Спилок грунтуется, нарезается и покрывается водяным покрывным красителем, затем обрабатывается формалином для закрепления альбумина и шеллаковым глянцем. Вельвет (хром-замша, хромовый оюек или козлина двухванная) после нейтрализации подвергается строжке. Это—центральная операция для вельвета; чем глубже строжка, тем лучше товар. Затем следуют жировка, 3—4 дня лежки, отволаживание, разбивка, пушенье, промывка при 50° в течение 1 ч., пушение в мокром виде особым наждаком, промывка $^1/_4$ ч. в теплой воде, окраска (для черного гематином и нигрозином, а затем основным); в том же барабане дожировка: 2% глицерина (по сухому весу) и 4% сульфорицината Na. Споласкивание, сушка, разбивка, пушение. Щеточная машина, горячий утюг (или пресс) на стекляи. столе по лицу.

Лакировка кож применяется и для жесткого (ремни, козырьки) и для мягкого товара. Следует различать лакировку в собственном смысле слова и применение покрывных красителей. Лаки применяются для кожи: масляный, целлюлозный и комбинация обоих. Операция лакировки состоит из 3 стадий: двух грунтовок и собственно лакировки; каждая стадия отличается от предыдущей бо́льшим разбавлением лака и более тонким слоем. Каждый слой высушивается и пемзуется. При последней сушке необходимо преградить доступ пыли из воздуха, для чего применяется фильтр. Сушка длится до 12 ч. при 40—45° для масляного лака и несколько меньше для целлюлозного.

Масляный лак. Основа — льняное масло. Составы изготовляются след. образом: 1-й грунт—масло с глетом варятся при 200° в течение 24 час., затем прибавляют: парижскую лазурь, борнокислый марганец, резинат кобальта, свинцовый сахар и тальк, и варят при 250°, пока состав не начинает тянуться в нить; по охлаждении массу разбавляют скипидаром и прибавляют сажу; 2-й грунт — масло и глет варятся при 220° 13 часов, затем прибавляют: глет, борнокислый марганец, резинат кобальта, свинцовый сахар, тальк и часть сажи (около 60% ее количества), и смесь нагревается до консистенции каменноугольной смолы (нитка в 5—6 *см*); по охлаждении фильтруют, разбавляют скипидаром и добавляют остальную сажу; лак-масло варят при 220° в течение 3 ч. и при 280° в течение 1 ч.; затем прибавляют парижскую лазурь и варят при 230—280° 6 ч.; по охлаждении до 180° разбавляют скипидаром до уд. веса 0,86—0,94. Количество скипидара: для 1-го грунта—50% по весу масла; для 2-го—до густоты касторового масла.

Целлюлозный лак может готовиться из нитроцеллюлозы и ацетилцеллюлозы в органических растворителях. Простейшим является раствор кинопленки в амилацетате, разбавленный амиловым спиртом и бензином. Вообще для образования целлюлозного лака требуются три вида растворителей: низкокипящие кетоны (ацетон) и спирты (метиловый) для нитроцеллюлозы, метил- и этилацетаты для ацетилцеллюлозы. Чтобы избегнуть получения непрозрачной пленки при испарении, добавляют высококипящие (до 200°) растворители (амилацетат, фурфурол). Для смягчения прибавляют касторовое масло или эфиры фталевой к-ты (палатиноль и т. д.), кипящие выше 250°. Нитроцеллюлоза применяется низшей степени нитрования. Для разжижения берут разбавители (лучшие—бензол и толуол); бензин и скипидары осаждают при больших количествах целлюлозные эфиры, но тем не менее применяются при больших количествах эфирных растворителей.

Покрывные красители содержат растворитель, краситель и дающее пленку вещество. Они делятся на 2 группы: альбуминные и коллодийные красители. Первые представляют собой водную суспензию минеральных красок, альбумина, казеина и кислотного растворимого органич. красителя. Ингредиенты смешиваются перед опрыскиванием. Они безопасны в пожарном отношении, неломки, но непрочны к воде. Их закрепляют формалином или горячей обработкой лица (утюженье). Коллодийные красители — минеральные и органич. нерастворимые краски в смеси с растворителями и целлюлозными эфирами. К ним прибавляют касторовое или оливковое масло для смягчения; они прочны в воде, но ломки, дают грубую кожу и огнеопасны. Покрывные красители могут наноситься на кожу не только шприцаппаратом, но и другими способами—щеткой, обливанием, печатанием и т. п.

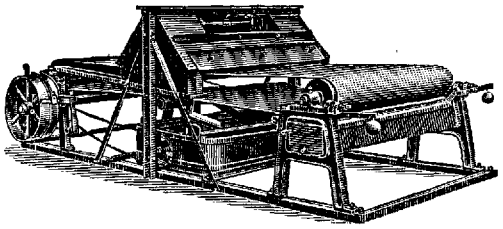
Печатание в несколько цветов, связанное с нарезкой, служит превосходным средством для поднятия ценности кожи и закрытия лицевых пороков. Рисунок подбирается соответственным образом. Это дело хорошо поставлено в Америке.

Механические операции. Сюда относятся следующие процедуры. 1. Загрузка и выгрузка кож. Эти операции обычно производятся вручную — при помощи клещей (в зольных операциях) и непосредственно руками (в дубных чанах). В сыпнях на плаву подъем кож осуществляется веревками, привязанными к плоту. В ходах кожи переносятся из чана в чан вручную на палках. Для барабанов с лазом на периферии обычна автоматич. выгрузка (поворотом барабана) непосредственно на пол. Механизация выгрузки имеет место в разных операциях. В чанах производят перетяжку кож из чана в чан, связывая их друг с другом за лапы в виде цепи и привязывая последнюю кожу к вращающемуся дощатому барабану. Установка небольших передвижных домкратов у сыпен на плаву, работающих на принципе трещотки, облегчает поднятие плотов. Наиболее механизированным является перенос кож из ходовых чанов в смежные при помощи катучих кранов; до сего времени этот перенос производился целыми сериями (всей загрузки чана, повешенной на раму) вместе с рамой. Однако такое оборудование обходится очень дорого, в особенности в связи с необходимостью укреплять потолочные балки. Представляет интерес поднятие ручными подвижными талями по одной коже на палках. Конвейеры дешевы и потому применимы для мелких кож, особенно в сушилах; они представляют собой двойную цепь Галля, вращаю-

щуюся на 2 барабанах и приводимую в движение вручную. Конвейеры для тяжелых кож не окупаются, и их лучше заменять тележками со стеллажами.

2. Внутризаводский транспорт. Для горизонтального передвижения применимы тележки, тачки, рельсовые и подвесные пути. Наиболее рациональными для некрупных кож следует признать тележки в виде козел на трех колесах, обтянутых резиной. Для небольших расстояний однако допустимы и тачки. Для перевозки кож на расстояние 10 *м* и более рекомендуются тележки-платформы на рельсах с двумя бортами. Для спуска кож вниз применяются гладкие доски под углом в 35—50°. Подъем вверх совершается или лебедкой с палками для завески кожи, или на лифтах (для мелких кож), или же на специальных ленточн. транспортерах (под углом в 25—30°), снабженных поперечными задержками для кож.

3. Сгонка волоса. Ручная сгонка ведется на колодах при помощи тупика, причем рабочий отсортировывает красную, черную, серую и белую шерсть в отдельные кучи. Удаление шерсти, разложенной сернистым натрием, производится или лопатой или в промывном барабане. Ручная сгонка может быть рекомендована или в очень малых предприятиях, или для пестрых шкур, или для удаления шерсти с лап, башки и т. п. после машины, если шерсть сошла не вполне удачно. Для машинной сгонки волоса существуют различные машины. На фиг. 2



Фиг. 2.

изображена машина для намази с мездры. Кожи накладываются на бесконечную движущуюся резиновую ленту и расправляются на ней. В середине станины укреплена коробка с разбрызгивающими соплами, к-рые наносят намазь на кожу. Производительность машины в 4 раза превышает ручную намазь (3 500—4 200 козлин или 2 800—3 500 опойков в 7 час.). Для дернения мелких кож особенно удобны машины с наклонными шиферными ножами на вращающемся валике. Эти машины тем выгоднее, чем мельче кожи.

4. Мездрение. Под этим термином в последние годы часто разумеют две разных операции: размездривание и разбивка кожи по более плотным частям во время отмоки и золки, и подхаживание (для крупных) и собственно мездрение (для мелких), т. е. удаление мездры. Первая операция, производимая по бахтарме тупиком, сохранилась и до сих пор; вторая почти на всех крупных заводах выполняется машинами. Подхаживание прежде велось подходкой (бритвой), т. е. остро наточенной гнущейся полосой стали; мездрение—мездряком, т. е. острым изогнутым ножом. Мездрильные машины отличаются от дернильных лишь тем, что шиферные ножи в них заменены стальными. Мездрильные машины пропускают на 20—30% меньше кож, чем дернильные, и требуют на 30—50% больше силы, но и они безусловно выгодны при малых кожах; для больших кож они выгодны лишь при дешевизне энергии.

5. Чистка лица и глаженье производятся вручную лишь на мелких заводах и в случае легко разрывающейся кожи; для мелких кож применяют камень, для крупных—тупик. Фирмы рекомендуют ставить для глаженья дернильные машины с теми же вальцами. Однако на заводах не только у нас, но и за границей, для мелких кож в ходу многостольные машины «Турнер», и только для крупных используются дернильные машины типа «Эврика», которые при 5 столах имеют производительность до 2 800 мелких кож (в 7 час.).

6. Двоение из зольного может производиться для целых кож только машинное. Для сыромятных ремней применяют ручную машину; последняя делается в СССР (Уральская промкооперация) и двоит ремни 5—7 *см* ширины. Принцип ее—ручная протяжка ремня через нож между двумя валиками; машина очень компактна: около 0,7×0,15 *м* и высотою 0,7 *м*. Двоение целых кож наиболее рационально из зольного и применимо гл. обр. для мостовья. Толщина пиленого мостовья 2,5 *мм*, для чего в зольном установка должна быть 2,6 *мм*. Двоение слишком толстых кож при такой толщине дает слабый лицевой спилок. Наиболее подходяща для двоения яловка средняя. Операция ведется ленточной машиной, а на небольших з-дах, где ленточную машину поставить нельзя, производят двоение из 3-го дуба на машине «Юнион». Ленточная машина построена по принципу ленточной пилы: стальная лента без зубцов вращается в горизонтальном положении на 2 шкивах. См. *Двоение кожи* и *Двоильная машина*.

7. Разводка и растяжка. Растяжка, как и чистка лица, в случаях мелких кож обычно производится на многостольных машинах; для крупных кож применяют вальцевые машины (типа дернильн. машин) или барабанные машины, в которых подача материала производится барабаном.

8. Прокатка. Ручная прокатка производится груженой (500 *кг*) одноколесной тележкой. Прокатный каток представляет собою медный (фосфористой бронзы) или из иного неокисляющегося металла каток, движущийся по такой же доске в ту или другую сторону. Давление катка на кожу можно регулировать от 6 до 30 *т*.

9. Прессование. Прессование производится гидравлическими прессами, хотя есть и ручные системы. Рекомендуется система с двумя подвижными на колесах плитами с давлением до 15 *кг/см*^{2}. Загрузка—40—60 крупных кож; расход силы до 3 *Н*.

10. Строжка и *бланширование* (см.) производятся вручную лишь на малых заводах. Строгальная машина имеет валок с ножами, как и предыдущие типы, но кожа может двигаться и в обратную сторону.

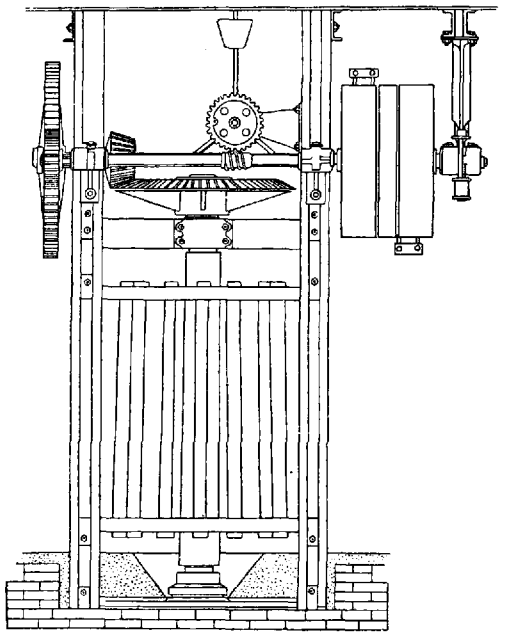
Пыль при строжке сухой кожи удаляется особым вентилятором. Бланшировальная машина работает главн. обр. по сухой коже. В табл. 2 приведена производительность в 7 ч. машины «Бланка» (при 2—3 Hp и 1 рабочем).

Табл. 2.—Производительность бланшировальной машины «Бланка» (в шт.).

Род кожи	Бланширование	Буффирование (счистка лица)
Бараны, козлы . . .	до 280	—
Опойки	140—175	—
Конина	80	55
Мостовье	70—105	55—70
Полувальн. кожа . .	55	30—40

11. Мятье кож имеет значение в производстве замши и сыромяти. При производстве замши кожи в пакетах закладываются в мялку. Для мятья сыромяти применяются полузакрытые мялки русского типа (фиг. 3). В мялку закладываются 10 бычин на 10 часов, мялка работает попеременно то в одну то в другую сторону. При мятье развивается тепло; закрытые деревянным кожухом мялки проводят процесс при $t°$ довольно высокой, но вредной для кожи; при низкой $t°$ мятье идет плохо; выше 35—40° $t°$ повышать не следует. Расход силы 3 Hp.

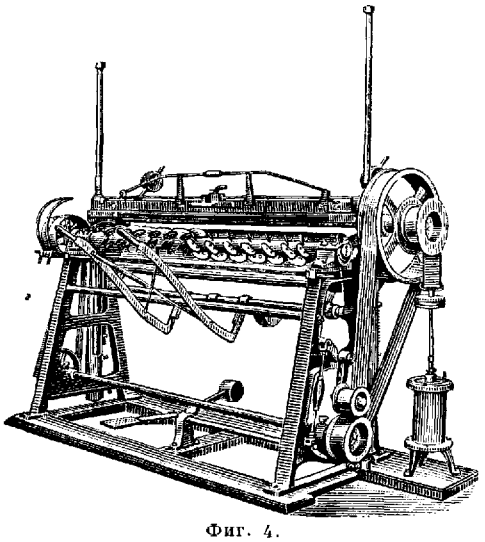
12. Разбивка (мягчение) производилась вручную на *бельях* (см.). Этот способ теперь может иметь значение лишь для легко рвущихся кож и на малых з-дах. Обычный



Фиг. 3.

принцип разбильной машины—протягивание кожи в щель с помощью ударяющего сверху валика. Расходуя 1—2 Hp и требуя 1 человека, разбильная машина вырабатывает в 7 час. 350—420 мелких или 105—175 крупных (легких) кож.

13. Посадка ременных чепраков вручную может производиться натягиванием на рамы в мокром виде с последующей сушкой; работа тяжелая и требующая много рабочей силы. При машинной работе половина чепрака, шириною до 0,67 *м*, закрепляется в зажимах мездрой вниз, и машина приводится в движение. Металлические тупые ножи разводят кожу, а один из зажимов передвигается до



Фиг. 4.

требуемой длины. При достижении нужного растяжения активная работа машины выключается автоматически, после чего кожа остается еще на 10 мин. в зажимах. Потребная сила 6—7 Hp. Один рабочий обслуживает 3—4 машины.

14. Лощение производится, кроме кустарных предприятий, на машинах, обычно с механич. приводом. Рабочий неподвижный ролик делается или агатовый или (что хуже) стеклянный. Машина обычно снабжается наклонным столом (фиг. 4); производительность 350—420 кож в 7 час. Для тонких кож растительного дубления рекомендуется машина с горизонтальным столом. Лощилка для лайки представляет собою вращающийся барабан, обтянутый плюшем, войлоком или другой подходящей материей без шва; производительность: 280—350 кож в 7 час. при расходе силы $^1/_4$ Hp.

15. Шагреневание (наводка мереи, т. е. нанесение тисненого рисунка на кожу, производится вручную, или специальными валиками, или на лощилках с заменой стеклянного ролика фасонным с соответствующим рисунком. Гораздо более стойкий рисунок производится горячим тиснением. Плитовая машина работает нагреваемой плитой с нанесенным рисунком, к которой прижимается снизу кожа при помощи гладкого валика; доска обогревается паром.

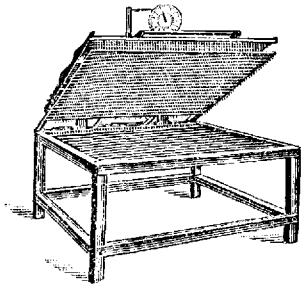
16. Аппретирование. Обычно в СССР нанесение глянца производится вручную на столах при помощи губки; подобным же образом производится жирование; чернение и крашение, если нежелательно окрашивать бахтарму, производятся щетками.

Для больших з-дов применима машина для аппретирования, к-рая заменяет 7—9 чел. при расходе 2—3 Н.

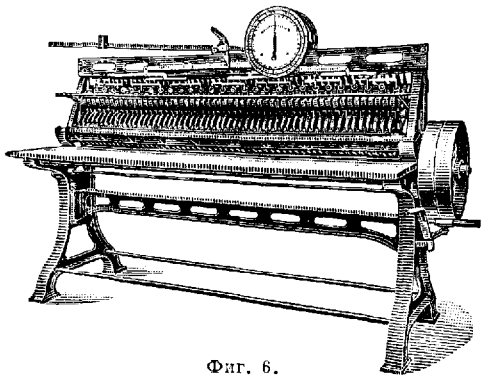
17. Кришпелевание, обработка пробковой доской вручную, применяется и ныне на средних заводах для смягчения кожи и придания ей естественной мереи. Машинная обработка ведется между вальцами кришпель-машины, имеющей производительность в 7 час. 170—210 мелких или 55—70 крупных кож, при 1 рабочем.

18. Пемзование и обработка щетками. В ручной форме эти операции неприменимы, т. к. крайне непродуктивны; прежде ручное пемзование применялось при производстве лаковой кожи, но ныне совершенно вытеснено пемзовальными машинами. Пемзовальная машина с пемзовым или карборундово-наждачным валиком работает по влажной коже; при деревянном барабане с наждачной лентой она служит для шлифования сухой кожи, при установке щетки работает для очистки кож от приставшей пыли. Производительность: 350—420 мелких кож в 7 час. при 1—2 Н и 1 рабочем.

19. Складские работы—измерение размера кожи, взвешивание, упаковка и клеймение — могут производиться и вручную. Измерение поверхности кожи производится планиметром; применимо также измерение по сетке. На последнем принципе построена и измерительн. ручная машина Винтера (фиг. 5) с автоматическ. счетчиком. 1 рабочий может на ней обмерить 400 мелких кож и 85 крупных в 7 часов. Для крупных заводов принята интегрирующая машина системы Савайе (фиг. 6), в которой кожа втягивается в аппарат валиками. При машине д. б. аппарат для клеймения кожи футажем. Клеймение производится вручную, но для больших заводов следует рекомендовать машинное клеймение. Знаки, сделанные на сырой коже, видны и на обработанной. Имеются клеймильные машины и для готовых кож.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

20. Обработка шерсти. См. *Шерстомойки*, *Сушилки для шерсти*.

Утилизация отбросов. Очистка сточных вод производится последовательно: 1) отстаиванием мела и пр. в танках; 2) обработкой вод 10-минутным продуванием с активным илом; 3) биологич. фильтрами. Мездра идет на клей; жир после вытапливания—в К. п. (т. н. мездряное сало); рога и копыта—на роговые изделия; шерсть на войлоки и пимы. Одубина направляется в топку. Подзол (из зольников) м. б. применен как водоустойчивый строительный материал, если в нем нет сернистого натрия. Мелкий лоскут может применяться для плетеных изделий, жесткий для штамповки пуговиц; стружка—для склейки простилок и подборов и т. п. суррогатов кожи.

Проектирование кожевенного завода. Здесь нужно иметь в виду: 1) наличие воды с расходом 4—5 $м^3$ на 100 *кг* парного веса; 2) качество воды; 3) доступность и дешевизну дубильных материалов (при сыпном способе на 1 *кг* отходящих грузов приходится 7 *кг* входящих, причем дубильный материал составляет главную массу входящего груза); 4) утилизацию одубины на пар; 5) необходимость пара в производстве, 6) вредность сточных вод для населения. При сыпных и сокових способах, требующих чанов, бо́льшая площадь з-да ($^1/_2$—$^2/_3$) располагается в 1-м этаже. Хромовые з-ды м. б. расположены в 2-м и даже 3-м этаже. Чем мельче кожа, тем легче провести для нее поточную систему. Наличие большого количества чанов одноименного назначения, при тяжелых кожах, принуждает комбинировать поточную систему с групповой и в связи с этим применять транспорт. Огнеопасные операции—обезжиривание бензином, покрывное крашение целлюлозными лаками, лакирование—д. б. вынесены за пределы з-да. Количество рабочих на кожзаводах, в силу того что рабочая сила составляет 7—15% стоимости полуфабриката, сравнительно невелико; стоимость энергии пара — обычно не выше 5% стоимости кожи. Благодаря влаге в цехах (отмочно-зольный, дубной) электропроводы должны быть основательно изолированы.

Лит.: Материалы по очистке сточных вод кожевенных з-дов, «Труды Центр. комитета водоохранения», М., 1927, вып. 6; «Вестник Всерос. кожевен. синдиката», М.—Л., 1927, *1—3*; ibid., 1927, *10*; ibid., 1928, *9*; ibid., 1927—29; Западский А. А., Кожевенное производство, Н.-Новгород, 1923—24; Локшин И. Я. и Казаков А. М., Выделка мелких хромовых кож, 2 изд., М.—Л., 1927; Поварнин Г., Основы хром. дубления, М., 1910—11; его же, Практич. этюды о хромов. дублении, М., 1911; Шапиро А. Я., Производство, крашение и отделка хромовой подошвы, Москва, 1927; Wagner A. — Pässler J., Handbuch f. d. gesamte Lederindustrie, Lpz., 1924—25; «Collegium», Ober-Ramstadt, 1926—29; Schmidt J. u. Wagner A., Gerberei-technisches Auskunftsbuch f. gesamte Lederindustrie, Durlach, 1905; Meunier L., Vaney C., La tannerie, Paris, 1903—17; Borgmann J. u. Krahner O., Lederfabrikation, B. 1—5, B., 1923—1925; Procter H. R., The Principles of Leather Manufacture, London, 1922; Rogers A., Practical Tanning, L., 1922; Jettmar J., Praxis u. Theorie d. Ledererzeugung, B., 1901. **Г. Поварнин.**

Техника безопасности. К. п. сопряжено с большой опасностью как для занятых в нем рабочих, так и для окружающего населения. Основными опасными и вредными

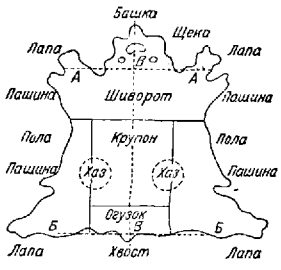
моментами являются: 1) опасность заражения сибирской язвой, 2) наличие повышенной влажности в мастерских, 3) опасность отравления продуктами разложения кож при спуске рабочих в чаны, 4) сточные воды, 5) тяжелый физический труд. В виду этого к устройству и оборудованию кожевенных заводов предъявляются особые требования. Они должны быть расположены вне поселений и не ближе 2 *км* от них вверх по течению реки. Вся территория завода д. б. обнесена сплошным забором. Все отделения з-да д. б. расположены по ходу производства. В целях сокращения физического труда по перемещению кож этот процесс должен производиться при помощи соответствующих механизированных приспособлений. Все отделения з-да (кроме складов) должны отапливаться. В отделениях водян. работ полы должны быть водонепроницаемы, со стоком в канализационную сеть. Полы должны после работ обильно промываться водой. Сточные воды должны поступать в общегородскую канализационную сеть, а при ее отсутствии—в специальные очистные устройства. Отбросы производства должны храниться в специальных приемниках и затем, если они не утилизируются, вывозиться на отведенные санитарным надзором участки. Склады сырьевых кож должны помещаться в отдельных помещениях. Кожи, не имеющие установленных клейм, удостоверяющих их безопасность, должны быть предварительно подвергнуты санитарно-ветеринарному осмотру. Отмочное, зольное, мягчильное и дубное отделения должны находиться в изолированных друг от друга помещениях, т. к. каждое из них имеет свои опасности и вредности. Зольные, мягчильные и дубильные чаны должны располагаться группами с проходом между чанами не менее 1 *м*. Между двумя рядами дубных и промывных барабанов и баркасов должен иметься проход не менее 2 *м*. Отмоки и зольники должны делаться из водонепроницаемых материалов (бетон и т. п.). Все чаны, у которых высота верхнего края от пола менее 500 *мм*, во избежание падения в них рабочих д. б. закрыты прочными крышками во время операций. Перед очисткой чаны д. б. обильно промыты водой и жидкость д. б. удалена через спускное отверстие. Спуск в чаны для их очистки должен производиться непременно при участии двух рабочих, причем рабочий, спускающийся в чан, обвязывается веревкой, свободный конец которой держит второй рабочий. Зимние сушила д. б. изолированы от з-да сплошными стенами с дверями, открывающимися по направлению выхода. Для борьбы с повышенной влажностью в водяных отделениях д. б. устроена приточно-вытяжная вентиляция. Корьедробилки во избежание выделения пыли должны иметь местную и общую вентиляцию. Местная вентиляция требуется для аппаратов, приготовляющих хромовый экстракт, а также для восстановительных ванн и барабанов при хромовом дублении по двухванному способу. Изготовление искусственной дегры или сульфурированного масла должно производиться в особо предназначенном для этого помещении.

Вопрос о механизации отдельных производственных процессов должен решаться с учетом опасностей и вредностей ручных операций. При выборе механич. оборудования следует отдавать предпочтение таким приборам, которые сокращают количество выемок и загрузок кож. Кроме общих требований об ограждении опасных движущихся частей (зубчатых колес и т. п.) необходимо выполнять следующее: промывные и дубные барабаны д. б. ограждены перилами высотой не менее 900 *мм* со сплошной зашивкой внизу на высоту 18 *см*. Выступающие болты вращающихся барабанов должны быть прикрыты гладкими оболочками. Нерабочие части ножей двоильн., мездрильных и строгальных машин и корьерезок должны быть прикрыты футлярами. Корьерезка должна иметь стол для подачи корья. Измельчающие части корьедробилок д. б. заключены в герметические кожухи.

При каждом отдельном здании завода д. б. устроена отапливаемая и хорошо вентилируемая раздевальня с отдельными для каждого рабочего шкафчиками, которые должны иметь отделения для рабочей и домашней одежды. Для просушки мокрой одежды д. б. устроены особые сушильни. Для мытья рук и лица д. б. устроены особые помещения с подачей в умывальники горячей и холодной воды из расчета 1 кран на 10 человек. Эти помещения должны иметь непосредственную связь с мастерскими.

Лит.: Якимчик И. И., Законодательство по технике безопасности и промышленной санитарии, 3 изд., Москва, 1929; Флоринский. Кожевенное производство, его опасности и вредности, М., 1929; Syrup F., Handb. d. Arbeiterschutzes, B. 2, p. 254—264, B., 1927. **П. Синев и А. Шафранова.**

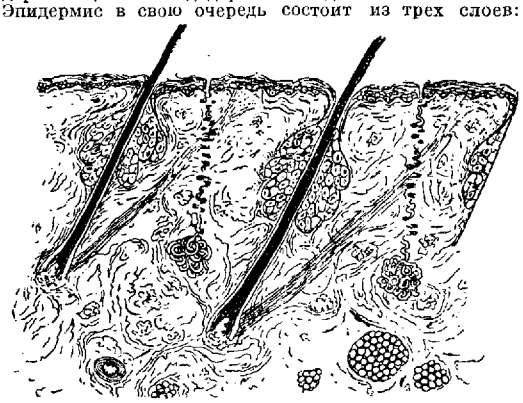
КОЖЕВЕННОЕ СЫРЬЕ, невыделанные шкуры животных, пригодные для выработки кожи. Шкура животных обладает на различных участках неодинаковою прочностью и плотностью (см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 123), и в этом отношении различаются следующие части (фиг. 1): башка, лапы (четыре), полы (две), шиворот, огузок, хребет, пашины (четыре), хвост; в башке различают щеки (гоноши). Технологически кожа делится на черпак и полы или на вороток, крупон и полы (см. *Ремни приводные*). В состав крупона входят приходящиеся над крестцом и лопатками наиболее плотные участки шкуры. В конской шкуре части над крестцом называются хазами, шпигелями или саврами. Часть хребта на воротке, покрытая складками, называется борухой и является наиболее рыхлой. Наименее прочными частями шкуры являются пашины, затем лапы, башка и полы. Крупон по хребту несколько слабее участков над лопатками и крестцом, передняя его часть слабее задней. Перпендикулярная к хребту линия *АА* представляет собою линию переднего реза; такая же линия *ББ* в задней ча-



Фиг. 1.

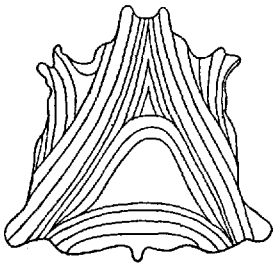
сти—линию заднего реза. У разных животных соотношения отдельных частей шкуры различны; их можно выражать в долях отрезка хребтовой линии $ВБ$, заключенного между линиями $АА$ и $ББ$. В шкурах крупного рогатого скота длина крупона равняется от $^2/_3$ до $^3/_4$ этого отрезка.

Гистологическое строение. Правильно снятая шкура состоит из трех основных слоев (фиг. 2): эпидермиса (эпителия), дермы и подкожной клетчатки. Эпидермис в свою очередь состоит из трех слоев:



Фиг. 2.

слизистого (мальпигиевого), зернистого и рогового. Слизистый слой построен из живых, размножающихся клеток, причем старые клетки постепенно оттесняются более молодыми наверх; зернистый слой состоит из переродившихся и умирающих клеток, а роговой слой—из совершенно обезжиренных и отмерших клеток, известных в общежитии под названием перхоти. Волос возникает в мальпигиевом слое в виде сосочка, который превращается в волосяную луковицу; из нее вырастает волос, который, прободая эпидермис, выходит наружу. Волос, как и когти, копыта и рога, состоит из кератина.



Фиг. 3.

Дерма также состоит из трех слоев: лицевого (гиалинового), коллагенового и эластинового; нижняя часть лицевого слоя называется также железистым слоем, так как здесь расположены потовые и сальные железы, по которым лицевой слой может быть содран с дермы. В отличие от эпидермиса дерма построена не из клеток, а из волокон (на 95%—коллагеновых). У взрослого животного коллагеновые волокна состоят из пучков более тонких фибрилл (диаметром до 1 μ), а последние в свою очередь составлены из мицеллярных нитей, представляющих собою элементарные кристаллы коллагена. Число фибрилл в коллагеновом волокне достигает 10 000; они перевязаны в пучки колечками. Эластиновые волокна имеют в толщину около 10 μ, снабжены разветвлениями и также образуют пучки (по 10—20 волокон). Волокна идут в общем параллельно поверхности, но при более детальном рассмотрении их ткань оказывается перепутанной. Пучки волокон на полах тоньше, чем на крупоне. Общее направление волокон по поверхности кожи показано на фиг. 3.

Подкожная клетчатка также состоит из коллагеновых волокон, между к-рыми разбросаны жировые клетки; кроме того в дерме и подкожной клетчатке разбросаны кровеносные сосуды, нервы, мышечные пучки. Волосяные сумки, потовые и сальные каналы и кровеносные сосуды образуют в шкуре пустоты, которые обычно направлены наклонно к поверхности. Между волокнами и фибриллами имеется до 2% аморфных белковых веществ, которые образуют межволоконное вещество.

Химия сырья. В состав шкуры входят главным образом три альбуминоида: кератин (эпидермис и волос), коллаген (дерма и подкожная клетчатка) и эластин (прослойки в дерме). Кроме того в состав межволоконного вещества входят мукоиды, в кровеносных сосудах остаются альбумины и глобулины, в нервных нитях — нейрокератин, а в мускулах—миозин. Наконец в шкуре имеются продукты распада белка, зола и жиры. Наиболее важное техническ. значение имеют кератин, коллаген, эластин и жиры; при обработке шкур ценной частью является собственно коллаген и отчасти эластин. Все азотсодержащие вещества шкуры (кроме кератина), взятые вместе, носят название гольевого вещества.

Состав гольевого вещества дермы в % (по Мак-Лафлину) следующий:

	Бычья шкура	Коровья шкура	Опоек
Коллаген	33,20	32,16	30,80
Альбумин, глобулин	0,70	0,37	1,87
Эластин	0,34	0,10	0,02
Мукоид	0,16	0,13	0,23
Вода	65,60	67,24	67,08

Состав абсолютно сухого голья в % (по Шредеру) следующий:

	Жир	Зола	Гольевое вещество
Коровья и бычья шкура	0,19—0,43	0,27—0,33	99,30—99,52

Элементарный состав альбуминоидов в % следующий:

	C	H	N	O	S	
Кератин . .	50,55	7,0	16,6	22,4	3,45	
Коллаген (глютин)	50,9	6,8	18,59	23,8	0,53	(Садиков)
Эластин . .	54,08	7,2	16,85	21,57	0,30	(Читтенден-Гарт)

Характерным для этих веществ считается их распад при гидролизе на различное количество аминокислот (табл. 1).

Табл. 1.—Распад альбуминоидов на аминокислоты.

Вид альбуминоида	Глицин	Аланин	Лейцин	Глутамин. к-та	Аргинин	Лизин	Тирозин	Пролин	Цистин	Авторы
Кератин (конск. волос)	4,7	1,5	7,1	3,7	4,5	1,1	3,2	3,4	8,0	Абдергальден
Коллаген	25,5	8,7	7,1	5,8	8,2	5,9	—	9,5	—	Абдергальден
Эластин	25,8	6,6	21,1	0,8	0,3	—	0,3	1,7	—	Дакин

Основные отношения альбуминоидов шкур к реагентам приведены в табл. 2.

Гольевое вещество в шкуре находится в набухшем состоянии; происходящее при этом упругое утолщение шкуры носит название нажора. Нажор зависит от набухания коллагена вследствие присоединения воды к протомицеллам коллагена. Низкая $t°$ и отсутствие нейтральных солей способствуют нажору. Влияние P_H характеризуется кривой, изображенной на фиг. 4. При высоких концентрациях кислот и щелочей (более

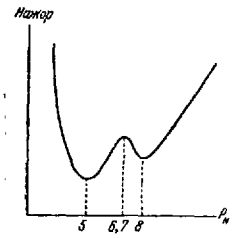
Табл. 2.—Отношение альбуминоидов к реагентам.

Вид альбуминоида	Кислоты		Щелочи		Вода		Трипсин	Пепсин
	слаб.	ср. конц.	слаб.	ср. конц.	холодн.	горяч.		
Кератин	Неизм.	Неизм.	Сл. гидр.	Гидрол.	Неизм.	Неизм.	Неизм.	Неизм.
Коллаген	Нажор	Гидрол.	Нажор	Гидрол.	Сл. нажор	Пептинизация	Слабо изм.	Неизм.
Коллаген лицев. слоя	Сл. нажор	Трудно гидрол.	Сл. нажор	Трудно гидрол.	Неизм.	Мало изм.	Слабо изм.	Неизм.
Эластин	Неизм.	Неизм.	Неизм.	Трудно гидрол.	Неизм.	Неизм.	Гидрол.	Слаб. гидрол.

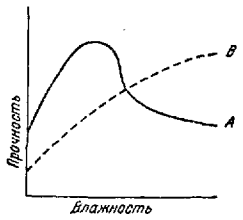
$^1/_{10}\,N$) нажор спадает с выделением свободных аминокислот, т. е. с гидролизом коллагена. Набухание подчинено ур-ию равновесия (Д. и В. Вильсоны):

$$V(K+y)(CV+2\sqrt{CVy})-y=0,$$

где C и K—константы, V—увеличение объема коллагена, y—концентрация водородных ионов. Набухание измеряется весовым количеством поглощенной воды на 100 *г* коллагена; нажор—приращением толщины кожи (в %). При нажоре вода поглощена шкурой химически; вода, не связанная химически и находящаяся между волокнами, в силу капиллярности вызывает явление мягчения опавшего нажора.

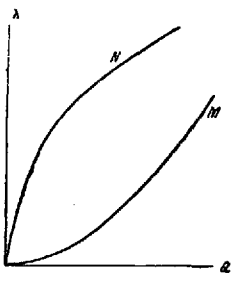


Фиг. 4.



Фиг. 5.

Физико-механические свойства. Механич. свойства сырья обусловлены прежде всего содержанием влаги и степенью гидролиза коллагена. В зависимости от содержания влаги прочность изменяется по кривой A (фиг. 5); способность к удлинению меняется по кривой B. Кривые упругости для сухой шкуры даны на фиг. 6: M—воздушной сушки, N—спиртоэфирной сушки (а также для влажной кожи); Q—нагрузка, λ — относительное удлинение. Уд. вес гольевого вещества 1,42—1,45; уд. вес сухой шкуры около 1,3. Пустоты в шкуре образуют капиллярный объем. Вода поглощается шкурой молекулярно и капиллярно; последнее—с занятием капиллярного объема. Шкура обладает свойством не только намокать, но и промокать, т. е. пропускать воду через капилляры. Эти же капилляры пропускают через себя газы и пары. Вода и кристаллоиды проходят не только через капилляры, но и благодаря осмосу—через молекулярно поглощенную воду; скорость осмоса 1 *мм* в несколько дней (2—4). Наличие жира значительно изменяет физико-механические свойства шкуры. Примерная топография прочности продольного ремня (по Бобарыкову), веса (по Копеловичу) и промокаемости (по Копеловичу) дается на фиг. 7 (А, Б и В); расположение участков лишь приблизительно симметрично.



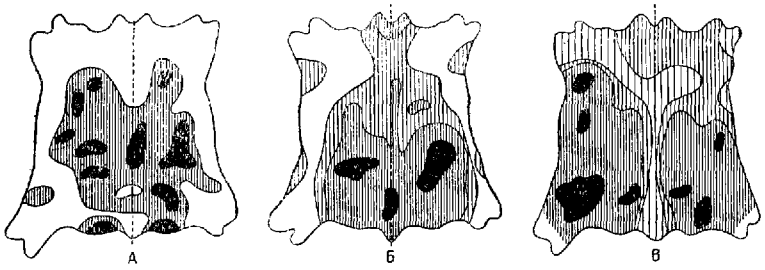
Фиг. 6.

Технологические свойства. Качества шкуры меняются в зависимости от пола, возраста и режима животного, а также от воды, климата и ряда других условий. Толстые шкуры (слон, морж, зубр, лось и буйвол) обычно рыхлы; мелкие—более плотны; но имеются исключения: бычья шкура плотна (кроме шиворота), баранья — рыхла. Рыхлость зависит в значительной мере от количества и грубости волоса. Шкуры молодых животных состоят из более тонких волокон, чем у взрослых, и более равномерны; то же можно сказать о шкурах самок и кастрированных самцов в сравнении со шкурами самцов-производителей. Режим влияет на запасы жира в подкожной клетчатке, на плотность шкуры. Суровый климат повышает плотность шкуры, если не вызывает роста волоса; в последнем случае—наоборот.

Болезни скота отражаются на качестве шкуры, а некоторые из них опасны и для рабочих, имеющих дело с К. с. Сюда относятся гл. обр. сап и сибирская язва. Сапные шкуры сжигаются (вместе с трупом животного), сибиреязвенные же шкуры попадают на рынок. До сего времени не существует рациональной дезинфекции сибиреязвенных шкур, т. к. споры сибиреязвенной бациллы обладают большою стойкостью. Дезинфекция шкуры формалином нерациональна, так как формалин преждевременно дубит кожу. Поэтому предпочитают пикелевание, т. е. обработку шкуры раствором поваренной соли в присутствии небольшого количества соляной (или муравьиной) кислоты. Впрочем и пикель при долгом воздействии также ослабляет кожу. Между тем присутствие одной зараженной шкуры делает опасной всю партию. Для определения зараженности шкур сибирской язвой предложена Асколи серологическая реакция.

Из числа паразитов, нападающих на живой скот и вредных для шкуры, наиболее важны следующие. Овод (Hypoderma bovis, H. lineatum, H. tharandi) кладет яйца на волос животного (преимущественно на ногах его); личинка внедряется в тело, проходит до пищевого тракта, а оттуда выходит под шкуру в области спины. Весною она делает в шкуре отверстие (свищ) и выпадает на землю. В СССР теряется более 5%

всех шкур крупного рогатого скота; общий убыток по СССР от овода—более 15 млн. руб. Борьба с оводом пока заключается гл. обр. в выдавливании весенних личинок. Железницы разрушают слой между лицом и дермой или волосяные сумки; в последнем



Фиг. 7.

случае (Demodex folliculorum) образуются под лицом пусто́ты, обнаруживаемые после дубления; зудень Sarcoptes вызывает чесотку. Клещ (Argas) прокалывает в коже капиллярные отверстия. Из паразитов сухой шкуры известны кожееды (Dermestes) и моль (Tinea); для борьбы с этими паразитами применяют проветривание складов, частый осмотр шкур, выбивание личинок из шкур и сжигание выбитого мусора.

Первичная обработка. Забой скота и съемка шкуры. Из двух способов убоя: укола в мозжечок и резки—первый поддерживается кожевниками, а второй—гигиенистами, так как ведет к полному обескровлению животного, вследствие чего улучшается сохраняемость мяса. Убой должен проводиться в условиях максимальной чистоты; кровь на коже ведет к ее частичному загниванию. Съемка шкуры должна производиться (после прямого надреза вдоль груди и живота) при помощи рукоятки ножа или деревянного молотка; полезны ножи с предохранителями. Большое значение имеет съемка при помощи электроаппарата системы Перко, который состоит из мотора в 0,5 HP, гибкого вала и стального ролика с зубчатыми крыльями, вращающегося со скоростью до 3 000 об/мин.; ролик заключен в коробку, из которой крылья выступают на несколько *мм*. Рабочий захватывает край шкуры и, прикладывая аппарат, отделяет ее от туши ударами, подобными движению косаря. Крестьянская и вообще неумелая съемка образует на шкуре подрези и прирези; прирези, т. е. неотделенные части организма, отчасти делаются умышленно, для увеличения веса. Чистая шкура не должна иметь ни рогов, ни копыт, ни хвостов; кроме того на ней не должно быть навала—навоза, крови, песка, льда, камней и т. п. Особенно опасны кровь и мясо, облегчающие загнивание кожи. На крупном рогатом скоте шерсть составляет 3—6% парного веса, рога 4—5.5%, хвост 1,2—1,7%, губы и уши 0,6—1,3%.

Консервирование. Свежеснятая (парная) шкура легко загнивает. Для устранения этого шкуру консервируют. Консервирование основано на обезвоживании, т. к. в отсутствии воды бактерии гниения не размножаются. Существуют 3 основных способа консервирования: морожение, сушка и засол; кроме того—комбинации засола и сушки. Первые два способа осуществляются развешиванием шкур на местах, причем необходимо следить за тем, чтобы на коже не было складок. При морожении вода превращается в лед и отделяется от коллагена; при сушке вода испаряется. При испарении льда на ветру получается сухомороженая — быглая шкура. Сушку следует вести на ветру, защищая шкуру от действия прям. лучей солнца; при морожении избегают ветра для предотвращения быглости. Для засола существуют два основных приема: 1) засол в штабелях и пакетах и 2) засол в тузлуке и пакетах. В первом случае шкуры расстилают на выпуклом помосте и пересыпают солью, к-рая притягивает воду и стекает в виде рассола; через неделю шкуры вновь пересыпают солью и складывают в пакет. Общий расход соли 30—40% по весу шкуры. Во втором случае шкуры развешивают в тузлуке, т. е. концентрированном растворе (25%) поваренной соли, и держат в нем сутки; затем дают им обтечь на козлах (6 часов) и после пересыпки солью складывают в пакеты. Засол следует делать не позже чем через 6 час. после убоя. Наилучшая для засола соль из имеющихся в СССР—баскунчакская и крымская самосадочная; каменная соль плоха для засола. Помол не имеет значения для тузлука; в штабельном же способе мелкие кристаллы уносятся рассолом, почему рекомендуется крупный помол. Из 100 *кг* парного веса получается 90—95 *кг* мороженой, 85 *кг* соленой и 40—45 *кг* сухой шкуры. После обработки шкуры засолом в штабеле ее можно высушить; т. о. получается сухосоленая шкура, которая весит 50% парной. Для мелкой шкуры наиболее рациональным консервированием считается сушка, для крупной—засол в тузлуке. В зависимости от влажности воздуха вес шкуры меняется; больше всего меняются в весе сухосоленая и соленая шкуры.

Хранение сырья производится в зависимости от способа консервирования. Мороженое сырье требует защиты от ветра во избежание быглости и сохраняется, естественно, лишь в холодное время года; холодильники для К. с. пока невыгодны. Сухое сырье должно сохраняться в сухих и вентилируемых помещениях при $t°$ не выше 25°. На практике это К. с. нередко держат на чердаках под крышей, нагреваемой солнцем, что ведет к пересушке сырья. Сухосоленое сырье сохраняют, как сухое. Мокросоленое сырье требует $t°$ не выше 15° и также должно проветриваться; в последнее время сырье иногда хранят на ледниках, набитых льдом, при температуре 0—5°. Организация склада требует: 1) прямой выгрузки из вагонов на сортировку; 2) места для складывания сырья перед сортировкой; 3) колод для удаления навала (с водопроводными кранами); 4) места для засола в чанах (или

штабелях; 5) места для засола в пакетах; 6) склада соли. При размораживании—водою или воздушным способом—нужны соответственные приспособления. В среднем для хранения 1 *т* сырья парного веса необходимо около 2 *м*². При хранении в пакетах высота штабелей в пакетах не должна превышать 2 *м* (лучше меньше) при длине и ширине не более 3×2 *м*; между штабелями и у стены оставляются проходы для проверки состояния сырья. Для сухих кож допустима высота в 100 шт. в изолированных штабелях. Летом досмотр за сырьем должен быть особо тщателен. При признаках согревания, запахе в складе, цветении и появлении моли зараженные штабели разбирают, пересаливают или выбивают от моли, а склад подвергают местной или общей дезинфекции или дезинсекции.

Пороки К. с. Из пороков К. с. необходимо указать следующие.

1) Прижизненные пороки. а) Конституционные: маклаки—мешки над лопатками животных; жилы—углубленные отпечатки кровеносных сосудов на бахтарме кожи; боруха (шиворотистость) — огрубевшие складки на шивороте, заполистость — слишком растянутые полы, особенно на шкурах часто телившихся и беременных коров; сбежистость—резко выраженное утончение шкуры от башки к хвосту; сюда же относятся и охватывающие целую шкуру пороки, определяемые общим термином—шкуры некормного скота: больные шкуры и шкуры животных, убитых в период перехода с молочного на иной корм, наприм. водохлеб, травник или шалага—козлина весенней резки, и т. п. Вообще некормные шкуры, кроме отмеченных, определяются термином тощая или тощеватая шкура, смотря по степени порока. б) Механические повреждения: лизуха—параллельные царапины на шкуре от лизания скота; царапины, роговины—от боданья животных; тавры (тамги) — выжженные клейма; седловина (седелки) и ярма — язвы, натертые седлами, хомутами и ярмами; накостины—проколы от камыша и т. п. в) Паразитарные: свищи—отверстия, сделанные личинками овода; угри — возвышения на лице шкуры от развития под эпидермисом зудня; чесотка—от чесоточных клещей; болячки и загрубание пол—от разных накожных болезней; оспины — заросшие свищи и следы угрей.

2) Пороки консервирования: пересушка и ороговение—сваривание шкуры от высокой $t°$ сушки; прелины, шестовины и подсочины—подгнившие в разной степени от разных причин места; быглость (см. выше); ломины—трещины от сгибания; солевые пятна—сквозные поражения солестойкими микроорганизмами в присутствии железа; выцветы солевые — кристаллич. выступания соли на лице кожи; цветение—красные и желтые пятна на бахтарме от солестойких микроорганизмов (Micrococcus roseus и Sarcina lutea); железные пятна—от присутствия железа или крови (гемоглобина ее) в соли; моледины—повреждения молью; червоточины—повреждения кожеедами; осклизлая бахтарма—слизистая влажная бахтарма в результате бактериальных процессов при засоле; комовая шкура—замороженная или засушенная комом (неправильным пакетом) шкура, в которой легко развивается гниение и могут присутствовать утяжелители.

Табл. 3.—Номенклатура крупного кожевенного сырья по временному стандарту 1929 г. (*кг* в штуке).

Вид сырья	Парное		Мороженое *		Мокросоленое		Сухосоленое		Пресносухое	
	свыше	до (вкл.)	свыше	до (вкл.)	свыше	до (вкл.)	свыше	до (вкл.)	свыше	до (вкл.)
Выросток (с головой)	—	9	—	8,1 (8,55)	—	7,83	—	4,5	—	3,6
Полукожник	9	13	8,1 (8,55)	11,7 (12.35)	7,83	11,31	4,5	6,89	3,6	5,2
Яловка легкая	13	20	11,7 (12.35)	18 (19)	11,31	17,40	6,89	10,0	5,2	8,0
» средняя	20	26	18 (19)	23,4 (24,7)	17,4	22,62	10,0	14,3	8,0	10,4
» тяжелая	26	—	23.4 (24,7)	—	22,62	—	14,3	—	10,4	—
Бычок	13	16	11.7 (12 35)	14,4 (15,2)	11,31	13,92	6,89	8,48	5,2	6,4
Бугай и бычина легкая . . .	16	25	14.4 (15,2)	22.5 (23,75)	13,92	21,75	8,48	13,75	6,4	10,0
» » » тяжелая . .	25	—	22,5 (23,75)	—	21,75	—	13,75	—	10,0	—
Жеребок выросток	—	5	—	4.5 (4.75)	—	4,35	—	2,5	—	2,0
Выметка легкая	5	8	4.5 (4,75)	7,2 (7,6)	4,35	6,96	2,5	4,0	2,0	3,2
» тяжелая	8	11,25	7.2 (7,6)	10,12 (10.69)	6,96	9,79	4,0	5,62	3,2	4,5
Конина легкая	11,25	16,25	10,12 (10,69)	14.62 (15,44)	9,79	14,13	5,62	8,61	4,5	6,5
» средняя	16,25	22,5	14.62 (15,44)	20,25 (21,38)	14,13	19,57	8,61	11,93	6,5	9,0
» тяжелая	22,5	—	20.25 (21.38)	—	19,57	—	11,93	—	9,0	—

* Вне скобок—мороженый вес в азиатских частях Союза (кроме Узбекистана, Туркменистана и Закавказья), в Уральской области и Башкирской АССР; в скобках—вес в остальных частях Союза.

3) Пороки съемки и убоя: подрези, прорези и выхваты—полученные при съемке; дыры—от съемки или обрядки шкуры; неправильный рез—при съемке и убое. Сюда же следует отнести прирези (рассматриваемые как утяжелители) — куски мяса, сала, хрящей, костей и т. п., ведущие к местному загниванию шкуры.

В технологич. отношении пороки К. с. можно разделить на увеличивающиеся в производстве и стационарные. К первым относятся прелины, подсочины; ко вторым—остальные. Стационарные пороки м. б. лицевые, бахтарменные или захватывающие всю толщину кожи. Большинство их м. б. оценено тою площадью, к-рую они отнимают при выкрое, на основании чего выведена единица порочности, меняющаяся по своему ценностному значению в зависимости от размера и назначения кожи и места, занимаемого пороком по топографии шкуры (балловая оценка пороков).

Контроль сырья. Кроме пороков сырья, уменьшающих полезную площадь шкуры и оцениваемых по внешнему виду шкуры, для характеристики К. с. имеют значение следующие признаки: выход отмочного веса (наличие навала, степень оводнения), выход зольного веса (шерстность, количество мездры, т. е. подкожной клетчатки), количество воды, соли и т. п. При навалистых шкурах навал можно определить лишь в заводе или на-глаз; поэтому навал вообще должен преследоваться. При отсутствии навала отмочный и зольный вес можно определить лабораторно. Количество воды, соли, шерсти и гольсвого вещества также определяется в лабораториях.

Стандарт сырья. Номенклатура. В номенклатуре сырья учитываются след. моменты: а) размер: крупные (тяжелые и легкие) и мелкие шкуры; б) зоотехническ. вид; в) район происхождения; г) пол: самцы (кастрированные и некастрированные); самки (нетели и телившиеся); д) питание: неродившиеся (выпоротки, слизки), сосуны и мастфель (питавшиеся молоком), водохлебы и травники; е) возраст: для крупного рогатого скота—выпороток; опоек — мелкий, легкий, тяжелый, особо тяжелый, выросток; полукожник; нетель (яловка легкая), яловка средняя, тяжелая и особо тяжелая и т. д.; ж) форма и время убоя; з) характер съемки: безголовый опоек и с головами; длинно-лапый опоек; обрезная овчина (без хвоста); и) консервирование: парное, пресносухое (п/с), сухосоленое (с/с), мороженое, соленое, мокросоленое (м/с); штабельное, тузлучное; пикельное; к) меховой покров: длинношерстное, шерстное, полушерстное, голяк, меховое.

Сортамент. Основное деление шкур данного наименования согласно номенклатуре производится на основании их порочности; при этом учитываются: вид порока, его размер, его расположение по площади, число пороков. Сортамент содержит от трех до пяти сортов; первый (прима), второй (секунда), третий, брак и брак-брак. Второй сорт ниже первого на 10—15%, третий—на 25—30%. Первый сорт, как основной, м. б. принят б. или м. порочным в зависимости от торговой политики хозоргана, составляющего стандарт.

Задача стандарта К. с. двойная: с одной стороны, он должен быть достаточно льготен, чтобы в данный момент извлечь

Табл. 4.—Шкуры крупного скота.

Номенклатура	Подошва	Скромять	Чепрак реми.	Полувал	Мостовье (юфть)
Бугай [*1] тяж., бычина ос. тяж. и тяж.	+[*2]	—	+	—	—
Бычина	—	+	+	+	—
Бычок	—	—	+	+	—
Яловка тяж.	+	—	—	+	—
Конина тяж.	—	+	—	+	+
Яловка средн.	—	—	—	+	+
Верблюжина тяж.	—	—	—	+	—
Яловка легкая, конина [*3] средняя	—	—	—	—	+
Конина легкая, [*3] верблюжонок	+	—	—	—	—
Лосина [*4]					

[*1] Шиворота бугаев (пергамент)—на ткацкие станки. [*2] Знак + означает применение. [*3] Хазы—на гамбургский товар; шиворота—на конское шевро. [*4] На мягкую подошву и замшу.

Табл. 5.—Шкуры мелкого скота.

Номенклатура	Хромовый	Красно-дубный	Меховой	Замшевый	Лайковый
Полукожник	Яловка	—	—	—	—
Выросток, мастфель, опоек	+[*1]	—	—	—	—
Выпороток	—	—	—	—	Игрушечная
Овчина:					
Старица тяжелая	Курточная	Бахилы	Шубная	—	—
» средняя	Курточная	—	—	—	—
Межеумок	Шеврет	Сафьян	—	—	—
Молодняк ср. (кургашка)	Шеврет	Подклейка	—	+	+
Молодняк легк. (сак-сак)	—	—	—	—	+
Мерлушка	—	—	Шапки, воротники	—	—
Козлина:					
Тайка	—	Ичеги	—	—	—
Козлина тяж.	—	Шагрень; ичеги	+	—	—
» ср.	Шевро	Шагрень	—	—	—
Середовик	Шевро	Сафьян	+	—	—
Лак, мерлушка	—	Подклейка	—	—	—
Оленина: [*2]					
Неблюй	—	—	+	+	+
Пыжик	—	—	Шапки	—	—
Жеребок	+	—	Курточная	—	+

[*1] Знак + означает применение. [*2] Оленина (взросл.) принадлежит к крупным шкурам.

по возможности все сырье с рынка; с другой, он д. б. достаточно жесток, чтобы удовлетворить требованиям заводов. До войны 1914—18 годов не было писаного стандарта кожевенного сырья, но заготовка сырья и прием его заводами производились по разным нормам. В настоящее время стандарт единый (см. табл. 3 на ст. 457—458).

В табл. 4 и 5 показаны сорта кожевенного товара, на выработку которого идут различные шкуры.

Привозное сырье различается по странам происхождения. Наиболее важными являются ю.-американское—тяжелое и ост-индское—легкое. Ю.-американское сырье делится: по экономическ. форме убоя на фригорифы (получаемое от фирм, вывозящих мороженое мясо), саладерос (с консервных заводов), матадерос (с городских боен), кампос (с сельских боен). Первые две категории дают соленое сырье высшего качества, третья—чаще всего соленое, четвертая—часто сухое сырье. Лучшее сырье для подошвы дает бассейн р. Лаплаты; это сырье получается гл. обр. от помеси пород мясного скота герефорд и шортгорн с местными. Ост-индское сырье получается гл. обр. от мелкого местного скота зебу и называется кипсы. По экономич. форме убоя различают: комиссариатское, боенское, базарное (и палое); по консервированию—сухосоленое, намазное и мышьякованное. Наиболее важным районом является бассейн р. Ганга. Лучшие шкуры дают провинции Агра, Дели и сев.-западные. Из Индии вывозятся также буйволовые шкуры. Персия дает баранов (Мешед); Монголия — низкосортное сырье крупного рогатого скота; Китай—хорошее боенское и плохое буйволовое. Из З. Европы вывозят к нам небольшое количество шкур для технических целей. Нек-рое количество К. с. дают также Австралия, Африка и Голландская Ост-Индия.

Лит.: Стандарт сырья НКТорга, 1929; Поварнин Г., Краткий курс кожевен. сырья, М., 1923; Поварнин Г., Кукаркин и др., «Вестник Всерос. кож. синдиката», М.—Л., авг., 1925; Bergmann, «Collegium», Ober-Ramstadt, 1927; Wilson D. A., «Journ. of the Amer. Leather Chemists' Association», New York, ab 1923. **Г. Поварнин.**

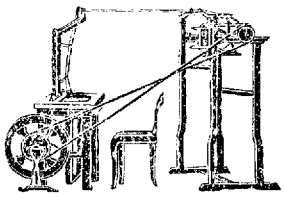
КОКИЛИ, особые металлическ. формы для отливки чугунных изделий с закаленными поверхностями. Формы эти должны обладать теплопроводностью, быстро отнимать теплоту от расплавленного металла и тем производить закал. Глубина закала зависит помимо других факторов от толщины стенок К., к-рая в свою очередь должна соответствовать размеру литья; напр. при отливке вальцов диам. больше 220 *мм* толщина стенок К. должна равняться $0{,}4\,D$, где D—диам. вальца. Вследствие уменьшения объема застывающего металла между отливкой и К. образуется зазор; так. обр. охлаждающее действие К. прекращается и получается неравномерный закал различных частей отливки. Для устранения этого недостатка применяют с о к р а щ а ю щ и е с я К., к-рые при охлаждении отливки постоянно прижимаются к ней и т. о. охлаждают поверхность равномерно.

Кокили изготовляют из крепкого, бедного содержанием графита, чугуна; для большей прочности внутри К. заливают иногда железные кольца. Для получения гладких поверхностей отливок К. должен быть хорошо обточен и предохраняться от ржавчины и сырости, которые могут при отливке причинить брак. Перед отливкой кокили подогревают до 60—90°. К. применяются при отливке *вагонных колес* (см.) с закаленным ободом, закаленных крестовин и стрелок, прокатных валков и других изделий.

КОКОНОМОТАНИЕ, операция получения с кокона непрерывной шелковинной нити. Червь при завивке кокона кладет шелковину правильными восьмерками, которые м. б. размотаны в одну непрерывную нить, но первым препятствием для этого является серицин (клей), которым проклеена оболочка кокона. Серицин м. б. размягчен горячей водой, паром или действием растворов некоторых химич. веществ (щелочи), которые ускоряют растворение серицина в горячей и даже холодной воде. Однако шелковинная нить, получаемая с одного кокона (см. *Волокна прядильные,* шелк), слишком слаба для технического применения. Для получения грежевой (технической) нити необходимо возможно плотное соединение нескольких шелковин, обычно не менее 4 — 5, в одну нить. Такое соединение производится в глазке, наиболее простая конструкция которого представляет собой небольшой кружок 10—12 *мм* в диаметре с отверстием для нити в центре его. Пройдя глазок, нить получает перевивку о самое себя. При этом нить очищается от посторонних примесей—пуха, налетов и проч. и получает бо́льшую гладкость поверхности и связность: размягченный серицин проникает между отдельными шелковинами и затвердевая склеивает их в одну связную компактную техническую нить, которая обладает достаточной способностью сопротивляться раскалывающим усилиям при дальнейшей ее обработке на ткацком станке, в крашении и трикотаже. Пройдя перевивку, нить поступает на мотовило. Размотка коконов является очень древней отраслью текстильн. производства. Она получила применение в Китае приблизительно за 3 000 лет до нашего летосчисления и весьма долгое время носила исключительно кустарный характер. Впрочем и в настоящее время в Китае, Японии, а также в странах Ближнего Востока значительные массы коконов разматываются кустарным способом.

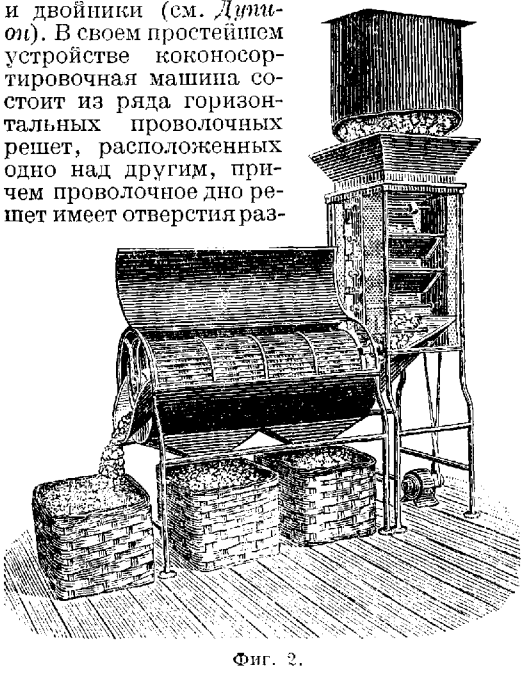
В наиболее примитивном способе кустарной размотки весь процесс, а именно запарка коконов, нахождение конца нити и составление техническ. нити из отдельных шелковин—производится в одном котле, находящемся все время на-кипу́. Этот способ дает крайне грубую, неровную шелковую нить. В течение последних 2—3 столетий было предложено много усовершенствованных кустарных кокономотальных тазов (Локателли, Вокансон, Робине и другие), в которых процесс кокономотания разбит уже на отдельные стадии: запарка коконов производится в отдельном котелке, в размоточном тазу производятся лишь размотка и получение грежевой нити; имеется приспособление для перевивки грежевой нити и раскладник для правильного распределения нити на мотовиле; мотовило обыкновенно

приводится в движение от ноги, так что вся работа на станке может быть произведена одним человеком (фиг. 1). В последнее время некоторые заводы (в том числе и итальянский завод Battaglia в Луино) выпустили еще более усовершенствованные станки с ручным приводом для кустарн. размотки, в к-рых запарочный аппарат сделан по типу механич. кономотальных тазов. Эти станки снабжены также механич. подбрасывателем нити и мотовилом с правильным раскладыванием нити по системе Гранта.



Фиг. 1.

Благодаря небольшой производительности кустарных тазов и неудовлетворительному качеству получаемого при этом шелка, в настоящее время распространение получают механическ. кономотальные тазы. Механическая размотка коконов требует прежде всего однородного сырья: коконы д. б. хорошо рассортированы. Сортировка коконов производится или вручную или на специальных машинах. При ручной сортировке коконы сортируют по цвету, величине и качеству. Хороший кокон должен: 1) иметь плотную ткань и содержать много шелка, 2) иметь правильную форму, 3) не иметь пятен и отверстий, 4) быть завитым одним червем, 5) иметь хорошую зернистость. Коконы одной партии д. б. однородными по всем этим качествам. Сортировочные машины сортируют коконы только по величине, обычно на 3 сорта: мелкие, нормальной величины и двойники (см. *Дуппи*). В своем простейшем устройстве коконосортировочная машина состоит из ряда горизонтальных проволочных решет, расположенных одно над другим, причем проволочное дно решет имеет отверстия различной величины. Сортируемые коконы загружаются на верхнее решето. Наиболее мелкие из этих коконов проваливаются через среднее решето на дно машины, коконы нормальной величины остаются на среднем решете, а крупные и двойники—на верхнем. Наиболее усовершенствованной коконосортировочной машиной является машина Брамбилла (фиг. 2), построенная на принципе триера и в главной своей части состоящая из вращающегося скелетного проволочного барабана, разделенного по длине на две части. В первой части расстояние между прутьями соответствует величине мелких коконов, которые и проваливаются вниз; остальная масса коконов подается во вторую часть, в к-рой коконы нормальной величины проваливаются, а крупные и двойники остаются и затем выбрасываются из машины в ящик. Машина Брамбилла может за 8-часовой день рассортировать до 1 200 *кг* коконов. Машина снабжена приспособлением для очистки коконов от сдора.



Фиг. 2.

Твердо установленных систем сортировки коконов нет. На ф-ках СССР, в зависимости от качества урожая и назначения шелка, коконы сортируются на 2—3 сорта и брак. В итал. торговой практике различают 9 сортов коконов, из них первые 5 сортов обычно поступают в размотку (вкл. лист): 1-й сорт, Reale—ровные по цвету, форме и зернистости, чистые от пятен, плотные; 2-й, Realino—менее ровные по указанным признакам, менее плотные; 3-й, Morti I—коконы умерших куколок, слабо завитые и обыкновенно с пятнами; 4-й, Cartella — коконы больных червей, также слабо завитые и с пятнами; 5-й, Morti II—коконы умерших куколок, в к-рых слабость стенки и пятнистость выражены сильнее, чем в Morti I; 6-й, Doppi I—двойники, завитые двумя червями, с поперечником в 0,75 длины кокона (поступают в размотку на специальные кокономотальни); 7-й, Doppi II—двойники неправильной формы, которые не годятся для размотки; 8-й, Bucata—коконы с отверстиями от вышедших бабочек; 9-й, Bosco—коконы уродливой формы, для размотки совершенно не годящиеся и идущие только для прядения. Для производства лучшей тиссажной грежи, а также для получения шелка-сырца для некоторых специальных целей (хирургический шелк) отсортировывают наилучшие коконы как по чистоте, так и по крепости и зернистости. Этот сорт носит название Extra giallo puro, иногда Realissimo.

Качество коконов, или вернее их ценность, обычно определяется выходом шелка (rendement), т. е. числом, показывающим, сколько *кг* коконов данной партии необходимо израсходовать для получения 1 *кг* шелка-сырца. Естественно, чем выше это число, тем хуже выход и тем хуже качество данных коконов. Выход шелка для отдельных сортов по итал. классификации коконов: Reale—3,1 ÷ 4,5; Realino—4,5 ÷ 5,5; Cartella—5,5÷8,0. Нормальный выход для торговых сделок принимают равным 4,0.

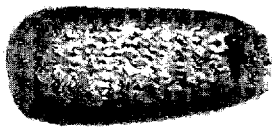
Механическое кономотание. Рассортированные коконы поступают на кономотальный таз, и первой операцией, которой они подвергаются, является запарка, имеющая целью размягчить кокон, в особенности серицин, и отыскать конец нити. Отыскание конца шелковинной нити и съем верхней части оболочки кокона, которая



I сорт Reale.



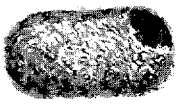
II сорт Realino.



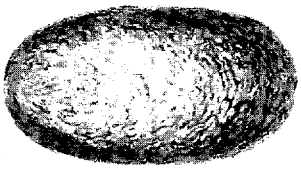
III сорт– Morti I.



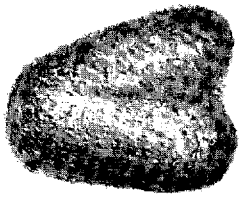
IV сорт– Cartella.



V сорт Morti II.



VI сорт–Doppi I.



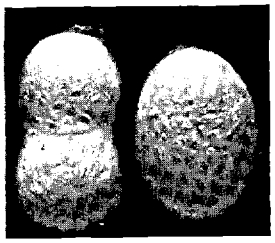
VII сорт Doppi II.



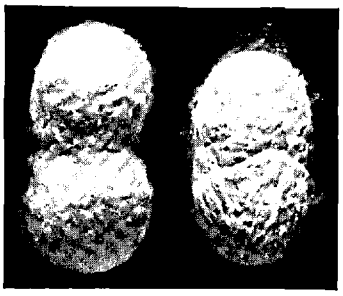
VIII сорт Bucata.



IX сорт–Bosco.



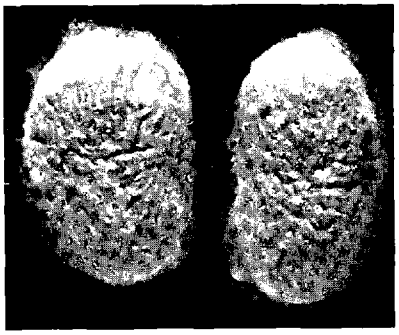
Чисто желтые итальянские.



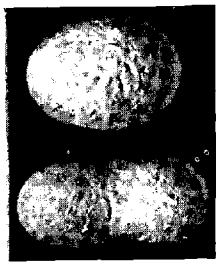
Беловатые адрианопольские.



Светлосерые персидские.



Желтые адрианопольские.



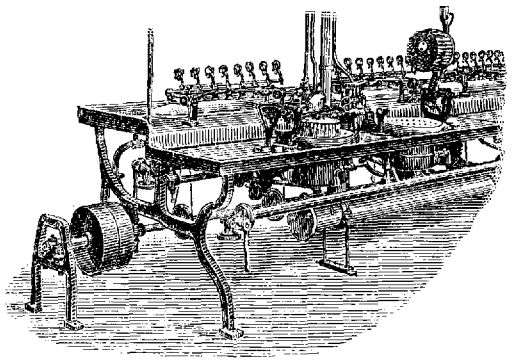
Зеленые японские.



Белые китайские (woozies).

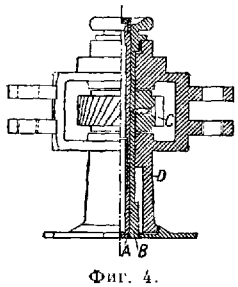
ТРЕСТ ГЛОБАРТПРОМ

обычно бывает сильно запутанной, производятся с помощью веничка или специальной щетки. Запарка имеет большое значение как для выхода шелка, так и для качества его. При слишком сильной запарке нить легко сходит с кокона, но получаются

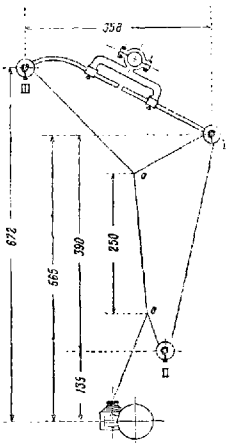


Фиг. 3.

слеты и другие дефекты, и связность нити нарушается; при этом с перепаренных коконов снимается обыкновенно больше фризона. Фризоном называется верхняя часть кокона, к-рая снимается при запаривании перед размоткой; нормально в форме фризона снимается 25% шелковой массы кокона. Наоборот, недопаренные коконы разматываются трудно, нить часто обрывается и получается заклеенной; выход шелка также ниже нормального. Запарка обычно производится на пару в течение 1—2 минут, что соответствует 50—100 оборотам щетки, после чего запаренные коконы вынимаются запарщицей на шумовке из запарочного котелка и передаются размотчице (на фиг. 3 показаны два запарочных котелка, один с приподнятой над ним щеткой). Более твердые и заклеенные коконы требуют большего числа оборотов, более мягкие—меньшего. Обычно для каждого таза имеется свой запарочный котелок. Таз для размотки представляет собой медный луженый плоский сосуд, размером 75×40 *см*, снабженный трубами: паровой, водяной (для холодной воды) и спускной. За тазом сидит кокономотальщица, к-рая следит за ходом размотки и, в случае обрыва одного из разматываемых коконов, подбрасывает конец свежего кокона из числа поступающих из запарочного котелка. Одной из главных частей таза является механ. подбрасыватель шелковины (фиг. 4), изобретение которого имело огромное значение для повышения производительности кокономотального таза и для повышения качества шелка-сырца. Механический подбрасыватель новейшего типа состоит из следующих 3 главных частей: 1) неподвижной трубки *A*, через которую движется разматываемая нить, 2) вращающейся части *B*, состоящей из трубки с винтовым колесом *C* и имеющей внизу розетку, и 3) чехла *D*. Конец шелковины, подводимый работницей к подбрасывателю, захватывается вырезами розетки, захлестывается около трубки *D* и, обрываясь от натяжения, отбрасывается вниз, плотно закручиваясь около разматываемой нити и образуя с ней соединение без узлов. Число подбрасывателей на один таз зависит от квалификации кокономотальщицы. Механич. тазы старой конструкции имели 4, 5, 6 подбрасывателей, современный же механич. таз имеет 8 подбрасывателей, а тазы з-да Battaglia в Луино—даже 10; последние однако требуют работниц очень высокой квалификации. В зависимости от тонины нити в трубку подбрасывателя заправляется и пропускается разное число концов шелковины. Темп-ра воды в тазе держится в пределах 45—55° и доходит в исключительных случаях до 65°. Большое значение для качества шелка имеет перевивка — к р у а з е р. В свое время было предложено много различных систем перевивок (итальянская, французская, Локателли, Вокансона и других); в наст. время в кокономотании применяется исключительно итальянская система (фиг. 5): нить, выходя из подбрасывателя, поступает на ролик *I*, огибает его и опускается к ролику *II*, обогнув который перевивается о самое себя на расстоянии *ав* и переходит на ролик *III*, после чего, пройдя еще через глазок раскладника, поступает на мотовило. Мотовило представляет собою серию отдельных небольших мотовил, каждое на 2 мотка (иногда на 4 мотка и редко на 1 моток), которые насажены на одной оси в шкафу, обогреваемом паровой трубой; температура воздуха в шкафу около 35°. Мотовило помещается от таза на расстоянии ок. 1 *м*, достаточном для помещения кокономотальщицы и присучалки, которая присучает оборвавшиеся при размотке нити. Мотовило делает 110—120 об/мин. С мотовила мотки шелка поступают на просмотр. Правильность тонины нити и ее равномерность контролируются небольшими пробами, отматываемыми ежедневно с мотовила каждого таза в виде д е н ь е в ы х м о т о ч к о в. Производительность одного механическ. кокономотального таза с 8 глазками—600÷700 *г* шелка-сырца средних титров 13/15—16/18 за 8-час. день. Большое значение имеет состав воды. Вода д. б. мягкой, с жесткостью не более 15° по франц. системе; содержание щелочей в воде также играет большую роль, т. к. составные части шелка, как фиброин, и в особенности серицин, очень чувствительны к щелочам. Щелочная вода облегчает и ускоряет размотку, но шелк получается моховатый, менее блестящий и с расщепленной нитью. В целях понижения щелочности воды может быть использовано оставление куколок в воде таза;



Фиг. 4.

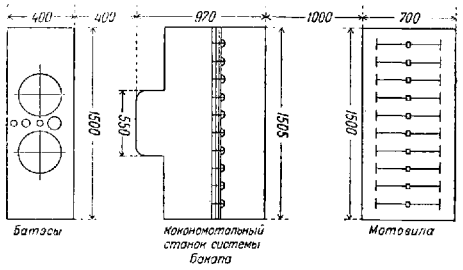


Фиг. 5.

разложение их придает воде слабо кислотный характер, и т. о. отчасти нейтрализуется щелочность воды.

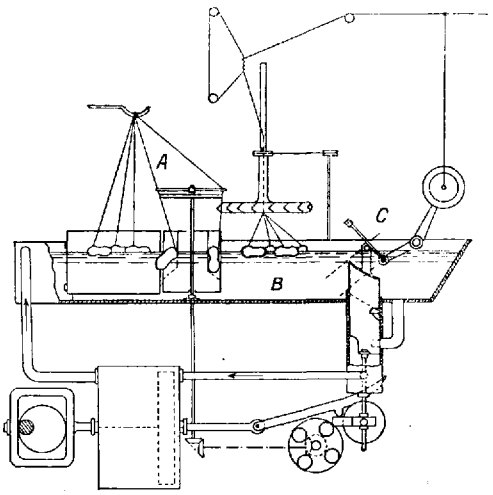
Размотка двойников и коконов диких шелкопрядов обычно производится на специальных шелкомотальнях. Двойники сортируются на 3 сорта: 1-й сорт идет на деньевую грежу, 2-й—безденьевую, 3-й—совсем не разматывается. В виду сильной заклеенности двойников их подвергают перед запаркой замачиванию в течение нескольких часов, иногда с прибавлением соды или поташа. Деньевой шелк разматывается обыкновенно без перевивки и дает нить титра от 30 до 90, применяется в кустарном ткачестве и как швейный шелк. Безденьевой шелк получил распространение в вышивании, в производстве вязаных тканей и ковров. Размотка коконов диких шелкопрядов близко подходит к системе размотки двойников: применяется предварительное замачивание, размотка без перевивки, но, благодаря сильному обесклеиванию коконной нити при запарке, размотка производится с прибавлением в воду искусственного клея. Наиболее употребительным является шелк титра от 40 до 90.

Автоматич. кокономотальный таз впервые был предложен Серрелем в 80-х гг. прошлого столетия. Автоматич. смена коконов при обрыве нити была основана в аппарате Серреля на изменении растяжимости грежевой нити в зависимости от ее тонины. Особый прибор очень точно улавливал с помощью электромагнита утонение нити, т. е. обрыв одного из коконов, а затем с помощью соответствующей передачи автоматически подбрасывал новый кокон. Аппарат Серреля, достаточно точный в своем действии, оказался



Фиг. 6.

слишком сложным в производстве и практич. применения не получил. В 1919 году итал. инж. Фиоруцци предложил новый способ автоматическ. смены коконов. Идея Фиоруцци была разработана и конструктивно осуществлена тремя изобретателями—Бальбиани, Карновали и Панцера. Станок, предложенный ими, получил название Бакапа (по первым слогам фамилий изобретателей) и был впервые демонстрирован в 1925 г. на выставке в Милане. Этот станок (фиг. 6) состоит из запарочного стола, кокономотального стола и шкафа с мотовилами. В станке Бакапа автоматическ. сменный аппарат (фиг. 7) поставлен в зависимость от момента выхода оторвавшегося кокона из размоточного таза *B*: кокон, выходя из таза, отклоняет клапан *C*, движение к-рого передается питателю *A*, и последний автоматически подбрасывает свежий кокон. Станок Бакапа проще станка Серреля, но и менее чувствителен. Широкого применения станок Бакапа еще не получил; он находится еще в стадии усовершенствования. Дж. Галлезе в своем докладе на



Фиг. 7.

европейск. конгрессе в 1927 г. по шелку разрешает вопрос о целесообразности и рентабельности станка Бакапа для производства грежи ровных титров, идущей на крутку, в положительном смысле. Опыт ф-ки в Лаинате (Lainate), оборудованной 16 станками Бакапа, показал, что получаемый на этих станках шелк по крепости на разрыв, по эластичности и связности вполне удовлетворителен; не менее хороша оказалась и перемоточная способность шелка (100 мотовил и выше). Сравнительный подсчет себестоимости выработки грежи на фабрике, оборудованной тазами Бакапа, и на ф-ке, оборудованной 6-глазковыми механич. тазами обычной конструкции, показал, что обработка 1 *кг* грежи на первой обходится в 28,1 лир, а на второй—39,7 лир. Даже при 8-глазковых тазах разница оказывается в пользу тазов Бакапа. Так. образом для производства грежи ровных титров для крутки вопрос об автоматизации К. как с технической, так и с экономическ. стороны можно считать разрешенным. Опыты показали, что для производства тиссажной грежи станок Бакапа непригоден, так как дает слишком большие колебания титра.

Холодная размотка коконов. Неудобства, связанные в К. с применением пара и горячей воды, вредно действующих на руки кокономотальщиц и вызывающих у них специфич. заболевания кожи, давно поставили на очередь вопрос о замене горячей размотки холодной путем применения различных химическ. веществ, в первую очередь щелочей, растворяющих шелковинный клей. Первые опыты в этом направлении были произведены еще в 1760—70 гг. Бианки, Замброни и Палуччи. В дальнейшем было предпринято много попыток разрешить этот вопрос, и одна из них принадлежит инж. Леве в Варезе. Система Леве состоит в том, что коконы накануне размотки замачиваются в

слабом щелочном растворе (состав раствора не опубликован); на другой день они поступают в герметически закрываемый котелок, из которого выкачивается воздух; здесь их еще раз пропитывают щелочным раствором, после чего они поступают в кокономотальный таз и разматываются в холодной воде. Система холодной размотки, практикуемая лабораторией К. в Бернареджио, состоит в следующем: коконы погружают на 8 часов в раствор буры, затем в вакуум с 1%-ным раствором едкого натра; обработка раствором едкого натра продолжается в течение 25—30 минут, после чего коконы поступают в размоточный таз и разматываются в холодной воде. Результаты сравнительных испытаний, которые произведены с шелком, полученным на двух итальянских кокономотальнях и по указанным холодным способам, приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Сравнительные испытания шелка.

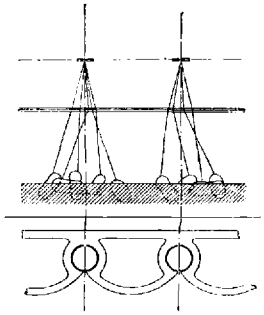
Качество	Место и способ испытания			
	кокономотальня I	кокономотальня II	холодная размотка по способу	
			Бернареджио	Леве
Титр в деньe				
наименьший	11,5	12,5	11,0	12,0
наибольший	16,0	17,5	16,0	16,0
средний	14,13	13,66	13,73	14,16
Выход в *мм*/1 *м* (рандеман)	3,70	3,57	3,40	3,33
Удлинение				
наименьшее	180	184	110	100
наибольшее	260	264	188	230
среднее	234	225	147	157
Крепость				
наименьшая	45	45	41	38
наибольшая	61	69	61	64
средняя	51	57	48	52
Спайность				
наименьшая	80	86	20	20
наибольшая	140	152	62	52
средняя	117,4	111,6	43,8	27,8
% неравномерности	16,8	15,4	26,9	28
Внешний вид грежи	Цвет и внешний вид, удовлетворяющие всем требованиям классической грежи		Бледная, блестящая, прядется на ощупь	Бледная, не очень блестящая

Как это видно из табл. 1, шелк холодной размотки значительно уступает шелку обычной горячей размотки в отношении динамометрических свойств, но особенно слабой является у него спайность нити. Нарушение спайности нити является главным недостатком холодной размотки. Все растворы действуют слишком сильно и быстро на нить, растворяя серицин и затрагивая даже фиброин. Уступая горячей размотке в отношении качества шелка, холодная размотка дает значительно больший выход шелка (до 10%); это важное обстоятельство объясняется тем, что при холодной размотке кокон может быть смотан более до конца, чем при горячей. Во всяком случае вопрос о промышленном применении холодной размотки нельзя считать разрешенным.

Новейшие усовершенствования в кокономотальном производстве. Помимо указанных выше успехов автоматизации К. и попыток, правда еще неудачных, холодной размотки коконов, в последнее время осуществлен ряд дальнейших усовершенствований кокономотального процесса, из которых надлежит указать на следующие.

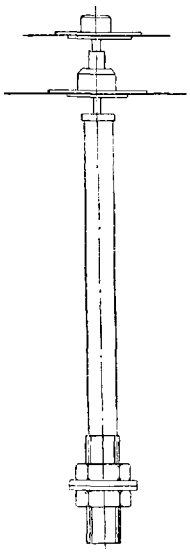
1) Приспособления для чистки представляют собою металлич. пластинки с узкими прорезами, сквозь к-рые пропускаются отдельные шелковинки перед вхождением их в подбрасыватель. Эти приспособления устанавливают между поверхностью воды в тазу и подбрасывателем. Благодаря им все налеты, петли, шишки, к-рые получаются на шелковине во время схода ее с кокона, задерживаются прорезом и не пропускаются дальше. Получили распространение системы Гавацци (фиг. 8) и Симона (фиг. 9). Исследования, произведенные Дж. Галлезе, показали, что число обрывов нити при размотке с чистильными приспособлениями и без них приблизительно одно и то же. При системе Гавацци получалось наименьшее число обрывов. Качество шелка, полученного различными способами размотки, также не дало больших отклонений, однако число больших шишек в шелке, размотанном с чистильными приспособлениями, оказалось значительно меньше, чем в шелке, размотанном без них. Работа с чистильными приспособлениями влияет на динамометрич. свойства грежи, на согласность титра, а также на производительность. Как на неудобство следует указать на нек-рую затруднительность заводки конца шелковины. Во всяком случае, приборы Гавацци и Симона следует рассматривать как весьма ценное добавление к кокономотальному тазу, способствующее улучшению качества шелка.

2) Широкое применение различных препаратов, умягчающих воду или придающих нити мягкость, гибкость, гладкость. Применение этих препаратов обычно повышает выход шелка и уменьшает количество бассине. Бассине (бассинет), или одонки — остатки коконов после размотки, к-рые представляют собою тонкую шелков. оболочку, которая вследствие слабости нити не поддается размотке. Содержание шелка в бассине доходит до 40%. Из препаратов наибольшее распространение получили: препарат Сальвина (фирмы Габбиани) для коконов с твердой оболочкой и низкосортных; препарат Хорине— для размотки коконов среднего качества;



Фиг. 8.

препарат Ороль—для изготовления шелка-сырца тонких титров. Первые два препарата добавляются в качестве примеси в запарочный котелок и в воду таза, а раствор препарата Ороля служит для смазывания прутка, по к-рому пропускают нити шелка, получающие благодаря этому мягкость и большую эластичность и дающие меньше склеенных мест в мотке.

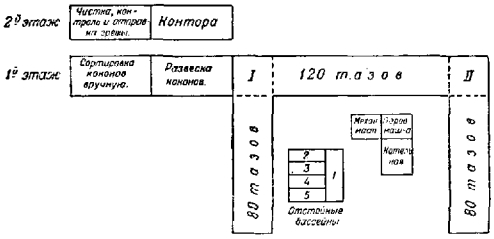


Фиг. 9.

3) Для испытания качества шелка-сырца введен ряд новых приборов, из которых следует отметить прибор А. Керпеца для непрерывного испытания согласности грежевой нити и приборы для определения спайности систем: Сима (Seem), Stagionatura Anonima и Пома (Paum); последний прибор производит испытание в особенно практической и близкой к производству обстановке.

Организация современной кокономотальной фабрики. Организационные формы фабрики зависят в известной степени от местных условий, сырья, рабочей силы, капитала и сбыта, но все же основные условия организации одинаковы для различных районов. Что касается выбора места, то кокономотальные фабрики обычно устраиваются в местах добычи коконов, с расчетом на местное сырье. В виду этого размер европейских кокономотальных фабрик невелик; на итал. кокономотальне средних размеров имеется 58 тазов. Часто при кокономотальне устраивают механич. сушилку и морилку, так как коконы поступают на ф-ку живыми. В Китае и отчасти Японии, в таких центрах шелководства и торговли шелковым сырьем, как напр. Шанхай, встречаются ф-ки значительно большего размера, до 2 000 тазов. Италия, благодаря своей исключительно высокой технике и рациональной организации кокономотального дела, перерабатывает значительн. количества импортных коконов. Важным фактором в деле организации кокономотального производства является квалифицированная рабочая сила. Несмотря на то что механизация К. в значительной степени упростила работу кокономотальщицы и от нее не требуется теперь такого искусства, какое требовалось до введения механических подбрасывателей, запарочных котелков с механическ. щетками и пр., все же основным условием успешной работы кокономотальной ф-ки является наличие квалифицированной рабочей силы. Следующим важным фактором является наличие мягкой, с ограниченным содержанием щелочей, воды, жесткостью не более 15° по франц. системе. Перед поступлением в производство вода обычно очищается от примесей в отстойных бассейнах (до 4—5 бассейнов), а также с помощью песочных и угольных фильтров; умягчение воды, понижение ее жесткости достигается: 1) прибавлением извести, дающей с углекислотой соединения, к-рые осаждаются; 2) прибавлением дождевой воды или другой более мягкой воды. Понижение щелочности воды достигается: 1) прибавлением кислоты (обычно серной); 2) введением веществ, выделяющих органич. к-ты (семена, растения); 3) прибавлением экстракта куколок. Наконец имеет значение и стоимость топлива, т. к. этот расход составляет 12 — 16 % общей стоимости производства грежи. Основной машиной оборудования современной кокономотальни является 8-глазковый механич. таз. Наилучшими считаются тазы итал. з-дов G. Battaglia в Луино и L. Pontiggia в Варезе.

На фиг. 10 представлена схема одной из современных итал. кокономотален на 280 тазов (построенной в 1922 г.). Главный корпус представляет собой здание в виде буквы



Фиг. 10.



П, в средней части к-рого установлены 120 тазов, а в боковых по 80 тазов. Тазы поставлены группами по 20 штук и обращены сушильными шкафами к окнам, а запарочными котелками—к среднему проходу. Угловые части *I* и *II* тазами не заняты: первая предназначена для разборки фризона, вторая — для разборки фризона и проверки титра. С левой стороны от главного здания расположена небольшая двухэтажная пристройка, в нижнем этаже к-рой помещается ручная сортировка коконов, предварительно пропущенных через сортировочную машину Брамбилла, находящуюся на чердаке, откуда они по трубам спускаются в 1-й этаж для ручной сортировки по качеству. Рассортированные коконы поступают в развесочную, развешиваются по мешкам по 2 *кг* в каждом и поступают далее на размотку. Во 2-м этаже этой части здания производятся чистка и контроль грежи, а также упаковка; здесь же помещается контора. Против главного корпуса находится здание, где размещены 2 механич. сушилки с общей суточной производительностью в 15 000 *кг* коконов, весы и подъемник для коконов, склад коконов, а также помещение для варки бассинета; сушилки предназначены для запарки и сушки местных коконов. Во внутреннем дворе главного корпуса устроено 5 отстойных бассейнов, в которых вода последовательно переливается из одного в другой. Второе здание во внутреннем дворе занято механической мастерской, паровой машиной и котельной, имеющей два ланкаширских паровых котла, причем над котлами производится сушка фризона.

Производство описываемой ф-ки характеризуется следующими данными. Коконосортировочная машина Брамбилла за 9 ч. рассортировывает 800 *кг* коконов. Ручная сортировка разделяет коконы по качеству на три сорта, двойник и отброс (пятнистые, прогрызенные): 1-й сорт получается в пределах 70—75%; 2-й 15—17%; 3-й, двойники и отброс, 15—8%. Сортировщица за 9 час. рассортировывает 6 — 9 *кг*. В кономотальне 1 кономотальщица на каждый таз, 1 запарщица на 3 таза, 1 присучалка на 7—8 тазов. 1 мастерица на каждые 40 тазов, одна «директорина» на комплект в 120 тазов и на каждый из комплектов в 80 тазов.

Т. о. общее число занятых на производстве рабочих и служащих составляет: кономотальщиц 280, запарщиц 94, присучальщиц 50, фризонщиц 25, контролерш и чистильщиц грежи 70, сортировщиц коконов 50, мастериц 7, директрис 3, директоров 1, бухгалтеров 1, конторщиков 3, на варке бассинета 2. Всего 586 человек (без кочегара, машиниста и ремонтных слесарей).

Средняя норма за 9 час. на 1 таз для титра: 11/12—500÷540 *г*, 13/15—650÷700 *г*, 16/18—800 *г*.

Допустимые отклонения в денье: для титра 11/12—4 денье, 13/15—5 денье. Средний рандеман 3,5.

Табл. 2.—Мировое производство кономотальной промышленности в 1926 г.

Страны	Шелк-сырец в *т*	Страны	Шелк-сырец в *т*
Италия	3 855	Китай, Шанхай	5 700
Франция	240	» Кантон	3 170
Испания	90	Япония	27 900
		Индия и Индокитай	120
Итого в Европе	4 185		
		Итого на Д. Востоке	36 890
Ближний Восток (Венгрия, Югославия, Греция, Турция, Персия)*	1 100	Всего	42 175

* Сюда же по цифровой статистике шелка входят Закавказье и Средняя Азия.

В указан. в табл. 2 числа входит по Востоку лишь экспорт без учета тех количеств шелка, которые оседают на месте и перерабатываются кустарным путем (см. *Волокна прядильные*, *Шелк*). Производство шелка-сырца в СССР только еще начинает развиваться. В настоящее время (1929 г.) в Союзе имеется 2 267 работающих кономотальных тазов с производительностью 580 000 *кг* грежи в год.

Лит.: Анучин С. А., Шелковая промышленность СССР, М., 1925; Иванов В. П., Наставление к размотке коконов, Тифлис, 1893; Линде В. В., Работа по классификации шелка в Америке, «Технико-экономический вестник», М., 1925, *5*, *6*; его же, К вопросу об автоматизации кономотания, там же, 1926, *6*, *7*; его же, Коконообработка в Италии и во Франции, «Средне-азиатский шелк», 1928, *2*, *3*; Литвинов-Фалинский В. П., Шелковая промышленность в России, СПБ, 1902; Положение о шелковой промышленности России, «Труды Общества фабрикантов шелковой промышленности», М., 1918; «Промышленность и техника», т. 8,—Обработка волокнистых веществ, СПБ, 1906; Совещание о нуждах шелкомотальной и шелкокрутильной промышленности в г. Нухе 10 ноября 1913 года, Тифлис, 1914; Товароведение, под ред. Я. Никитинского и П. Петрова, т. 3, М.—Л., 1924; «ИТПТ», с 1922; «Текстильные новости», Москва, с 1926; «Средне-азиатский шелк», Ташкент, с 1928; Banfi G., Lezioni di meccanica applicata al setificio, Milano, 1927; Beauquis A., Histoire économique de la soie, Grénoble, 1910; Chittick Y., The Purchasing of Raw Silks, N. Y., 1913; Chittick Y., Silk Manufacturing a. its Problems, New York, 1913; Colombo G., Sunto delle lezioni di merceologia dei bozzoli e della seta, Milano, 1917; Duran L., Raw Silk, N. Y., 1921; Ley-Raemisch, Technologie und Wirtschaft der Seide, Technologie d. Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, B. 6, T. 2, Berlin, 1929; Provari A., Filatura e torcitura della seta e dei suoi cascami, 2 ed., Milano, 1923; Silbermann, Die Seide, ihre Geschichte, Gewinnung und Verarbeitung, B. 1—2, Dresden, 1897; Reports of the Raw Silk Classification Committee, Silk Association of America, N. Y., 1922; Schober J., Seide u. Seidenwaren, Leipzig, 1927; Ф. П., 145283, 173611, 173612, 173613, 174535, 176883, 178618, 182160, 184213, 190431, 191226, 19.984, 193225, 195165, 203136, 204731, 204984, 207382, 208985, 209813, 211947, 212847, 216618, 218529, 221156, 224580, 597599, 629385, 652654, 655463.

В. Линде.

КОКОСОВАЯ ПАЛЬМА (Cocos nucifera L.), дерево, достигающее 20—30 *м* высоты, встречается в побережных областях тропич. стран Старого и Нового Света, особенно по берегам и о-вам Индийского и Тихого океанов. Особенно большое распространение культуры К. п. получили на Цейлоне, в Британской Индии и в Ю. Америке. Анатомическая характеристика древесины следующая: главная масса большинства сосудистоволокнистых пучков состоит из твердых, очень толстостенных склеренхимных волокон. В поперечном сечении древесины К. п. в светлобурой основной массе заметны кругловатые или же яйцевидные чернобурые пятна с односторонней пористостью. В тангенциальном разрезе видны черно-бурые и красно-бурые полоски по однородному желто-бурому фону, по которому рассеяны видимые в лупу красные точки. Эти точки представляют собой отдельные клетки основн. ткани, к-рые наполнены красно-бурым содержимым. Древесина К. п. имеет уд. вес 1,4; она хорошо полируется и идет на токарные изделия. Плоды К. п., известные под названием кокосовых орехов, съедобны, содержат высокий % масла (сердцевина ореха—копра—просушенная содержит его до 50—70%). *Кокосовое масло* (см.) является продуктом мировой торговли. Из цветочных початков К. п. туземное население приготовляет вино. См. *Спр. ТЭ*, т. III, ст. Дерево и Животные и растительные масла, жиры и воски.

Лит.: Керн Э. Э., Деревья и кустарники, их лесоводственные особенности, использование и технические применения, М.—Л., 1925; Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, 4 Auflage, B. 2, Leipzig, 1928.

Л. Линде.

КОКОСОВОЕ МАСЛО получается из мякоти кокосовых орехов—семян пальмы Cocos nucifera, произрастающей в тропич. поясе. Промышленное значение имеют естественные и искусственные насаждения кокосовой пальмы на о-вах Яве и Цейлоне, в Индии, на Малабарском берегу, в В. Африке, Дагомее и на Золотом Берегу. В 1912 году культуры кокосовой пальмы занимали 1 500 000 *га* с 240 млн. деревьев, дающих ежегодно 7÷8 млрд. орехов. В европ. страны орех ввозится в виде копры—подсушенной на солнце мякоти. В 1913 году мировой экспорт копры равнялся 537 424 *т*. Из них 243 000 *т* было вывезено с Зондских о-вов, 80 900 *т* с Филиппин, 58 865 *т* с о-ва Цейлона, 38 192 *т* из Индии и 63 470 *т* из проч. англ. владений. В 1924 г. из Голланд. Индии было вывезено 1 252 044 *т*, в 1925 г.—1 286 116 *т* и в 1926 г.—1 510 639 *т*. По коммерч. важности экспорт копры занимает четвертое место (после льна, хлопкового семени и земляного

ореха). Туземцы на Малабарском берегу получают К. м. кипячением копры с водой; масло всплывает на поверхность, и от времени до времени его сливают. Качество такого масла зависит от используемого материала: заплесневевшая и загнившая копра повышает кислотность и сообщает маслу дурной запах; масло из свежих орехов, полученное кипячением с водой, отличается хорошими качествами. Вода частично разлагает и растворяет глицериды низкомолекулярных кислот, и поэтому химич. состав такого масла несколько отличается от состава масла, получаемого прессованием. В Европе и С. Америке К. м. получают обычно прессованием копры при $t°$ 50÷60°; при этом копру предварительно измельчают на мельницах. Прессованное К. м. содержит примесь белков и красящих веществ. Прессованное К. м. освобождают от к-т обработкой содой, а от дурного запаха—перегретым водяным паром.

Состав К. м., по Армстронгу [1]: 9,5% каприловой к-ты, 4,5% каприновой, 51,0% лауриновой, 18,5% миристиновой, 7,5% пальмитиновой, 3,0% стеариновой, 5,0% олеиновой, 1,0% линолевой; эти цифры варьируют в зависимости от происхождения и способа получения масла. Состав К. м. чрезвычайно характерен для тропиков: как известно, низкомолекулярные к-ты (каприловая, каприновая и др.) образуются в растениях только в тропическ. климате. Присутствием этих к-т объясняются специфические ценные свойства К. м.: его усвояемость в пище, моющая и пенообразовательная способность в мылах. Бемер изолировал следующие смешанные глицериды: каприлолауромиристин, миристодилаурин, лауродимиристин, пальмитодимиристин, стеародипальмитин [2]. Запах К. м., по Галлеру и Лассье, объясняется присутствием свободных низкомолекулярных жирных к-т, а также метилгептилкетона, метилнонилкетона и следов альдегидов, отвечающих метилгептилкарбинолу и метилнонилкарбинолу. Кроме того К. м. содержит фитостерин.

Средняя характеристика физ.-хим. свойств К. м. такова: удельн. вес D^{18} 0,9250÷0,9262, D^{100} = 0,8700; $t°_{пл.}$ 20÷28° и $t°_{заст.}$ 14÷23°; рефракция при 40° (по рефрактометру Вольни) 34,5, показатель рефракции 1,4488; кислотное число 2÷10, число омыления 242,1÷268,9, иодное число 7,2÷10, Рейхерт-Мейсля 6,5÷8,7, ацетильное 9,5, Поленске 16,8÷17,8, Генера 87÷92,2. Высокое число омыления объясняется присутствием низкомолекулярных к-т, поэтому примесь К. м. к другим маслам легко открывается. Иодное число К. м., самое низкое для растительных масел, свидетельствует о биологич. роли ненасыщенных к-т в растительных маслах: они не нужны в тропич. влажном климате и, наоборот, необходимы в холодных климатах, где содержание их наивысшее (см. *Льняное масло*). Число Генера для К. м. ниже, чем для других растительных масел, потому что низкомолекулярные к-ты растворимы в воде. Средний мол. в. жирных к-т К. м. 196÷217 (вместо обычного 255÷270).

К. м. имеет огромное значение для мыловарения; главн. образом для этой цели оно и экспортируется в Европу. К. м. обладает исключительной способностью к омылению в крепких щелочных и соляных растворах, что дает возможность получать большие выходы мыла, так наз. эшвегерского, и вообще «наполненных» мыл. Этим и объясняется огромный импорт копры в Европу и С. Америку. Кроме мыловарения и приготовления косметич. препаратов, К. м. применяется в свечном производстве и употребляется в пищу. Пищевое К. м. должно иметь кислотное число не выше 0,5. Стандартные условия СССР на пищевое рафинированное К. м.—см. ОСТ 172—174.

К. м. подвергается иногда прессованию и дает более твердую часть—стеарин и более мягкую — олеин. Характеристика их следующая:

Константы	Стеарин	Олеин
Число омыления	251—258	265
Иодное число	3,8—9,4	14,8
Число Рейхерт-Мейсли	3,3—6,3	8,0—8,5
Число Поленске	11,1—12,1	23,2
$t°_{пл.}$	26,4—32	—
Титр	26,4—27,4	20,3

Кокосовый стеарин в смесях с маслом какао применяется в шоколадном производстве, олеин—в мыловарении. Часть продажного К. м. добывается из плодов пальмы Cocos butyracea L., в Бразилии. Масло пальмы Cocos acrocomoides не имеет промышленного значения.

Лит.: [1]) «J. Ch.», 1925, B. 44, p. 63; [2]) ibid., 1914, B. 33, p. 756.—Tschirch A., Indische Nutz- u. Heilpflanzen, Wiesbaden, 1900, p. 87; Herbert a. Walker, The Keeping Qualities and the Causes of Randicity in Cocoa-nut Oil, «The Philippine Journal of Science», Manila, 1906; Lewkowitsch J., Chem. Technologie u. Analyse d. Öle, Fette u. Wachse, 5 Aufl., Brschw., 1905. **С. Иванов.**

КОКС, твердая спекшаяся пористая масса, остающаяся после удаления летучих веществ из каменного угля путем прокаливания его без доступа воздуха (см. *Коксование*). Физические свойства К.: кажущийся удельн. в. меняется в пределах 0,8÷1,0; в большинстве случаев он ближе к верхнему пределу; истинный удельный вес 1,8—2,0, а при высоком содержании золы (14—15%)—до 2,2; вес 1 $м^3$ кокса в кусках 400—500 *кг*, обычно ~ 450 *кг*; пористость кокса 27—56%; литейный К. имеет пористость < 50% (обычно 46—48%), а доменный > 50% (часто 50—52%). Темп-ра воспламенения К. зависит от его удельного веса и содержания водорода и в среднем равна 700°; теплотворная способность кокса в среднем около 7 000 Cal. Химический состав К. характеризуется содержанием минеральных примесей вообще (зола) и вредных примесей (серы и фосфора), в частности летучих веществ и воды. Содержание углерода в коксе не определяется анализами непосредственно, а вычисляется по разности; разность эта условно называется «нелетучим» углеродом (так как часть углерода уходит из кокса в летучих продуктах коксования). Содержание в коксе названных составных частей указано в табл. 1. В табл. 2 указан состав золы кокса некоторых металлургических районов.

Как видно из табл. 1 и 2, литейный К. более чист и богат углеродом по сравнению с доменным коксом, так как для производства первого берутся отборные сорта угля (с низким содержанием золы и серы).

Табл. 1.—Химический состав кокса.

Сорта кокса	Влага	Летуч. вещества	Зола	С нелетучий	S	P
Литейный:						
Деремский (ульевидн. печи)	0,30	1,00	8,20	90,50	0,90	0,02
Вестфальский (басс. Рура)	0,22	1,95	9,17	88 66	1,03	0,02
Коннельсвильский (США) .	0,74	1,50	8,76	89,00	0,75	0,02
Алабамский	0,60	1,05	9,56	88,79	0,75	0,04
Доменный:						
Украинский (малосернистый)	6,5	1,5	10,5	81,5	1,0	0,03
Украинский (обыкновен.) .	9,0	1,52	12,93	74,79	1,76	0,03
Кузнецкий	9,0	2,0	12,0	77,0	0,52	0,04
Бельгийский (басс. Шарлеруа)	4.4	2,0	14.3	79.3	0,93	0,04
Силезский	2,2	2,0	9,8	86.0	0,91	0,03
Вестфальский (басс. Рура)	7,33	1,89	9,35	81.43	1,1	0,02
Деремский (Англия)	1,43	1,08	9 86	87 63	0,99	0.02
Коннельсвильский (США) .	0.79	1,31	11,54	86,88	0,70	0,01—0,02
Алабамский	Безводн.	1,60	12,96	85.44	0,68	0.04
Индийский (зав. Тата) . .	5,5	1,5	21,4	71,6	0,57	—

Табл. 2.—Химический состав коксовой золы.

Сорта кокса	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	P_2O_5
Литейный кокс (американский)	46,2	31,9	14,5	5,0	2,3	—	—
Доменный:							
Украинский (средн.)	43,0	22,5	23.0	6.0	1,4	2,6	0,7
Кузнецкий	50 9	26,7	12.5	6,4	1,6	1,7	0,8
Бельгийский	52,3	24,1	20,3	4,9	1,7	0,6	0,6
Силезский	26,5	15.5	19.5	17,6	7,4	12,4	0,7
Вестфальский	38 3	27,4	21,5	6,1	3,3	2,3	0,5
Деремский	57,0	30,4	6,5	1,6	1,2	2,8	0,5
Коннельсвильский .	57,5	34,6	5.1	2,6	0,1	—	0,2
Алабамский	45,5	31,9	18,9	3,4	—	—	—

Из сортов доменного К. в СССР наиболее беден серой К. из углей Кузнецкого бассейна, что создаст особенно благоприятные условия для работы доменных печей на этом К. Малосернистыми могут считаться: коннельсвильский, деремский, бельгийский и силезский К. (в последнем сера находится главн. образом в виде сульфатов); несколько более загрязнен серой вестфальский К.; наш южный К. из хорошо отмытых углей дает продукт с 1,6% S. Что касается фосфора, то коннельсвильский и деремский кокс содержат его так мало (0,01—0,02%), что становится возможным выплавлять на них из чистых руд чугун с содержанием 0,04% P. Вестфальский, донецкий и кузнецкий кокс более богаты фосфором (до 0,04—0,05%). Содержание золы в доменном К. обычно 10—12%, лишь бельгийский К. содержит ее 12—15%. Исключение составляет индийский К. (20—22% золы); тем не менее работа металлургическ. печей и на таком К. оказалась вполне возможной. Содержание влаги в К. зависит гл. обр. от способа его тушения, и нормально должно колебаться от 3 до 5%, но при дальней перевозке возрастает до 10%, а при хранении на открытом воздухе доходит до 15%. Отход кокс. мелочи при хорошем К. должен составлять не более 5%.

Оценка К. по химическому составу производится на основании данных теплового баланса доменных печей—в предположении, что ценность К. прямо пропорциональна количеству используемого углерода в нем. В среднем на 1 *кг* сгорающего углерода выделяется 4 000 Cal, что с теплом дутья дает 4800 Cal. из к-рых 75% в среднем используются в печи (остаток—потери в атмосферу и в колошниковых газах). Работа наших южных печей менее выгодна: использование тепла в них ниже 75%, а 1 *кг* углерода дает менее 4000 Cal (используются в печи около 3500 Cal). Пользуясь этими данными, можно определить, насколько замена обыкновенного «кондиционного» К. коксом повышенных качеств из промытых углей, производимым во вновь построенных коксовых печах (см. *Коксование*), понизит его расход, что позволяет определить и стоимость этого кокса. Состав сравниваемых сортов кокса указан ниже (в %):

	Зола	Сера	Влага	Летуч. вещ.	Остаток
Кондиционный К.	12,0	1,8	6,0	1,5	78,7
К. повышенных качеств	9,0	1,6	4,0	1,5	83,9

К. с 10% золы (среднего для Юга состава) и 1,5% серы требует 16% (от веса К. известняка и дает 17% шлака. Поэтому кондиционный К., содержащий золы и серы относительно на 20% больше, чем упомянутый только что кокс, потребует 19,2% известняка (что соответствует 8,26% CO_2) и даст 20,4% шлака. Кокс повышенных качеств, имея на 3% меньше золы и на 0,2% меньше S, требует известняка 15,83% (6,81% CO_2), давая шлака 16,2%. Из приведенного в табл. 3 расчета видно, что переход от К. повышенного качества на кондиционный вызывает увеличение расхода горючего на 8,3%, а обратн. переход—сокращение расхода на 7,7%. Если цена одного из этих сортов кокса известна, то цену другого опре-

Табл. 3.—Расчет сравнительной выгодности кокса кондиционного и кокса повышенных качеств.

Элементы расчета	Кондиционный кокс	Кокс повышенных качеств
Расход тепла на выделение CO_2 из флюса .	8,26·998=8 243 Cal	6,81·998=6 796 Cal
Расход тепла на плавление шлака	20,4·500=10 200 Cal	16,2·500=8 100 Cal
	18 443 Cal	14 896 Cal
Расход углерода	18 443 : 3 500 = 5,27 *кг*	14 896 : 3 500=4,34 *кг*
Остается для использования углерода кокса	78,7—5 27=73 43 *кг*	83,9—4,34=79.56 *кг*
Сравнительная ценность	73,43 : 79,56=0,923	79,56 : 73,43=1,083

деляют из найденных соотношений, принимая во внимание также и стоимость известняка, которого при кондиционном К. расходуется на 3,5% больше. В вышеприведенном расчете не принят во внимание расход тепла на испарение воды. На Юге у нас перед загрузкой печи часто поливают кокс и руду водой (в виду высокой $t°$ колошника); при таких условиях вычет С на испарение воды невозможен; обычно принимают, что на испарение 1 *кг* воды расходуется 636 Cal, а на расплавление шлака—500 Cal; т. о. выходит, что вода в большей степени обесценивает К., чем зола; между тем для доменной печи вторая вреднее первой.

К о н т р о л ь н а д ф и з и ч е с к и м и с в о й с т в а м и к о к с а. Большое влияние на результаты доменной плавки оказывает п р о ч н о с т ь кокса или, точнее, его с о п р о т и в л е н и е и с т и р а н и ю. Оно определяется пробой в барабане, впервые примененной на Днепровском заводе 30 лет тому назад и теперь стандартизованной у нас. Цилиндрический барабан имеет ⌀ 2 *м*; по его образующим расположены прутья ⌀ 25 *мм* с просветами в 25 *мм*. Барабан загружают 150 *кг* К. и приводят во вращение со скоростью 10 об/м. Через 15 мин. кокс, просыпавшийся через зазоры, взвешивают; количество отсева при хорошем качестве К. должно быть не более 20% загрузки. В США производят испытание на прочность более простым способом: 4-кратным падением К. с высоты 1,83 *м* на чугунную плиту; хороший кокс дает 75—80% кусков, имеющих более 51 *мм* в поперечнике. Другим важным физич. качеством К. является его п о р и с т о с т ь, от которой зависит ход процесса горения. В последнее время особое внимание исследователей устремлено на определение г о р ю ч е с т и и р е а к т и в н о с т и К., т. е. скорости горения в токе воздуха и углекислоты. Полагали, что оба названные свойства идентичны и находятся в прямой зависимости от пористости, но оказалось, что численные значения горючести и реактивности не идентичны; кроме того горючесть кокса не прямо пропорциональна пористости, но зависит также и от размеров отдельных пор (более мелкие поры дают бо́льшую поверхность взаимодействия при одинаковом объеме).

Лит.: «ЖРМО», 1925, стр. 159, 167, 255; 1926, стр. 113, 523, 525 (указана литература по горючести и реактивности кокса); П а в л о в М., Металлургия чугуна, вып. 1, Ленинград, 1924; е г о ж е, Расчет доменных шахт, П., 1922; F u l l o n J., Coke, Scranton (Pennsylv.), 1905; S i m m e r s b a c h O., Grundlagen d. Kokschemie, B., 1914; G r u n e w a l d R., Belgische Kohlen u. Koks, deren physik. und chem. Untersuchungen u. Verwendung d. Koks beim Hochofenprozess, Lpz., 1905. **М. Павлов.**

Кокс нефтяной, твердое, пористое, блестящее вещество, представляющее собою конечный продукт перегонки нефти, остающийся в перегонной колбе (или кубе) при «перегонке до кокса». К. нефтяной содержит до 95% и более углерода; представляет собою сложную смесь высокомолекулярных и тугоплавких углеводородов, бедных водородом; содержит немного также и кислородных соединений; природа углеводородов пока мало исследована. Для технич. получения кокса удобно пользоваться остатками от пирогенетич. разложения нефти, применяемого в крупном заводском масштабе при переработке нефти на ароматич. углеводороды. Выход кокса при пиролизе в металлическ. ретортах—ок. 5% от сырья, при этом используется половина полученного продукта; другая половина выжигается, так как вследствие чрезвычайной плотности не м. б. удалена из реторты механич. откалыванием. При пиролизе в шамотных печах Пиккеринга К. получается рыхлый и загрязненный. Выходы на К. получаются тем выше, чем больше в нефти содержится твердого асфальта. Очень удобным сырьем для получения К. является так называемый п е к— массовый побочный продукт пиролиза нефти, остающийся после отгона от получаемой смолы всех продуктов, до антраценовой смолы включительно. Переработка пека на кокс, поставленная в настоящее время в заводском масштабе трестом Азнефть, ведется в специальной муфельной печи с приспособлением для загрузки ее механич. путем. Если исходный материал твердый, то его расплавляют предварительно в особом плавильнике, откуда через мерник он поступает в муфель. Последний представляет собою камеру из огнеупорного материала, прямоугольного сечения, со сферич. сводом, обогреваемую несколькими газовыми форсунками (или каким-либо иным топочным устройством). Выход К. достигает 32% перерабатываемого пека. Получаемый этим путем К. фактически может считаться беззольным. Его химический состав: 98,99% углерода, 0,89% водорода, 0,05÷0,1% золы. Теплотворная способность 8 100 Cal (высшая) и 8 052 Cal (низшая). К. нефтяной применяется гл. обр. для выделки электродов. Годовая потребность СССР — несколько тысяч тонн.

Лит.: Г у р в и ч Л. Г., Научные основы переработки нефти, М.—Л., 1925; Г е р р В. Ф. и У л ь я н о в Г. П., Производство беззольного нефтяного кокса, «НХ», 1927, т. 12, 6, стр. 840; В о р о н о в А., Нефтяной кокс, «Итоги исследования грозненских нефтей», «Труды Центр. лаборатории Грознефти», вып. А, стр. 595, М.—Л., 1927. **С. Наметкин.**

КОКСОБЕНЗОЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО включает в себя след. процессы: а) *коксование* (см.) у г л я, б) выделение из газа, образующегося при коксовании, смолы, аммиака и бензола, в) переработку слабой аммиачной воды на концентрированную или на сульфат аммония, г) переработку сырого бензола на моторный бензол и другие чистые продукты, д) разгонку смолы, выделение из получаемых при этом масел отдельных химическ. индивидуумов и их очистку.

Очистка газа и улавливание летучих продуктов коксования. Образующиеся в процессе коксования газы и пары содержат ряд ценных продуктов—смолу, бензол и аммиак, которые и выделяют из сырого газа. Для этого газ сначала охлаждают в газопроводе и холодильниках, причем происходит конденсация паров смолы и воды, в которой растворяется часть аммиака. Затем для улавливания остатков смолы газ проводят через смолоотделители; улавливание аммиака производится либо водой в скрубберах либо серной кислотой в сатураторах; наконец бензол улавливается каким-либо жидким или твердым поглотителем. В случае

улавливания аммиака серной к-той газ перед сатураторами приходится подогревать, а по выходе их, перед вводом в бензольные поглотительные аппараты, его необходимо охлаждать. Проталкивание газа через всю систему перечисленных аппаратов осуществляется при помощи эксгаустеров.

Коксовый газ. На каждую *т* скоксованного угля получается 300—330 *м*³ газа, средний состав к-рого при выходе из камеры печи следующий [1]: водорода 51%, метана и других насыщенных углеводородов 27%, ненасыщенных и тяжел. углеводородов 3% (в том числе около 1,5% этилена), CO 7%, CO_2 2,5%, кислорода 0,5%, азота 9%. Помимо того каждый *м*³ сырого газа содержит: смолы 100—125 *г*, бензольных углеводородов 30 *г*, сероводорода 7—11 *г*, аммиака 6—9 *г*, цианистого водорода 0,5—1 *г*. На различных ступенях обработки коксовый газ содержит, по Лоханскому [2], следующие количества паров воды, смолы, бензола и аммиака (табл. 1).

Табл. 1.—Состав выделяющегося при коксовании газа на различных ступенях обработки.

При выходе	*t*°	Содержание в *г* на 1 *м*³ газа			
		воды	смолы	бензола	аммиака
Из камеры печи	550	500	120	25	15
» барельета	220	500	50	25	15
» холодильников	30	25	8	25	12
» эксгаустеров и смолоотделителей	30	25	0,1	24	12
» подогревателей	80	25	0,1	24	15
» сатураторов	88	25	0,1	24	0,5
» холодильников	25	20	0,1	24	0,5
» бензольных поглотительных аппаратов	25	20	Следы	5	Следы

Приведенные цифры носят ориентировочный характер, т. к. содержание в газе указанных в табл. 1 веществ значительно колеблется в зависимости от состава исходного угля, как видно из табл. 2, составленной для донецких смесей.

Табл. 2.—Состав выделяющегося при коксовании газа в зависимости от состава угля.

Влажность угля, %	Зольность угля, %	% летучих в угле	Содержание в *г* на 1 *м*³ газа		
			смолы	аммиака	сырого бензола
7	9—10	19—20	40—58	2—3,4	13,4—17,5
5	8—9	20—22,5	55—72	4,2—5,2	16—19
5	8—9	22—24	60—74	5—6,5	18—22
6	9—11	23,5—25	75—100	5,6—7,6	20—28

Обработка газа. Выделяющиеся при коксовании газы и пары поступают из коксовальной камеры через вертикальные трубы-стояки в барельет (гидравлику), в котором осаждается уносимая газами угольная пыль и конденсируются наиболее высококипящие части коксового газа. В настоящее время во многих случаях газ в барельете орошают охлажденной до 15—20° надсмольной водой, причем сам газ охлаждается до 150—100°. На 1 *т* коксуемого угля требуется ок. 3 *м*³ воды. Барельет делается общий для целой батареи камер; из него газ попадает в клепаный газопровод, идущий от печей к заводу побочных продуктов. На этом пути газы должны охлаждаться от ~ 550° (при работе без орошения гидравлики) до 80—70°, причем происходит конденсация значительной части смолы, а также и воды. При расчете диаметра газопровода обычно принимается средняя скорость газов 3—3,5 *м/сек*; наружная поверхность его на каждые 1 000 *м*³ газа (считая объем газа при нормальных условиях) должна составлять 20 *м*². В конце газопровода устраивается сифон для отвода сконденсировавшихся смолы и аммиачной (надсмольной) воды в ямы—миксты, в к-рых происходит разделение этих первичных продуктов по удельному весу. Миксты д. б. рассчитаны на 24—48-часовой запас смолы и аммиачной воды.

Выходящий из газопровода газ проводится через холодильники—обычно сперва воздушные (2 концентрич. цилиндра), а затем водяные, в к-рых он охлаждается до ~ 25°. Практика дает величину охлаждающей поверхности на каждые 1 000 *м*³ газа, в случае применения их без водяных холодильников, 25—30 *м*², а при применении совместно с водяными холодильниками от 6 до 10 *м*². Обычные основные размеры кольцевых воздушн. холодильников приведены в табл. 3.

Водяные холодильники состоят из кожуха, в к-ром расположены вертикальные или горизонтальные трубки. По трубкам пропускается охлаждающая вода, а между трубками протекает газ. Охлаждающая поверхность на 1 000 *м*³ для вертикальных трубок д. б. равна 12—15 *м*², для горизонтальных—

Табл. 3.—Основные размеры кольцевых воздушных холодильников для газа.

Кожух		Высота, *мм*	Охлаждающ. поверхность, *м*²	Вес, *кг*	Диам. входного и выходного отверстий для газа, *мм*	Диам. штуцера для выпуска смолы, *мм*
Внешний диам., *мм*	Внутр. диам., *мм*					
600	400	2 440—3 380	7,5—10,5	400—510	100—125	70
1 000	800	2 880—4 880	16,5—27,6	790—1 100	150—200	100
1 400	1 100	3 854—6 284	30,3—49,3	1 750—2 580	225—300	100
1 800	1 500	4 854—7 784	50,5—81,0	2 760—4 430	250—350	125
2 000	1 600	6 784—14 504	88,0—187,0	—	400—500	125
3 000	2 300	11 644—18 864	195—316,0	11 370—17 650	600—800	150

8—10 $м^2$, при установке без воздушных холодильников. Расход охлаждающей воды составляет 3—5 $м^3$ на 1 000 $м^3$ газа в 24 ч. Общепринятые размеры водяных холодильников с вертикальными трубками [3] приведены в табл. 4.

Табл. 4.—Размеры водяных холодильников с вертикальными трубками.

Диаметр кожуха, *мм*	Число труб ⌀ 76 *мм*	Высота, *мм*	Охлаждающ. поверхность, $м^2$	Вес, *кг*	Диаметр штуцеров, *мм*		
					для газа	для смолы	для воды
600	19	685—2 540	3,4—11,7	420—780	100—120	70	40
1 000	61	1 685—4 540	25,0—66,5	1 375—2 740	150—200	100	50
1 400	139	3 000—6 360	100,2—211,3	3 865—7 160	225—300	100	70
1 800	211	4 420—7 780	224,6—393,3	8 220—13 130	250—350	125	80
2 300	361	6 360—9 140	532,5—778,3	—	400—500	150	125
3 000	631	6 8.0—9 140	998—1 352	30 980—40 530	600—800	150	175

Применяются также и холодильники смешанного типа—воздушно-водяные; в них газ проводится по трубкам, орошаемым снаружи водой. Расход воды равен ~ 2 $м^3$ на 1 000 $м^3$ газа. В последнее время начинают входить в коксобензольную практику холодильники непосредственного действия, представляющие собою пустые башни, в к-рых поднимающийся кверху газ орошается непосредственно надсмольной водой, разбрызгиваемой распределительным устройством навстречу газу.

Охлажденные газы отсасываются эксгаустерами (см. *Вентиляторы*), которые с другой стороны нагнетают их в последующую очистную аппаратуру. Правильная работа коксовых печей требует, чтобы в камерах печи имелось избыточное давление 2—4 *мм* водяного столба; по другую сторону эксгаустера расположены смолоотделитель, аммиачные скрубберы или сатураторы и бензольные скрубберы. Распределение давления по пути прохождения газа, а также сопротивления отдельных аппаратов приведены в табл. 5 [2].

Табл. 5. — Распределение давления газа по пути следования его через очистную аппаратуру.

Место измерения	Давление (+) или разрежение (−) в *мм* вод. столба	Сопротивление аппаратов в *мм* вод. столба
Барельет	От +2 до +4	
Газопровод перед конденсаторами	» −80 » −100	20—40
Газопровод за конденсаторами	» −100 » −140	
Газопровод перед эксгаустером	» −140 » −180	
Газопровод перед смолоотделителями	» +880 » +1 200	60—100
Газопровод перед сатураторами	» +820 » +1 100	
Газопровод за сатураторами	» +450 » +600	370—500
Газопровод перед холодильниками бензольного отдел.	» +450 » +600	20—40
Газопровод за холодильник. бензольного отдел.	» +430 » +560	
Газопровод перед скрубберами бензольного отдел.		
Газопровод перед газометром	» +180 » +250	250—410

Обычно применяются эксгаустеры систем Биля-Донкина, Егера, Рато и др. Ориентировочный расход энергии на 1 000 $м^3/ч$ газа (давление 100 *мм* вод. столба) равен: для эксгаустеров типа Рато 0,4—0,5 HP, типа Егера 0,5—0,6 HP, Биля-Донкина 0,7—0,8 HP. Последние ставятся обычно на коксобензольных з-дах, перерабатывающих не более 400 000 *т* угля в год.

Прошедший через конденсаторы газ содержит еще во взвешенном состоянии капельки смолы в количестве 3—4 *кг* на 1 000 $м^3$, для удаления к-рых за эксгаустером (а иногда и перед ним) устанавливаются смолоотделители. Наиболее распространены на коксобензольных з-дах смолоотделители типа Пелуза и Одуена (см. *Газовое производство*). Давление в смолоотделителе д. б. таково, чтобы газ проходил через сита со скоростью 15—20 *м/сек*. При нормальной работе смолоотделителей потеря давления в них составляет 70—90 *мм* вод. столба; $t°$ выходящего газа равна 18—30°. Выделение смолы достигает 99 % от содержания ее в газе перед входом в смолоотделитель.

Улавливание аммиака. Из смолоотделителей газ попадает в аммиачное отделение. Аммиак улавливается либо водой (с получением аммиачной воды) либо серной к-той (получается сульфат аммония).

При работе на аммиачную воду газ проходит последовательно через несколько скрубберов (башен, заполненных той или иной насадкой), в которые газ подводится снизу, а сверху навстречу ему разбрызгивается растворитель. В последний по ходу процесса скруббер в качестве растворителя вводится свежая вода, а предыдущие скрубберы орошаются аммиачной водой, стекающей из соответствующих последующих скрубберов; так. обр. осуществляется принцип противотока. Поверхность насадки на каждые 1 000 $м^3$ газа д. б. равна 80—100 $м^2$. Насадкой для аммиачных скрубберов обычно служат нестроганые деревянные рейки прямоугольного сечения, толщиной 6 *мм* и высотой 12 *мм*, или рейки треугольного сечения со стороной 25 *мм*, из к-рых изготовляются решетки, укладываемые друг на друга. При построении таких решеток свободный проход для газа должен составлять не менее $^1/_3$ горизонтального сечения скруббера. В табл. 6 [3] указаны общепринятые основные размеры скрубберов с деревянной (прямоугольного сечения) насадкой.

За последн. годы стали находить широкое применение в качестве насадочных тел кольца Рашига (см. *Колонные аппараты*). При диам. 25 *мм* и такой же высоте, боковая поверхность одного кольца составляет 40 $см^2$; в 1 $м^3$ их вмещается ок. 55 000 шт., весящих 630 *кг*, а общая их поверхность достигает 220 $м^2$. Свободное сечение для прохода газа при насадке кольцами равняется 92 % от го-

Табл. 6.—Размеры аммиачных скрубберов с деревянной насадкой из реек прямоугольного сечения.

Диам. кожуха, *мм*	800	1 200	1 600	2 000	2 600	3 000
Диам. тр газовых штуцеров, *мм*	125—150	200—250	250—350	300—400	550—600	600—800
Омываемая поверхность одного ряда насадки, *м²*	4,2	9,6	19,2	26,5	45	60
Вес одного ряда насадки, *кг*	16,5	37,0	65,5	103,0	175	230,0
Высота скруббера, *мм*	2 900—4 400	3 900—7 300	4 900—7 800	10 100—17 450	14 400—23 200	17 400—23 200
Число рядов насадки	11—20	16—37	21—39	49—91	68—118	86—117
Омываемая поверхность всей насадки, *м²*	46—84	153—355	403—749	1 298—2 411	3 060—5 310	5 160—7 020
Общий вес, *кг*	740—1 050	1 750—3 200	3 450—5 395	9 520—16 375	—	33 280—43 880

ризонтального сечения скруббера. В скрубберах кольца поддерживаются горизонтальными железными решетками с поперечником отверстий в 20 *мм*; таких решеток в скруббере ставят 2 или 3. Общепринятые размеры скрубберов с насадкой кольцами Рашига даны в табл. 7.

Табл. 7.—Размеры аммиачных скрубберов с насадкой кольцами Рашига.

Диам. кожуха, *мм*	800	1 000	1 200	1 400	1 800
Диам. газов штуцера, *мм*	125—150	150—200	200—250	225—300	250—350
Высота скруббера, *мм*	2 900—4 400	3 400—5 400	3 900—7 300	4 400—7 800	6 300—14 450
Омываемая поверхность, *м²*	198—363	385—726	660—1 485	1 012—2 178	2 561—6 952
Общий вес, *кг*	1 155—1 790	1 925—3 170	3 150—6 285	4 590—8 850	10 740—26 530

За границей применяются также механич. скрубберы. Стандартные размеры скрубберов горизонтального типа, с распределением промывной жидкости при помощи укрепленных на горизонтальном валу пучков прутьев, приведены в табл. 8 [2].

Табл. 8.—Размеры и производительность механических скрубберов горизонтального типа.

Длина кожуха, *мм*	3 320	3 860	5 360
Диам. кожуха, *мм*	2 500	3 000	3 000
Число об/м	75	100	100
Площадь пола, занятая аппаратом, *м²*	4 550×2 765	5 350×3 350	6 850×3 350
Диам. газовых штуцеров, *мм*	500	600	700
Диам. штуцеров для воды, *мм*	70	70	70
Суточная производительность в *м³* газа	50 000	80 000	125 000

Против указанной в таблице производительности допускается перегрузка до 70%, причем улавливание аммиака падает с 99,2 до 97,7%. Другой распространенной системой механич. скрубберов являются центробежные скрубберы вертикального типа, характеризуемые данными табл. 9 [2].

Табл. 9.—Размеры и производительность механических (центробежных) скрубберов вертикального типа.

Диам. камеры, *мм*	1 500	2 000	2 250	2 500	2 500
Число камер	10	8	9	8	10
Диам. газов. штуцера, *мм*	500	600	700	800	900
Общий вес, *кг*	11 000	—	—	—	30 000
Суточная производительность в *м³* газа	50 000	80 000	130 000	160 000	200 000

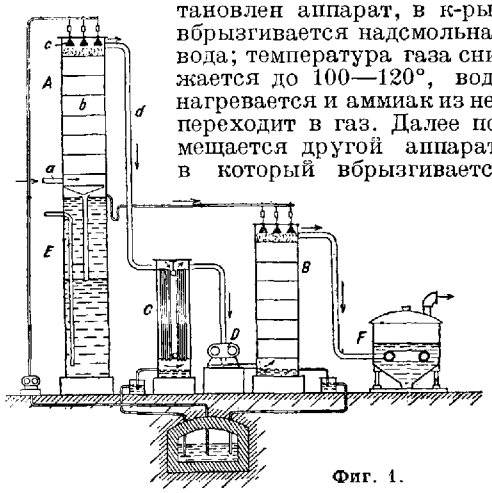
Полнота улавливания аммиака очень сильно зависит от $t°$ промывной воды; так, при повышении $t°$ с 20 до 25° производительность скрубберов падает на 10%. Нормальн. $t°$ воды следует считать 20°. Расход воды также зависит от $t°$ и от системы скрубберов; в среднем можно принимать его не выше 100 *л* на 1 *т* переработанного угля.

При работе на сульфат аммония различают три метода улавливания аммиака: прямой, полупрямой и косвенный. При получении сульфата аммония прямым методом вся масса коксового газа, несущего аммиак, промывается серной кислотой в сатураторах. При косвенном методе аммиак улавливается сначала водой, потом полученная слабая аммиачная вода дистиллируется и выделенный из нее аммиак направляется в сатураторы. При полупрямом методе надсмольная аммиачная вода перерабатывается в дистилляционной колонне, из к-рой аммиак направляется в сатуратор, а аммиак, содержащийся в газе, улавливается серной к-той в сатураторе непосредственно.

Прямой способ получения сульфата аммония по Штилю. При этом способе охлаждение газа производится непосредственно надсмольной водой (фиг. 1). Газ из газопровода, имея температуру 80—100°, поступает через трубку *a* в газопромыватель *A—E*, пустой внизу и с сетками *b* в верхней части; в нем газ промывается надсмольной водой, имеющей $t°$ 20—25° и распределяемой брызгалками *c* и сетками *b*, причем газ охлаждается до 35—40°, а вода нагревается до 70—80°; при этом часть содержавшегося в ней аммиака увлекается газом. Охлаждающая вода и сконденсировавшаяся смола стекают в нижнюю часть промывателя, где и происходит их разделение по удельн. весу. Газ из газопромывателя *A* для окончательного выделения смолы поступает через *d* в трубчатый водяной холодильник *C*, в котором он охлаждается до 20—25°. За холодильником *C* расположен экгаустер *D*, а за ним испаритель *B*, в котором холодный газ входит в непосредственное соприкосновение с надсмольной водой, нагретой в газопромывателе *A*, причем газ, нагреваясь, уносит из воды

большую часть содержащегося в ней аммиака. Охладившаяся вода вновь возвращается в цикл через газопромыватель, а нагретый до 70—75° газ поступает в сатуратор *F* для поглощения серной кислотой.

Схема прямого способа Отто такова: на барельете у входа в газопровод установлен аппарат, в к-рый вбрызгивается надсмольная вода; температура газа снижается до 100—120°, вода нагревается и аммиак из нее переходит в газ. Далее помещается другой аппарат, в который вбрызгивается



Фиг. 1.

горячая смола (с $t°$ 75°); частицы смолы из газа вымываются и последний поступает в сатуратор, из которого лишенный аммиака газ выходит с $t°$ 85° и несет значительные количества водяных паров, конденсирующихся в водяных холодильниках; только после них газ попадает в эксгаустер, проталкивающий его дальше через бензольные скрубберы.

Схема расположения аппаратов при полупрямом методе Копперса (в порядке последовательности их включения) такова: газопровод, водяные трубчатые холодильники, смолоотделитель, эксгаустер, подогреватель (подогревание производится до 75—80°, глухим паром или неохлажденным сырым газом), сатуратор, холодильники, бензольные скрубберы. Сатуратор представляет собою освинцованный цилиндрический сосуд с колоколообразной крышкой, наполняемый серной к-той. Для подвода газа имеется свинцовая труба, опущенная почти до дна сосуда и оканчивающаяся свинцовым же воротником, снабженным вырезами для лучшего распределения газа. Для сбора образующихся кристаллов сульфата аммония устроен карман, из которого кристаллы извлекаются при помощи эжектора в деревянный ящик; из последнего они попадают в центрифугу. Между сатуратором и деревянным ящиком устанавливается газоотделитель.

При производстве сульфата аммония из газа обычно пользуются 78%-ной серной к-той (60° Bé), к-рая перед употреблением разбавляется до ~ 55% (42—45° Bé). Серная к-та берется в небольшом избытке против теоретически необходимого количества—не более чем на 5—10%, так как при большом избытке кислоты получается хорошо растворимая кислая соль, а при меньшем есть опасность, что часть аммиака проскочит через сатуратор. О получении аммиака и сульфата аммония из аммиачной воды см. ниже.

Улавливание бензола и его гомологов. После выделения аммиака из коксовых газов выделяют бензол и его гомологи. Это достигается обычно путем поглощения паров ароматич. углеводородов из газа жидкими поглотительными маслами или твердыми поглотителями—адсорбентами. В качестве поглотительных масел применяют нек-рые каменноугольные или нефтяные, а также буроугольные масла. Промывка газа маслом производится по принципу противотока в скрубберах, снабженных той или иной насадкой, или же в механич. (центробежных) скрубберах. При насадке в виде решеток из деревянных реек, имеющих размеры 125×13×17 *мм*, 1 *м*³ их весит 150—160 *кг* и имеет омываемую поверхность 50 *м*². Необходимая омываемая поверхность на 1 *т* перерабатываемого в сутки угля составляет 20—30 *м*², что соответствует примерно объему скруббера 0,40—0,60 *м*³. Количество циркулирующего в поглотительной системе масла составляет от 300 до 550 *л* на 1 *т* коксуемого угля; при хорошей работе оно должно равняться 300—325 *л* при насыщении масла бензолом до концентрации 4,5%. При насыщении, равном 3%, количество масла увеличивается соответственно до 450 *л*. При дальнейшей обработке часть масла, составляющая 25% от веса полученного бензола, теряется. Температура масла во время промывки газа д. б. не выше 20°. Степень извлечения бензола из газа достигает обычно 80—85%. Продолжительность контакта между маслом и газом равна 70—100 ск.

Поглотившее бензол масло, называемое в Донбассе маслом «бензине», подвергается переработке с целью выделения из него сырого бензола. Из напорного бака масло попадает в теплообменник, в котором оно подогревается до 70—80° за счет теплоты обезбензоленного уже масла (масла «дебензине»); затем масло поступает в решофер, в котором нагревается до 115—125° глухим паром, причем частично выделяются пары бензола. Масло и пары бензола направляются в дистилляционную колонну, в к-рой производится отгонка бензола острым паром. Из нижней части дистилляционной колонны стекает масло дебензине, которое, пройдя теплообменник, направляется в холодильники, после которых, пройдя сепаратор для отделения воды, вновь подается на скрубберы. Смесь водяных паров и паров сырого бензола попадает в дефлегмационную колонну, затем в дефлегматор, а после него в конденсатор, из которого вытекает смесь сырого бензола и воды, разделяемая по уд. весу в флорентийской вазе. Флегма из дефлегматора отводится в кристаллизатор для выделения из нее нафталина.

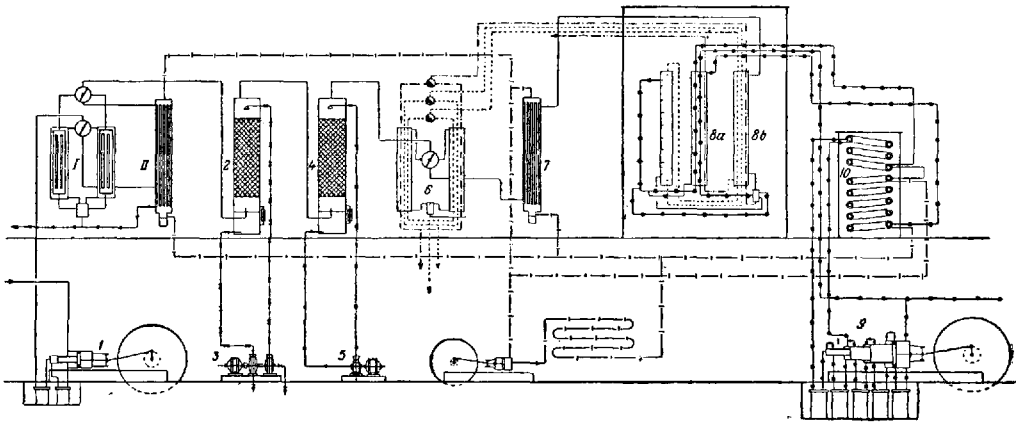
Теплообменники устраиваются или в виде обычных трубчатых аппаратов или же в виде двух концентрич. труб, причем по внутренней течет масло бензине, а между внешней и внутренней трубам—дебензине. Поверхность теплообменника на 1 000 *л* масла бензине равна 20 — 25 *м*². Подогреватель устраивается или в виде колонного аппа-

рата, снабженного калориферами, обогреваемыми паром, или иных типов, также с обогреванием глухим паром. Потребная поверхность теплообмена—6—8 $м^2$ на 1 000 $л$ масла дебензине. Дистилляционная колонна устраивается либо с тарелками, снабженными колпачками, либо с насадкой из колец Рашига. В колоннах с тарелками общая площадь сечения отверстий, служащих для прохода газа, на 1 000 $л$ масла должна составлять 280 $см^2$. В нижней части колонны устраивается подвод пара через перфорированную трубку; обычно применяют пар, имеющий давление от 4—5 до 8 atm. Иногда нижние тарелки снабжаются калориферами. Дефлегмационная колонна обычно подобна дистилляционной, но имеет меньшие размеры. Конденсатор—чаще всего трубчатый, с поверхностью теплообмена около 9 $м^2$ на 1 000 $л$ переработанного масла. Холодильники для масла дебензине обыкновенно устраиваются воздушно-водяные. Поверхность теплообмена в них: при железных трубах—ок. 20 $м^2$ на 1 000 $л$ масла в час, при чугунных трубах—24 $м^2$.

Большинство коксобензольных з-дов улавливают бензол жидкими поглотителями. Из твердых поглотителей, применяемых пока значительно реже, находят применение высокопористые адсорбирующие материалы: *активированный уголь* (см.) и *силикагель* (см.), оба в зерненом виде.

Выход сырого бензола на 1 $т$ скоксованного угля равен 7—10 $кг$. Средний состав его: бензола 35—50%, толуола 17—20%, ксилола 6—10%, предельных углеводородов 1%, сероуглерода 0,3—0,5%, тиофенов 0,7—1,0%. Потеря веса при щелочной промывке составляет 0,7%, потеря при кислотной промывке—5,5%; удельн. в. сырого бензола равен 0,88. В нем содержатся также легко полимеризующиеся соединения (инден, кумарон) и их гомологи.

Выделение водорода из коксового газа. Кроме извлечения из коксового газа смолы, аммиака и бензола, с 1921 г. из него начали также получать в нек-рых случаях и водород, главным образом для синтеза аммиака из атмосферного азота (см. *Аммиак*). Извлечение водорода из газа производится по способам Линде или Клода. Способ Линде дает в конечном результате не чистый водород, а смесь водорода и азота в объемном соотношении 3 : 1, необходимом для синтеза аммиака. Коксовый газ после выхода из бензольных скрубберов компримируется до 10 atm и, если он содержит бензола более 1 $г/м^3$, подвергается дополнительной очистке от бензола (фиг. 2). Для этого газ из компрессора *1* проводят сначала между трубками двух теплообменников *I*, в к-рых он охлаждается за счет теплообмена с газом, уже обезбензоленным в аммиачном холодильнике *II*, после чего газ поступает в этот аммиачный холодильник (*II*), где и охлаждается до −45°; здесь из него выделяются бензол, вода и другие легко сжижающиеся или замерзающие вещества. Обезбензоленный газ, пройдя по трубкам теплообменников *I*, поступает затем для удаления CO_2 в орошаемую водой башню *2*, также под давлением 10 atm. Для подачи воды служит насос *3*, который приводится в действие водяной турбиной, работающей на воде, вытекающей из башни *2* и дающей до 55% энергии, потребной для подачи воды на башню; недостающая часть энергии получается от электромотора. Кроме CO_2 в промывной воде растворяются остатки аммиака, ацетилен, а также частично этилен, водород и метан. Последние два газа выделяются из раствора при уменьшении давления от 10 до 1 atm и присоединяются к газу, остающемуся после выделения водорода. После промывки водой в обрабатываемом газе остаются еще небольшие количества CO_2, для удаления которых производится дополнительная промывка едким натром в башне *4*. Раствор едкого натра, подаваемый насосом *5*, циркулирует в башне до начала образования бикарбоната. Дальше газ проходит через теплообменники *6*, в которых он охлаждается более глубоко охлажденными фракциями газа, проходит через аммиачный холодильник *7* и поступает в разделительный аппарат *8*. Последний состоит из двух теплообменников *a* и *b* и ректификационной колонны. В этом аппарате еще до ректификационной колонны конденсируются последовательно этиленовая и метановая фракции; холод первой используется в теплообменнике *8b*, а



Фиг. 2.

холод второй—в теплообменниках *8а* и *6*. В ректификационную колонну попадает газ, содержащий почти исключительно H_2, CO и N_2. Колонна орошается жидким азотом, подводимым от отдельной установки (*9* и *10*); CO конденсируется в колонне и вместе с частью жидкого азота отводится из нижней части колонны; эта фракция проводится через теплообменники *8а* и *6*. Несконденсировавшаяся смесь, содержащая 75% H_2 и 25% N_2, проводится также через теплообменники *8а* и *6*. На основании данных Борхарта [4] составлена табл. 10, дающая распределение 1 000 *м*³ исходного коксового газа при разделении его по способу Линде.

Из табл.10 и 11 видно, что после выделения из коксового газа водорода остается еще 39% газа с очень высокой теплотворной способностью (7 800 Cal/*м*³), общее теплосодержание которого составляет 65% от теплосодержания исходного газа. Кроме того получается 17% газа, богатого CO, с теплотворной способностью 1 200 Cal/*м*³.

При получении водорода по способу Клода освобожденный от CO_2 коксовый газ компримируется под давлением 25—30 *atm* и поступает в цилиндр пневматич. двигателя, детандер, в котором он расширяется до атмосферного давления, причем *t*° газа понижается прибл. до −210°. Далее газ проходит через систему теплообменников, в которых происходит фракционированное охлаждение и конденсация газа, движущегося к детандеру. В первую очередь конденсируются пропилен и этилен, затем этан и метан вместе с небольшими количествами CO и N_2 и наконец главная масса окиси углерода и азота. Таким обр. в детандер попадает только водород с примесью окиси углерода (~ 1%) и азота (до 7%). Этот водород м. б. использован для синтеза аммиака только в установках Клода, т. к. CO является ядом для обычно применяемых в этом синтезе катализаторов.

Полученные при выделении водорода фракции газа могут быть использованы также как исходное сырье для других химических производств, например этиленовая фракция — для синтеза этилового спирта или этиленгликоля, и т. п. (см. *Этилен*). Установки с использованием этилена в качестве сырья имеются в настоящее время на некоторых заводах во Франции.

Табл. 10.—Количественное распределение составных частей коксового газа при разделении его по способу Линде.

Количества	1. Исходный газ	2. Удаляется с водой безвозвратно	3. Выделяется из воды при понижении давления	4. Остается после промывки водой и щелочью	5. Добавка № 2	Получается после разделения: 6. Этиленовая фракция	7. Метановая фракция	8. Фракция окиси углерода	9. Водородно-азотная смесь	10. Смесь фракций 3, 6 и 7
А	465	—	14,9	450	—	—	12,5	—	438	27,4
Б	—	—	25	49,3	—	—	4,2	—	75	7,1
А	262	1,5	17,9	242	—	8,9	222	11,9	—	248,8
Б	—	—	30	26,6	—	30,6	74,4	6,9	—	64,0
А	131	—	6,0	125	173	—	26,2	126	146	32,2
Б	—	—	10	13,7	—	—	8,7	73,1	25	8,3
А	63	—	3,0	60,2	—	0,6	28,6	32	—	32,2
Б	—	—	5	6,6	—	2,0	9,6	18,0	—	8,3
А	32	21,4	10,7	—	—	—	—	—	—	10,7
Б	—	—	18	—	—	—	—	—	—	2,8
А	26	4,2	5,4	16,4	—	10,7	5,7	—	—	21,8
Б	—	—	9	1,8	—	36,7	1,9	—	—	5,6
А	10	0,3	1,2	8,9	—	8,9	—	—	—	10,1
Б	—	—	2	1,0	—	30,6	—	—	—	2,6
А	10	—	0,6	8,9	—	—	3,6	3,6	—	4,2
Б	—	—	1	1,0	—	—	1,2	2,0	—	1,1
Всего А	999	27,4	59,7	911,4	173	29,1	298,6	173,5	584	387,4
Всего Б	—	—	100	100	—	99,9	100	100	100	99,8

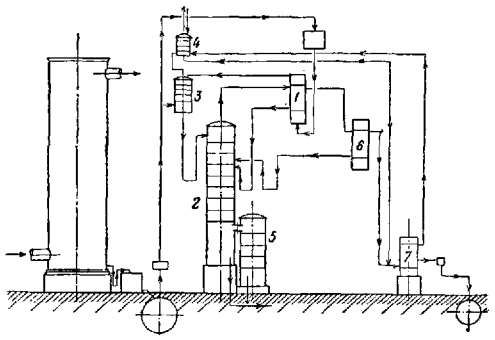
Примечание. Вода для промывки—119 *м*³. А—количество в *м*³ на 1 000 *м*³ газа. Б—в % от данной фракции.

Теплосодержание *Q* и теплотворная способность *K* отдельных фракций, получаемых из 1 000 *м*³ коксового газа, видны из табл. 11.

Табл. 11.—Теплосодержание и теплотворная способность отдельных фракций коксового газа.

Фракции	*K*, Cal/*м*³	*Q*, Cal	*Q*, в % от исходн. газа
Исходный газ	4 680	4 680 000	100
Потери с водой	—	95 000	2
Фракция, выделяющаяся из воды при пониженном давлении	5 610	335 000	7,2
Газ после промывки водой и щелочью	—	4 250 000	90,8
Этиленовая фракция	14 060	411 000	8,8
Метановая фракция	7 700	2 295 000	49,0
Фракция окиси углерода	1 200	208 000	4,4
Водородоазотная смесь	2 285	1 336 000	28,6
Смесь фракций метановой, этиленовой и выделяющейся из воды	7 800	3 041 000	65,0

Переработка аммиачной воды. Получаемая из конденсаторов надсмольная вода и слабая аммиачная вода из скрубберов обычно перерабатываются или на сульфат аммония или на концентрированную аммиачную воду с содержанием 20—25% NH_3. Выход аммиака на 1 *т* скоксованного угля зависит от содержания азота в исходной смеси углей, от ее влажности, *t°* коксования и ряда других факторов; в среднем его можно принять равным 2,5 *кг*, считая на чистый аммиак. Около $^1/_3$ этого количества содержится в надсмольной воде, а остальные $^2/_3$ улавливаются в скрубберах. Эти две «воды» для дальнейшей переработки обычно смешивают, причем получается вода, содержащая ок. 1,5% NH_3. Часть этого аммиака находится в свободном состоянии, а часть в связанном—в виде аммонийных солей угольной, сернистоводородной, цианистоводородной, серноватистой, серной, хлористоводородной, роданистоводородной и других к-т. Соли первых трех к-т при нагревании легко диссоциируют, и аммиак, содержащийся в них, может быть выделен из воды путем кипячения раствора. Соли остальных кислот более прочны, и для выделения из них аммиака требуются уже химические методы.



Фиг. 3.

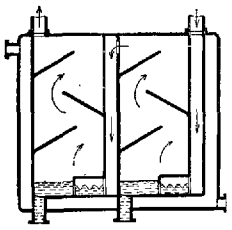
Переработка слабой аммиачной воды на концентрированную, содержащую ок. 25% NH_3, ведется обыкновенно следующим образом (фиг. 3). Аммиачная вода проводится сначала через дефлегматор *1* аммиачной колонны *2*, в котором она нагревается до 50—60° за счет теплоты конденсации водяных паров, уносимых аммиаком из аммиачной колонны. Из дефлегматора аммиачная вода попадает в диссоциатор *3* (обычно тарельчатая колонна с колпачками), на нижних ярусах к-рого она подогревается до 95—96°; при этом углекислый и сернистый аммоний разлагаются с образованием газообразных NH_3, CO_2 и H_2S, которые поднимаются вверх по колонне, встречая на своем пути все менее и менее теплую воду, к-рая и растворяет их вновь. Но т. к. относительная растворимость CO_2 и H_2S значительно меньше, чем NH_3, то первые два газа растворяются не полностью, и часть их (60—70% H_2S и 85—90% CO_2) отводится из системы. Нек-рое количество аммиака также проскакивает через диссоциатор и для его улавливания устанавливается дополнительная колонка *4*, орошаемая чистой водой. Нагретая до 95—96° аммиачная вода, освобожденная уже от большей части CO_2 и H_2S, поступает сверху в дистилляционную колонну *2* (см. *Аммиак*), где происходит выделение аммиака из раствора при помощи острого пара; на нижних полках колонны вода нагревается до 100—110°, для чего в колонне поддерживается давление от 0,1—0,3 до 0,5 *atm*. В среднюю часть колонны подводится известковое молоко крепостью 4—6° Bé, которое перемешивается со стекающей из верхней части аммиачной водой; эта смесь поступает на верхнюю тарелку вспомогательной колонны *5* и затем протекает постепенно вниз, а навстречу ей продувается острый пар. В этой части дистилляционной колонны происходит разложение прочных солей аммония. Количество известкового молока д. б. достаточным как для разложения аммонийных солей, так и для связывания остатков CO_2 и H_2S, не удаленных в диссоциаторе. Освобожденный аммиак проходит через всю дистилляционную колонну вместе с водяными парами, отсюда поступает в дефлегматор, охлаждаемый новыми порциями слабой аммиачной воды, где часть водяных паров конденсируется, затем проходит через холодильники *6*, в к-рых сгущается новая порция водяных паров, и наконец аммиак поглощается чистой водой в скруббере *7*. Конденсаты из дефлегматора и из холодильника отводятся на верхние тарелки аммиачной колонны.

Практика дает следующие ориентировочные данные для основных размеров аппаратов аммиачного отделения: на 1 000 *л* в сутки слабой аммиачной воды требуется 2,5—3 *м* барботажного периметра колпачков в диссоциаторе. Общее сопротивление слоя жидкости на тарелках диссоциатора не д. б. больше 0,05 *atm*. В дистилляционной колонне барботажный периметр колпачков на 1 000 $м^3$ перерабатываемой аммиачной воды в сутки д. б. 3—4 *м*. В воде, отходящей из колонны, должно содержаться не более 0,003—0,005% всего аммиака. Расход пара на 1 $м^3$ сырой аммиачной воды, по данным коксобензольных з-дов Донбасса, равен 600—800 *кг*, по иностранным данным—250—570 *кг*.

Необходимо еще упомянуть о круговом процессе получения концентрированной аммиачн. воды, существенной особенностью к-рого является переработка главной массы слабой аммиачной воды без извести. Подлежащая переработке аммиачная вода из напорного бака, пройдя через теплообменник, в к-ром она нагревается за счет сточных вод, покидающих дистилляционную колонну, попадает в диссоциатор, а из него в дистилляционную колонну, работающую без добавки известкового молока. Газы и пары, выходящие из колонны, подвергаются дефлегмации, окончательному охлаждению и поглощению, а сточные воды из колонны проходят через теплообменник, охлаждаются на градирне и направляются вновь на скрубберы для промывки газа. При этом процессе должно происходить накопление в воде прочных солей аммония, для переработки раствора которых на заграничных заводах, работающих по этому способу, предусмотрены небольшие колонки со введением известкового молока.

Переработка сырого бензола. Сырой бензол (состав его см. выше) обычно промывается едкой щелочью и серной к-той, а затем подвергается разгонке, причем получаются: сероуглеродная фракция; различные фракции, служащие в качестве растворителей и для других технич. целей; моторный бензол; чистые продукты (бензол, толуол, ксилолы); из него же получаются кумароновые смолы. Схема ректификации бензола на различных з-дах различна. В одних случаях от сырого бензола отгоняют фракцию, кипящую примерно до 150°, и подвергают ее промывке щелочью и серной к-той, а затем перегонке в ректификационном аппарате. В других случаях сырой бензол предварительно разгоняют на отдельные фракции, соответственно намеченным чистым продуктам, а эти фракции промывают и перегоняют еще раз. Наконец в нек-рых случаях промывке подвергается весь сырой бензол. Последний метод наименее экономичен; самым рациональным является второй способ.

При предварительной перегонке сырого бензола обычно отбирают фракцию, кипящую до 150°. Эта граница $t°_{кип.}$ может изменяться в зависимости от требующихся окончательных продуктов. При разгонке сырого бензола на отдельные фракции с целью получения в дальнейшем чистых бензола, толуола и ксилола—отбирают фракции: 1) до 95°, 2) 95—120° и 3) 120—155°. Перегнанные фракции для выделения пиридиновых оснований промываются при энергичном перемешивании 30%-ной серной к-той, взятой в количестве 1—2% от объема промываемой фракции. Промывка продолжается 20—30 мин., после чего следует отстаивание в течение 30 мин. и удаление сернокислых солей пиридиновых оснований. Затем следуют: вторая промывка крепкой серной кислотой (1% от объема фракции), уд. в. 1,84, в течение $^1/_4$—$^3/_4$ ч., отстаивание в течение 10—15 м., промывка водой, промывка 20%-ным раствором едкого натра, взятым в количестве 1%, и опять промывка водой. Более целесообразным является такой порядок промывки: слабой кислотой, щелочью, крепкой к-той, щелочью, водой. Промывка осуществляется периодически в обычного типа мешалках с конич. дном, причем промывку к-той и щелочью желательно вести в различных промывателях. Вопрос о непрерывной промывке не нашел еще надлежащего разрешения. На фиг. 4 изображен аппарат для промывки бензола в парообразной фазе. После промывки предварительные фракции подвергаются ректификации из куба с колонной, соединенной с мощным дефлегматором. При получении чистого бензола $t°$ воды в дефлегматоре поддерживается при 45°, для толуола—при 100°; для ксилола почти вся вода из дефлегматора спускается. Отбор различных фракций ведут на основании контрольных лабораторных разгонок. Для чистого бензола перегонка должна начинаться не ниже 78,5° и кончаться не выше 80,5°, причем не менее 98% его должно отгоняться в пределах 1,4°. Для чистого толуола—начало разгонки не выше 109,5°, причем 98% его должно переходить в пределах 109,5—111,0°. Для ксилола—98% должно отгоняться в пределах 136,5—141,5° (все $t°$ приведены к нормальному барометрическому давлению). Ректификационные аппараты состоят из кубов горизонтального или вертикального типа, которые снабжены колонками с сетками или тарелками. Разгонка ведется при помощи острого или глухого перегретого пара, а иногда и голым огнем в кубе, снабженном колонкой с 18—22 тарелками или сетками, или с насадкой из колец Рашига.



Фиг. 4.

Переработка каменноугольной смолы. Каменноугольная смола, или каменноугольный деготь, представляет собою вязкую жидкость уд. в. 1,1—1,2, получаемую при коксовании каменного угля в количестве 2,2—3% от веса угля; в ее состав входит очень большое количество отдельных химич. индивидуумов, в большинстве представляющих соединения ароматич. ряда. Главнейшие из них следующие:

Табл. 12.—Химические индивидуумы, входящие в состав каменноугольной смолы, и их характеристики.

Название	$t°_{кип.}$	$t°_{пл.}$	Состав
Бензол	80	5,5	C_6H_6
Гомологи бензола (от монометил- до тетраметилбензола)	111—196	—	C_7H_8—$C_{10}H_{14}$
Инден и его гомологи	182	−2	C_9H_8
Нафталин	218	80	$C_{10}H_8$
α-Метилнафталин	240—243	<−36	$C_{11}H_{10}$
β-Метилнафталин	241—242	32,5	$C_{11}H_{10}$
Аценафтен	278	95	$C_{12}H_{10}$
Дифенил	255	70,5	$(C_6H_5)_2$
Флуорен	293—294	116	$C_{13}H_{10}$
Антрацен	351	216,6	$C_{14}H_{10}$
Фенантрен	340	100	$C_{14}H_{10}$
Пирен	>360	150	$C_{16}H_{10}$
Хризен	448	250	$C_{18}H_{12}$
Фенол	181	41	C_6H_5OH
Крезолы (о-, м- и п-)	191—201	4— 37	C_7H_7OH
Нафтолы (α- и β-)	278—286	96—122	$C_{10}H_7OH$
Кумарон	175	<−18	C_8H_6O
Дифениленоксид	288	86	$C_{12}H_8O$
Тиофен	87	−30	C_4H_4S
Тионафтен	221—222	32	C_8H_6S
Пиридин (и его гомологи)	115,5	−42	C_5H_5N
Хинолин	238	−22,6	C_9H_7N
Изохинолин	240,5	24—25	C_9H_7N
Акридин	345—346	107	$C_{13}H_9N$
Карбазол	354—355	238	$C_{12}H_9N$

Данные о количественном составе смолы крайне скудны. По анализам Вейсса и Даунса (Downs) [5], состав каменноугольной смолы м. б. выражен данными табл. 13. Анализы донецких смол, вообще очень мало исследованных, показывают меньшее содержание нафталина, антрацена, карбазола, фенолов, оснований и нек-рых других соединений, но относительный состав этих смол приблизительно соответствует приведенному выше.

Одной из основных технич. характеристик каменноугольной смолы является ее разгонка. В среднем при разгонке получаются фракции, приведенные в табл. 14.

Табл. 13.—Количественный состав каменноугольной смолы (по Вейссу и Даунсу).

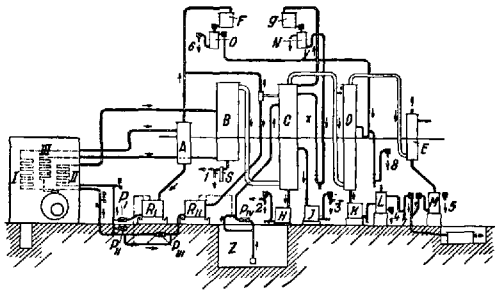
Фракции	%-ное содержание в смоле
I. Легкое масло:	
Сырой бензол и толуол	0,3
Кумарон, инден и др.	0,6
Ксилолы и другие гомологи бензола	1,1
II. Среднее и тяжелое масла:	
Нафталин	10,9
Неидентифицированные масла нафталинового ряда	1,7
α-Метилнафталин	1,0
β-Метилнафталин	1,5
Диметилнафталины	3,4
Аценафтен	1,4
Неидентифицированные масла аценафтенового ряда	1,0
Флуорен	1,6
Неидентифицированные масла флуоренового ряда	1,2
III. Антраценовое масло:	
Фенантрен	4,0
Антрацен	1,1
Карбазол и другие неосновные азотсодержащие соединения	2,3
Неидентифицированные масла антраценового ряда	5,4
IV. Другие составные смолы:	
Фенол	0,7
Крезолы, ксиленолы и другие фенолы	1,5
Основания (пиридин, хинолин, акридин и их гомологи)	2,3
Пек	44,7
Прочие масла и смолы	12,3

Табл. 14.—Характеристика фракций, получающихся при разгонке смолы.

Фракции	$t°_{кип.}$	% от смолы	Уд. в.
Легкое масло	до 170°	2— 3	0,91—0,95
Среднее »	170—230°	10—12	1,01—1,02
Тяжелое »	230—270°	8—10	1,04—1,06
Антраценовое масло	270—350°	18—25	1,1 и выше
Пек	>350°	55—50	—

Кроме того смола всегда содержит нек-рое количество воды (в среднем 5%). Переработку смолы начинают с ее обезвоживания. Сырую смолу подогревают при помощи глухого пара, причем вода отслаивается и при сливании смолы остается в отстойном резервуаре. Полное обезвоживание достигается только при более энергичном подогреве смолы в отдельных дистилляционных кубах, причем вода отгоняется. В настоящее время обезвоживание смолы ведут преимущественно непрерывным способом. Для этой цели служит обычного типа дистилляционный куб, снабженный колонкой, состоящей из 3 звеньев по 3 тарелки в каждом. При начале работы в куб загружают смолу и нагревают до ~ 200°; когда вся вода будет удалена, через колонку навстречу поднимающимся парам пускают сырую смолу, которая, нагреваясь, отдает свою воду. Пары из колонки попадают в конденсатор, а обезвоженная смола из куба отводится непрерывно через сифон. По способу Вилтона (Wilton) сырая смола обогревается сперва отходящей уже обезвоженной смолой, затем поступает под давлением 2—2,5 *atm* в змеевик, обогреваемый голым огнем; здесь она нагревается до ~ 140°; из змеевика смола попадает в резервуар, в котором давление падает до атмосферного, причем из смолы выделяются пары легких масел и воды. Смола стекает в упомянутый выше теплообменник (куб с колонкой), а пары отводятся в конденсатор; полученная в нем смесь легкого масла и воды разделяется по уд. весу в сепараторе. По Чемберсу и Гаммонду, обезвоживание смолы производится в кубах, в верхней части к-рых расположены ступенеобразно несколько (обычно 7) противней. Сырая смола поступает на верхний противень, протекает каскадом по остальным противням и попадает в куб, обогреваемый голым огнем. Выделяющиеся вследствие нагрева куба пары смолы обогревают противни, на к-рых из стекающей вниз смолы и выделяются пары воды и легкого масла. В нек-рых случаях обезвоживание производят за счет теплоты паров дистиллата, отходящих из куба, в котором ведется уже полная разгонка смолы.

Обезвоженная смола подвергается дистилляции в установках периодическ.



Фиг. 5.

или непрерывного действия. Разделение смолы на фракции (масла) ведут или по количеству собранного дистиллата на основании предварительной лабораторной дистилляции, или по уд. в., или по $t°_{кип.}$.

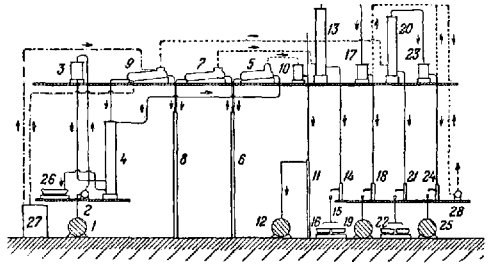
Перегонная установка периодического действия состоит из вертикального или (в настоящее время чаще) горизонтального куба, обогреваемого голым огнем, из конденсатора, сепараторов и приемников. Емкость кубов—от 20 до 50 *m*. Отгонка антраценового масла ведется с острым паром. Расход топлива составляет в среднем 8% от веса переработанной смолы. Согласно подсчетам М. И. Сладкова [6], теоретич. расход топлива (7 000 Cal), с учетом потерь тепла с дымовыми газами ($t°$ 400°), составляет ~ 3,35% от веса нормальн. смолы (влажность 3%, выход пека 55%).

Непрерывные способы дистилляции смолы были предложены в значительном числе вариантов, но из них нашли распространение лишь немногие. Главнейшие применяемые способы—Бормана, Рашига, Абдергальдена и Хирда.

В основе способа Бормана лежит фракционированная конденсация паров смолы. Установка (фиг. 5) состоит из печи, в к-рой расположено три змеевика (*I* и *II*—для нагрева смолы, *III*—для перегрева водяных паров), пять колонн *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, в к-рых происходит выделение воды и отдельн. фракций смолы, четырех насосов и нескольк. конденсаторов, сепараторов и приемников. Сырая смола насосом P_{IV} подается из хранили-

ща Z в дефлегматор, установлен. на колонке C, где она и нагревается за счет теплоты отходящих из этой колонки паров. Нагретая смола стекает в ящик R_{II}, откуда насосом P_{III} прогоняется через обогреваемый отходящими продуктами горения змеевик I в резервуар A, в котором пары воды и легкого масла отделяются от остальной смолы, стекающей в ящик R_I. Пары воды и легкого масла отводятся в конденсатор F; вытекающие из него вода и легкое масло разделяются в сепараторе O, причем вода отводится через сифон *6*, а легкое масло направляется на дополнительную дистилляцию в колонку D или непосредственно отводится в приемник через сифон *8*. Обезвоженная смола из ящика насосом P_I прогоняется через змеевик *II*, в к-ром она нагревается до 300°, в колонку B, куда снизу вдувается водяной пар, перегретый в змеевике *III*. При помощи этого пара от смолы отгоняют все летучие масла; остающийся пек отводится через сифон S и трубу *1* в пековый приемник («парк»), а пары масел и воды отводятся в колонку C, снабженную дефлегматором, охлаждаемым сырой смолой и горячей водой, циркулирующей в системе G,N,x,y. В нижней части этой колонки конденсируется антраценовое масло, к-рое через мерник H отводится по трубе *2*. В верхней части колонки C конденсируется тяжелое масло и отводится через J и *3*. В следующей колонке, охлаждаемой водой, конденсируются среднее масло и часть воды, к-рые отводятся через мерник K и сепаратор L: среднее масло по трубе *4*, а вода по трубе *7*. Пары легкого масла и остатки паров воды конденсируются в колонке E; пройдя через сепаратор M, легкое масло отводится по трубе *5*, а вода—по трубе *7*. Одновременно в змеевиках находится всего 100—150 *л* смолы. При дистилляции смолы уд. веса 1,1—1,2 получаются следующие количества фракций: аммиачная вода 1—5%, легкое масло (перегоняющееся до 180°) 2—2,5%, среднее масло (перегоняющееся при 170—240°) 10—15%, тяжелое масло (перегоняющееся при 200—300°) 12—15%, антраценовое масло (перегоняющееся при 270—350°) 20%, пек ($t°$ размягч. 75°) 40—45%. На установке Бормана м. б. получен пек с темп-рой размягчения до 120°. Расход тепла на дистилляцию 1 *т* смолы равен 250 000—300 000 Cal, т. е. в пересчете на условное топливо 3,5—4%; расход пара 10—20%, расход охлаждающей воды ~ 3 $м^3$.

В установке Рашига дистилляция ведется под вакуумом; обогрев—производится глухим паром и перегретой водой (фиг. 6). Сырая смола из резервуара *1* насосом *2* подается в напорный бак *3*, из которого, пройдя через теплообменник *4* и нагревшись до 90° отходящим пеком, поступает в дистилляционную реторту *5*, в к-рой нагревается глухим паром (8—15 *atm*) до 145—175°; при этом из смолы выделяются вода и легкое масло. Обезвоженная смола стекает в барометрич. регулятор *6* (высота ~ 8 *м*), из к-рого она засасывается в реторту *7* благодаря поддерживаемому в ней вакууму (710 *мм* Hg). Эта реторта также обогревается глухим паром и $t°$ смолы в ней равна 140—170°, но благодаря вакууму здесь отгоняется фракция с $t°_{кип.}$ 170—230°. Остающаяся смола стекает во второй барометрич. регулятор *8*, из к-рого засасывается в реторту *9*, снабженную змеевиком для водяного пара, перегретого до 350°. Смола нагревается до 280°, причем выделяется фракция 230—350° (вакуум в реторте ~ 730 *мм* Hg). Пек охлаждается в теплообменнике *4* до ~ 150° и направляется в ящики *26*. Пары воды и легкого масла из реторты *5* проходят через конденсатор *10*; после сжижения вода и легкое масло разделяются в сепараторе *11*, причем легкое масло собирается в резервуаре



Фиг. 6.

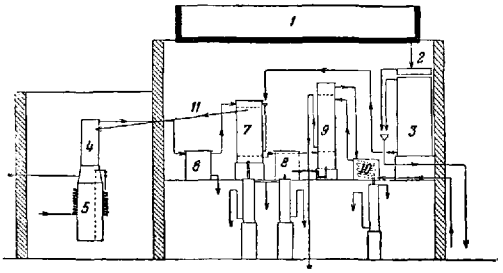
12. Вертикальная сливная труба имеет длину *10 м*. Пары фракции 170—230° проходят через колонку *13*, в к-рой более высококипящая фракция (200—230°) конденсируется и отводится через сифон *14* по трубкам *15* в ящики *16*, а остальные конденсируются в конденсаторе *17* и отводятся через сифон *18* в резервуар *19*. Подобным же образом в колонке *20* происходит разделение фракции 230 — 350° на две подфракции, кипящие в пределах 230—300° и 300—350° (*23*—конденсатор, *21* и *24*—сифоны, *22*—ящики и *25*—резервуар). Вакуум в ретортах *7* и *9* поддерживается вакуум-насосом *28*; обогревающая вода, находящаяся под давлением ~ 200 *atm*, перегревается в печи *27*. При дистилляции смолы на установке Рашига получаются, например, следующие фракции:

Аммиачная вода . .	2,5%
Легкое масло . . .	2.5% (77,5%—до 200°)
Карболовое масло .	7% (10%—до 105°; 85%—до 250°)
Нафталиновое масло	8% (10%—до 210°; 80%—до 250°)
Поглотительное масло	15% (10%—до 218°; 44,5%—до 235°; 90%—до 296°)
Антраценовое масло	15% (10%—до 336°; 70% до 360°)
Пек ($t°$ размягч. 60°)	50%

Расход на 1 *т* смолы: пара 150 *кг*, кокса (для перегрева воды) 15 *кг*.

В установке Абдергальдена отгонка производится при помощи перегретого водяного пара (фиг. 7). Сырая смола из напорного ящика *1*, пройдя через фильтр *2*, попадает в отстойник *3*, в котором происходит отделение воды. Обезвоженная смола направляется в конденсатор *7*, в котором она служит охлаждающей жидкостью для паров дистиллатов и нагревается до ~100°. Отсюда по трубе *11* смола попадает на верхние тарелки колонки *4* и стекает по тарелкам в куб *5*, обогреваемый голым огнем; сюда же вводится перегретый до 250° водяной пар. Выделяющиеся в кубе смоляные пары совместно с водяными проходят через колонку *4* навстречу стекающей смоле и отводятся в

сепаратор *6*, в к-ром конденсируются пары антраценового масла. Далее пары проходят конденсатор *7*, где оставляют тяжелое масло, проходят охлаждаемый холодной водой конденсатор *9* (здесь отделяется среднее масло, поступающее затем в сепаратор *8*) и наконец пары легкого масла конденсируются в холодильнике *10*. В новейших установках Абдергальдена подогрев смолы ведется не за счет теплоты паров дистиллатов, а за



Фиг. 7.

счет теплоты отходящего пека. Введен также дополнительный подогрев смолы в дымоходе куба за счет теплоты дымовых газов. Антраценовое и тяжелое масло конденсируются в двух фракционных колонках. На рассматриваемых установках смола разгоняется на следующие 5 фракций:

Легкое масло . .	80—175° (85%—до 170°)
Фенольное масло	165—225° (5%—до 160°; 90%—до 210°)
Нафталиновое масло	200—225° (3%—до 200°; 95%—до 225°)
Тяжелое масло .	210—300° (5%—до 220°; 90%—до 300°)
Антраценовое масло	270—360° (5%—до 280°; 95%—до 360°)
Пек	$t°$ размягчения 70°

Расход угля на 1 *т* смолы 30—35 *кг*; расход пара, перегретого до 250°, равен весу полученных жидких дистиллатов, т. е. ~ 45% от смолы; расход охлаждающей воды 4—7 $м^3$.

В Англии и Америке распространены смоларазгонные установки системы Хирд. Установка эта состоит из 4 перегонных кубов, в нижней части к-рых расположены обогревающие трубы. Смола подогревается сначала за счет тепла паров дистиллатов, затем пеком и последовательно проходит через дистилляционные кубы, из которых три обогреваются дымовыми газами, протекающими по упомянутым трубам, а в четвертый куб впускается острый пар. Смола течет через кубы со скоростью ~ 1 250 *л/ч*; каждый куб вмещает смолы ~ 1 250 *л*; так. обр. смола находится в каждом кубе ок. 1 часа; 1-й куб работает при 175—205°; 2-й при 232°; 3-й—при 274° и 4-й—при 232° (при впуске острого пара). Жаровые трубы кубов требуют смены через 1—2 года. Расход на 1 *т* смолы: коксовой пыли (при пылесожигательных топках) 6%, пара 5,5%.

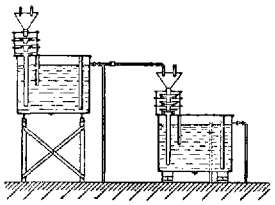
Получение пека. Остающийся при дистилляции смолы пек при выходе из куба обычно имеет $t°$ ~ 400°. Перед сливом в приемники его необходимо охладить до $t°$ ~ 150°, так как при более высокой $t°$ он обладает способностью самовоспламенения. В более старых установках это охлаждение производится в особых резервуарах или ямах—пекотушителях, в к-рые пек спускается из кубов. В новейших установках, как указывалось выше, теплота пека используется для подогрева сырой смолы. После охлаждения тем или иным способом до ~ 150° пек выпускается в приемники. До недавнего времени приемниками в большинстве случаев служили или ямы или же железные плоские открытые резервуары. Выгрузка из этих пекохранилищ производится вручную, причем пек сначала раскалывают ломами, а потом грузят в вагоны. Труд по выгрузке и погрузке пека очень тяжел, т. к. пековая пыль сильно раздражает кожу рабочих, вызывая воспалительные процессы. Поэтому при работе с пеком необходимо тщательно защищать все оголенные части тела. Обычно погрузка пека производится ночью. На новейших смоларазгонных з-дах пек разливается по 100—130 *кг* в разъемные чугунные цилиндрическ. формы, смазываемые предварительно изнутри известковым молоком, или разливается на плоские железные сковороды, расположенные над ж.-д. путями. На сковороды перед разливом пека укладывают железные цепи, которые вытягивают перед выгрузкой пека в вагоны, причем пек дробится. Сковороды могут вращаться вокруг горизонтальной оси, так что выгрузка из них пека производится простым наклонением сковороды.

Переработка масел. Полученные при дистилляции смолы масла подвергаются дальнейшей переработке с целью получения из них различн. ценных продуктов.

В легком масле содержатся бензол и его гомологи, а также нафталин, фенолы, пиридины, инден, кумарон и другие вещества. Его переработка сходна с переработкой сырого бензола; поэтому здесь необходимо остановиться только на выделении кумароновых смол—продуктов полимеризации кумарона, индена и их гомологов, и на выделении пиридиновых оснований. Производство кумароновых смол—новое, а потому опубликованных практич. данных о нем почти не имеется. По Вендринеру (Г. П. 281432), при дистилляции легкого масла или сырого бензола отбирают фракцию, кипящую в пределах 160—180° (иногда до 200°). Эту фракцию промывают: 1) 4,5% 35°-ного раствора едкого натра (для выделения фенолов), 2) 4,5% воды, 3) 22% 50°-ной серной кислоты (причем связываются пиридиновые основания). После этих промывок следует операция полимеризации, для чего прибавляют 0,4% серной кислоты крепостью 66° Bé. Реакция сильно экзотермична, а потому необходимо энергичное перемешивание, причем $t°$ не должна подниматься выше 60°, так как в противном случае смолы получаются темными. После отстанвания кислоту отделяют, а «сольвент», содержащий в растворе кумароновые смолы, промывают последовательно водой (5%), едким натром (0,9%) и снова несколько раз водой. Всего воды употребляют до 30% от обрабатываемой жидкости. Промытый сольвент подвергают дистилляции при помощи глухого пара под сильным вакуумом (40 *мм* рт. ст.): в кубе остаются кумароновые смолы, которые и разливают в тару. Из 1 $м^3$ взятой фракции получается ~175 *кг* кумароновых смол, с $t°$ размягчения 50—60°. Потери при

промывке достигают 20—25%. Для выделения пиридиновых оснований легкое масло или сырой бензол после промывки щелочью промывают 30—35%-ной серной к-той для связывания пиридиновых оснований. Образующиеся сернокислые пиридины отделяют от масла и разлагают при помощи аммиачной воды или известкового молока, или других щелочных реагентов. В первом случае раствор сернокислых пиридинов нейтрализуют крепкой аммиачной водой (16% NH_3) до выделения незначительного количества свободных оснований. При этом все примеси всплывают наверх, и их удаляют. Осветленный раствор помещают в освинцованный и снабженный свинцовыми змеевиками сатуратор, в к-рый пропускают газообразный аммиак при охлаждении. После отстаивания, расслоения жидкости и отделения пиридиновых оснований последние сушатся твердым едким натром. Полученные т. о. пиридины перегоняются, причем отбираются фракции, кипящие до 140° (или до 160°) и до 180° (см. *Пиридин*).

В среднем масле содержится до 40% нафталина и ~ 20% фенолов. В некоторых установках полученное при дистилляции смолы масло направляют сразу в кристаллизаторы для выделения нафталина, но на современных смолоперегонных з-дах среднее масло подвергают предварительно разгонке на карболовое и нафталиновое масла. Карболовое масло представляет собою фракцию, перегоняющуюся в пределах 180—220°, и содержит до 30% фенолов. Для выделения последних масло промывают 8—10%-ным раствором едкого натра. В Англии процесс выделения фенола и крезолов ведут раздельно (прибавляя щелочь последовательными порциями), причем в первую очередь выделяется фенол, как обладающий более сильными кислотными свойствами; для его выделения применяют раствор едкого натра уд. в. 1,115. Для выделения крезолов берут раствор щелочи с уд. весом 1,125. Процесс промывки масла ведут или в обычного типа мешалках или, как на нек-рых з-дах Англии, непрерывным способом, в аппаратах, изображенных на фиг. 8. Полученные водные растворы фенолятов и крезолятов содержат нек-рое количество увлеченных масел, для освобождения от к-рых их продувают паром. Продувка производится в колонках с тарелками: сверху течет раствор фенолята, а снизу вдувается пар, к-рый и уносит с собой все летучие примеси. Для разложения фенолята применяют два способа: 1) разложение при помощи серной к-ты и 2) при помощи углекислоты. В первом случае к фенолятам прибавляется серная кислота крепостью 60° Bé, причем весь едкий натр, употребленный для выделения фенолов, теряется в виде сульфата. Поэтому на большинстве з-дов предпочитают разлагать фенолят углекислотой. Содержание CO_2 в применяемом для этого газе д. б. не меньше 19%, а в отходящих газах—не больше 2,5%. Оптимальная $t°$ газа, содержащего CO_2, 100°. Разложение ведут в колонках тарельчатого типа или же в башнях с насадкой. Варнес [7] приводит такие размеры башни (с насадкой из керамиковых шариков диам. 25 *мм*) для разложения в 24 часа 11 250 *л* раствора фенолята, содержащего 20% фенолов: высота 3 900 *мм*, диам. 1 200 *мм*. В результате разложения получаются: сырая, «черная» карболовая к-та и раствор соды, к-рый каустифицируется известью для регенерации едкого натра. Сырая карболовая кислота применяется либо как таковая, с добавкой нейтральных масел, либо подвергается дальнейшей переработке на чистые продукты (см. *Фенолы*). Нафталиновое масло, содержащее 45—50% нафталина, разливают в кристаллизаторы, представляющие обычно плоские ящики глубиной до 1 *м* и емкостью 10—12 $м^3$, в которых его оставляют на 2—4 суток (количество кристаллизаторов рекомендуется рассчитывать на 8-дневную продукцию). Применяют также кристаллизаторы с искусственным охлаждением—вертикальные цилиндрич. сосуды с мешалками и с двойными стенками. Были также предложены кристаллизаторы непрерывного действия: ряд расположенных друг над другом длинных цилиндрич. труб, снабженных шнеком и заключенных в трубы большего диаметра. Через внутренние трубы проводится масло, а между трубами циркулирует охлаждающая жидкость. Кристаллизаторы с искусственным охлаждением распространения пока не нашли, т. к. в них получаются очень мелкие кристаллы, дальнейшая обработка к-рых затруднительна. Когда кристаллизация закончена, масло спускают через имеющееся в дне кристаллизатора отверстие, а нафталин центрифугируют или прессуют; в последнем случае нафталин обычно выбрасывают из кристаллизаторов на наклонные площадки для стекания масла, затем $^1/_3$ его плавят, смешивают с $^2/_3$ неплавленного нафталина и отжимают эту смесь в гидравлических (часто горячих) прессах под давлением до 300 *atm*. Полученный таким образом нафталин либо поступает в продажу в таком виде либо подвергается дальнейшей очистке (см. *Нафталин*).



Фиг. 8.

Тяжелое масло подвергается перегонке с отбором следующих фракций: нафталиновое масло I—195—230°; нафталиновое масло II—230—270°. Из того и другого масла выделяют нафталин, а сами масла применяют в качестве поглотительных масел при улавливании бензола. Антраценовое масло содержит 5—6% сырого *антрацена* (см.), для выделения к-рого его охлаждают в кристаллизаторах.

Лит.: [1]) Handbuch der Kokerei, hrsg. v. W. Glund, 2 Aufl., B. 2, Halle a/S., 1928; [2]) Лоханский И. И., Основы коксования и улавливания побочных продуктов, Л., 1928; [3]) Taschenbuch f. Gasanstalten, Kokereien, Schwelereien u. Teerdestillationen, hrsg. v. H. Winter, Halle a/S., 1927; [4]) Borchard, «Gas- u. Wasserfach», Mch., 1923; [5]) Weiss and Downs, «I. Eng. Chem.», 1923, p. 1022; [6]) Сладков М. И., «ЖХП», *1927*, стр. 966; [7]) Warnes A. R., Coal Tar Distillation a. Working-up of Tar Products, 3 ed., L., 1923; [8]) Булгаков Г. И., Коксование и полукоксование с улавливанием и переработкой побочных продуктов в Германии, Харьков, 1927; [9]) Фокин Л. Ф., Синтез аммиака из коксового газа, Л.,

1930; [10]) Armstrong J., Carbonization Technology a. Engineering, London, 1929; [11]) Cooper G. S., By-product Coking, 2 ed., L., 1923; [12]) Porter H. C., Coal Carbonization, New York, 1924; [13]) Spilker A., Kokerei und Teerprodukte d. Steinkohle, 4 Auflage, Halle a/S., 1923; [14]) Whitehead S. E., Benzol, its Recovery, Rectification a. Uses, L., 1920; [15]) Lunge G. und Köhler H., Die Industrie des Steinkohlenteers und des Ammoniaks, B. 1—2, 5 Auflage, Braunschweig, 1912. **Ф. Рыбкин.**

КОКСОВАНИЕ, процесс пирогенного разложения (пиролиза) каменного угля, проводимый без доступа воздуха при высоких $t°$ (700° и выше). Такая обработка освобождает уголь от воды и летучих продуктов пиролиза и дает более однородный и более богатый углеродом продукт—*кокс* (см.), обладающий большей механич. прочностью. Под названием газового кокса известен продукт сухой перегонки т. н. газовых каменных углей, богатых летучими составными частями, к-рый находит применение в качестве топлива для газовых генераторов и для отопления жилищ. Для получения металлургического кокса приходится выбирать каменные угли с наибольшей восстановительной способностью. Обычно для этой цели подходят угли, относящиеся к IV группе классификации Грюнера, с содержанием от 18 до 26% летучих веществ и ок. 90% углерода в органич. части угля. Так как в природе редко встречаются угли, способные давать кокс одновременно и прочный и пористый, то обычно для получения кокса надлежащего качества прибегают к составлению смесей из углей различных залежей. Чем выше содержание летучих в исходном угле, тем более пористым и менее прочным получается кокс. Помимо состава органич. части угля, весьма серьезное значение имеет состав золы, к-рая не должна содержать много вредных примесей, напр. фосфора или серы. Для понижения зольности угли, идущие на коксование, подвергаются обогащению или мойке.

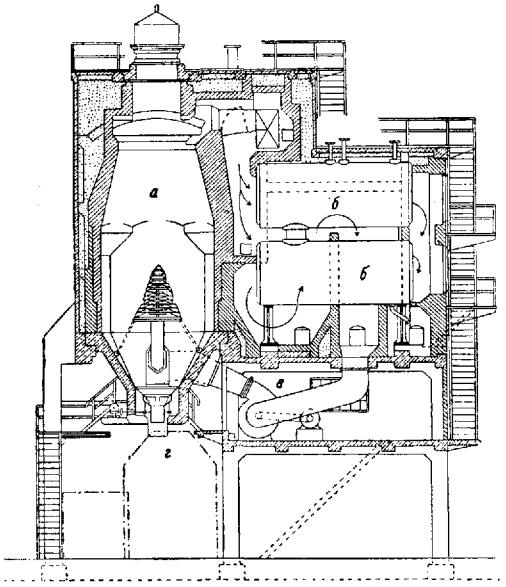
В процессе К. от 20 до 35% вещества угля (по весу) выделяется в виде газа, смолы и воды; выход кокса составляет обычно 65—80%, а иногда и более. Темп-ра К.—порядка 800—1 150°; при более низкой $t°$ процесс носит название полукоксования (см. *Каменный уголь*, сухая перегонка). С тех пор как побочные продукты К.—смола, ароматич. углеводороды, аммиак, водород и этилен—нашли себе применение в качестве сырья для химич. промышленности, значительная часть расходов по К. стала покрываться стоимостью этих продуктов. Поэтому рядом с производством металлургическ. кокса возникли химич. з-ды для переработки побочных продуктов К. (см. *Коксобензольное производство*). Процесс полукоксования, имеющий целью получение возможно большего количества жидких продуктов сухой перегонки угля, предназначенных для замены нефтяных продуктов, дает в качестве твердого остатка продукт неполного К.—так наз. полукокс, применяемый для фабрикации пылевидного топлива или идущий для домашн. потребления в качестве облагороженного малодымного топлива.

В наибольших размерах К. производится в настоящее время с целью получения металлургич. и литейного кокса. Это одна из крупных отраслей тяжелой промышленности в индустриальных странах. В США в 1928 г. было подвергнуто К. 81,2 млн. m угля, в Германии — 29,0 млн. m, в СССР к 1931 году должно коксоваться 10 млн. m. Фабрикация полукокса из бурого угля достигла в Германии 4,2 млн. m.

Процесс К. осуществляется обычно в горизонтальных камерных печах, емкостью от 6 до 20 m. Уголь нагревается в них через стенки камер пламенем коксового или генераторного газа. Несколько камер соединяются в один общий блок, в к-ром нагревательные дымоходы расположены между стенками двух соседних камер. Для полной отгонки летучих продуктов и для образования прочно спекшейся массы кокса $t°$ внутри камер должна доводиться до 850—1 150°. Эта операция требует нагрева печей в течение 12—30 ч., сообразно ширине камеры. В качестве горючего применяется либо коксовый газ, либо смесь коксового газа с доменным и генераторным, либо же один генераторный газ. Вначале коксовые печи строились т. о., что все выделяющиеся в коксовой камере газы и пары углеводородов выпускались в топочные дымоходы между стенками двух соседних камер. Эти системы печей (без улавливания побочных продуктов К.) сменились в конце прошлого века печами более совершенной конструкции, с отводом газа из камер в общий газопровод; это позволило наладить освобождение газа от смолы и аммиачной воды, а впоследствии и от легких ароматич. углеводородов, путем охлаждения и промывки различными поглотителями. Для обогрева печей служит газ, уже лишенный ценных примесей. Так как темп-ра, поддерживаемая в камере К., превышает 850°, то топочные газы уносят много тепла в дымовые трубы. Чтобы уменьшить расход горючего, коксовые печи снабжают регенераторами для подогрева воздуха за счет жара отходящих топочных газов. Регенеративные коксовые печи позволяют уменьшать общий расход газа. Из всего количества газа, выделяющегося при коксовании 1 m угля (в среднем около 300 $м^3$ на 1 m), в регенеративн. печах расходуется ок. 150 $м^3$. Получающийся при К. коксовый газ, в зависимости от его химического состава, имеет теплотворную способность около 3 500—4 000 Cal и может после надлежащей очистки заменять в городах светильный газ. Так, в Германии в последнее время возникли установки для передачи коксового газа по трубопроводам в городские поселения, что повлекло за собой необходимость создания специальной аппаратуры для дальнего газоснабжения.

В современных коксовых печах процесс К. выполняется периодически. Это обстоятельство заставляет соединять несколько печей в одну общую батарею, чтобы получать постоянный приток газа приблизительно одинакового состава; последнее существенно необходимо для равномерного отопления этих печей. Загрузка камер углем производится сверху, через три или четыре отверстия в верхнем своде каждой камеры. К загрузочным отверстиям уголь подвозится из центральной загрузочной башни

электрическ. вагонетками, подающими сразу всю порцию угля, необходимого для одной камеры. Разгрузка камеры выполняется путем выталкивания спекшейся массы через боковые дверцы. Каждая камера снабжена парой дверец, расположенных на коротких противоположных сторонах ее. Коксовый «пирог» выгружается коксовыталкивательной машиной, к-рая подвозится к каждой камере во время разгрузки и при помощи



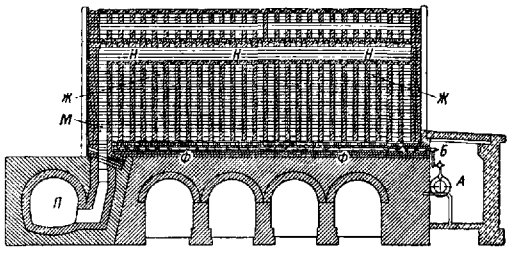
Фиг. 1.

башмака, сидящего на длинном штоке, выталкивает весь пирог через противоположную дверцу на разгрузочную площадку или в металлич. вагон. При выталкивании коксовый пирог, весом от 5 до 15 *т*, рассыпается на большие призматич. куски, к-рые впоследствии отсортировывают от мелочи. Во время выгрузки раскаленный кокс загорается на воздухе, и потому его необходимо немедленно тушить, охлаждая водой или другим способом. В новейших печах раскаленный кокс принимается в вагоны, к-рые отвозят его либо в башню для мокрого тушения струями воды либо в установку для сухого тушения при помощи инертных газов, которые используются затем для обогревания паровых котлов. На фиг. 1 приведена установка системы Зульцера для сухого тушения кокса. Кокс попадает в камеры *а* с циркуляцией топочных газов, пронизывающих груду кускового кокса и отводящих его тепло в дымоходы паровых котлов *б*; для достаточной циркуляции газов между котлами и коксовыми холодильниками установлены мощные вентиляторы *в*; охлажденный кокс выгружается через нижние люки холодильных камер *г* и направляется далее на сортировку для отсеивания мелочи (т. н. к о к с и к а) и пыли. Сухие коксотушители других систем основаны на передаче тепла раскаленного кокса через стенки камер непосредственно в испарители воды.

Установки для К. состоят обычно из нескольких батарей, рассчитанных на годичную переработку от 300 000 до 1 000 000 *т* угля. Такие установки оборудованы смесителями для углей разных качеств, дробилками и одной или несколькими башнями для хранения подготовленной угольной смеси.

По способу их работы коксовые печи м. б. разделены на 2 основных типа: а) пламенные и б) смоляные печи. В п л а м е н н ы х п е ч а х К. происходит при полном сгорании выделяющихся газов, попадающих из камеры непосредственно в горелочные каналы, в к-рых газы сгорают, смешавшись предварительно с воздухом. Этот тип печей теперь применяется лишь в редких случаях, главн. образ. для временной работы. С м о л я н ы е п е ч и (с улавливанием побочных продуктов) работают с отсасыванием из камеры получающихся при К. газов; последние, по выделении из них ценных составных частей (см. *Коксобензольное производство*), отводятся под печи для отопления. По характеру отопления различают следующие группы коксовых печей.

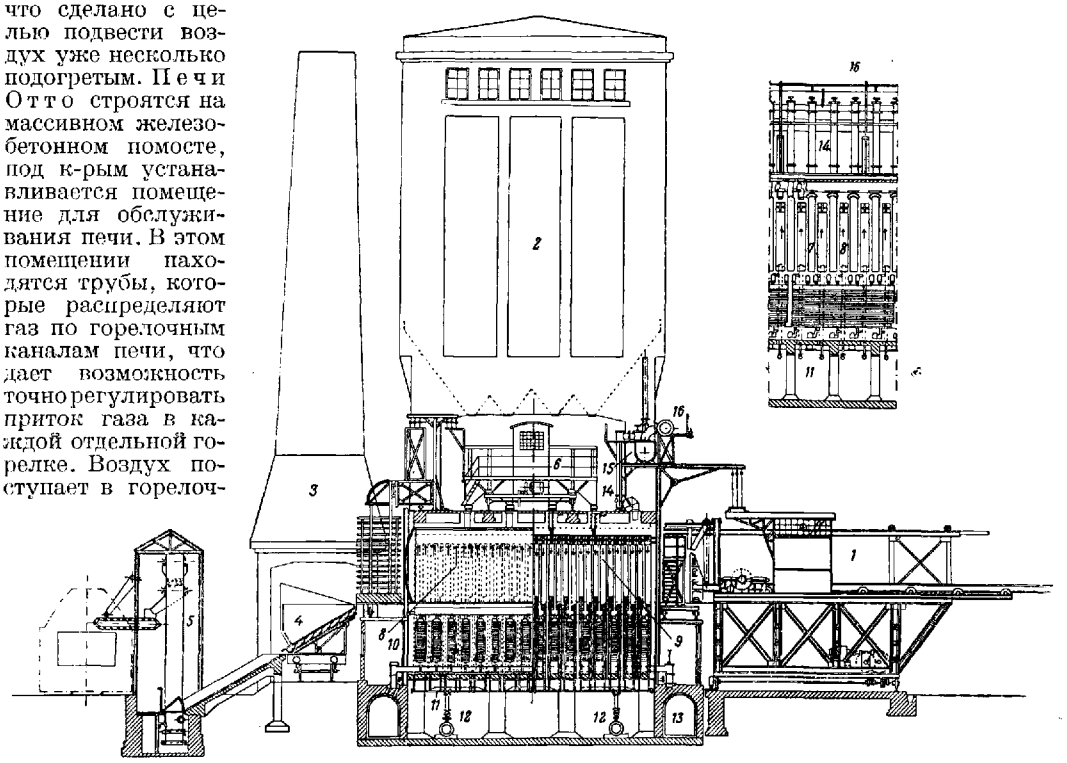
I. П е ч и б е з р е г е н е р а т о р о в. Теплота отходящих газов используется в них обычно для обогрева паровых котлов, причем получается в среднем 1 *т* пара (от 6 до 7 *atm*) на 1 *т* коксуемого угля. Применение печей без регенераторов весьма ограничено и основывается на экономич. соображениях (сокращение единовременных затрат на сооружение печей или отсутствие потребности в газе как в топливе). Из современных конструкций печей без регенераторов наиболее употребительны системы Копперса, Коллена и Отто. П е ч ь К о п п е р с а изображена на фиг. 2. «Обратный» газ, т. е. газ, прошедший через химич. з-д и возвращаемый для обогрева печей, распределяется из коллектора *А* отдельными трубопроводами *Б* по горелочным каналам печи *Ф*. Туда же подводится воздух из канала, находящегося под камерой. Отходящие горячие газы поднимаются по вертикальным горелочным каналам *Ж* в горизонтальный канал *Н*, из к-рого они выводятся по находящемуся в обогревательном пространстве дымоходу *М* со стороны коксовыталкивателя в дымовой коллектор *П*, а последним отводятся под паровые котлы. Темп-ра отходящих газов



Фиг. 2.

~ 1 000°. Конструкция печи позволяет регулировать приток газа и воздуха. Приток газа регулируется краном на отводной трубе от колчектора и переменой мундштуков с бо́льшим или меньшим отверстием для прохода газа; смена мундштуков производится специальной штангой через гляделочные отверстия, находящиеся вверху печей. Впуск воздуха регулируется регистром, находя-

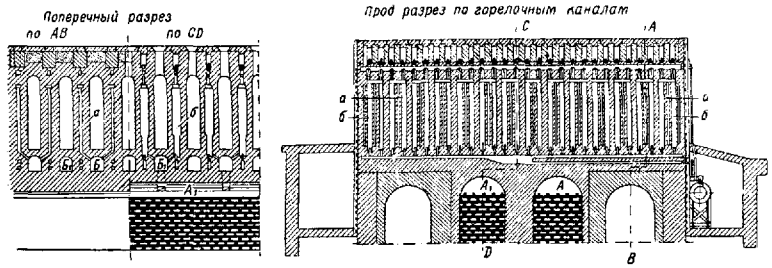
щимся на входном отверстии; каждый горелочный вертикальный канал имеет регистровый камень, которым уменьшается или увеличивается выходное отверстие из горелочных каналов в горизонтальный канал; перемещение регистровых камней производится штангой через гляделочные отверстия. В печах Коллена воздух попадает в горелочные каналы по протокам, берущим начало из фундаментальных сводов печи, что сделано с целью подвести воздух уже несколько подогретым. Печи Отто строятся на массивном железобетонном помосте, под к-рым устанавливается помещение для обслуживания печи. В этом помещении находятся трубы, которые распределяют газ по горелочным каналам печи, что дает возможность точно регулировать приток газа в каждой отдельной горелке. Воздух поступает в горелочные каналы частью по наконечнику газопровода вместе с газом, так что газ, прежде чем попасть в горелочное пространство, уже бывает смешан с воздухом; кроме того в горелочные каналы вводится по специальным каналам «вторичный» воздух, необходимый для полного сгорания газа.



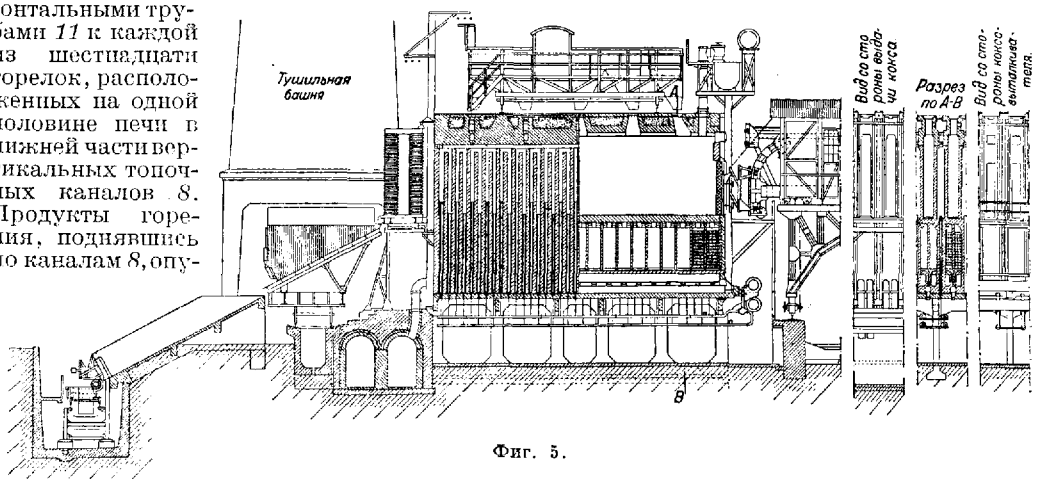
Фиг. 3.

II. Печи с регенераторами. Эти печи отапливаются коксовым газом; тепло отходящих газов используется для обогрева насадки регенераторов, от к-рой нагревается до 950—1 000° воздух, проходящий сквозь регенератор до поступления в горелки. На отопление печей расходуется 45—55% общего количества газа, получаемого при К.: остальное его количество («избыточный газ») м. б. использовано для любых обогревательных потребностей (металлургич. печей, коммунальных нужд и пр.). Регенераторы располагают под камерами коксовых печей по одному из следующих трех способов: 1) вдоль всей батареи коксовых печей проходят два регенератора, общие для всех печей; каждый из регенераторов работает попеременно, то нагреваясь, то остывая; этот способ расположения регенераторов в настоящее время почти не применяется из-за ряда неудобств (невозможность регулирования воздуха, недоступность для ремонта и пр.); 2) отдельные регенераторы для каждой печной камеры; 3) отдельные регенераторы для каждой горелки обогревательного пространства камеры. Два последних типа регенераторов имеют преимущество перед первым как в отношении производительности, так и регулирования. В новейшей конструкции регенеративной коксовой печи сист. Коппереса воздух, потребный для горения, поступает в регенератор по патрубку из общего канала, расположенного вдоль батареи печей, по к-рому проходят поочередно то воздух, то дымовые газы. Поднявшись вверх по регенератору и нагревшись в нем, воздух подводится к отдельным горелкам, числом до 32. В то время как на горелках 1—16 происходит горение, с горелок 17—32 спускаются в регенератор горячие отходящие газы. Каждые 20—30 мин. направление газов в печи меняется при помощи лебедки, от которой по обе стороны печей проходят стальные тросы; к последним прикреплены штанги от кранов и клапанов. Приток газа в горелочные каналы регулируется сменой мундштука с соответствующим отверстием, приток воздуха в обогревательное пространство печи—при помощи дроссельного клапана. Регулирование горения производится через верхние смотровые отверстия при помощи регистровых камней, лежащих над выходными отверстиями, из горелочных каналов в общий горизонтальный канал. Тяга дымовой трубы регулируется тем же дрос-

сельным клапаном, к-рый в соответствующие периоды служит для регулировки притока воздуха. На фиг. 3 дана схема устройства регенеративной коксовой батареи системы Гинзельмана (в поперечном разрезе), где *1*—коксовыталкивательная машина, *4*—вагон для приема раскаленного кокса, который отвозится к тушильной башне *3* и к погрузочному устройству *5*. Над коксовой батареей возвышается башня *2* для хранения подготовленной угольной смеси; из этой башни уголь при помощи электрич. вагона *6* подвозится к каждой из загружаемых камер. Вагон снабжен четырьмя выпускными отверстиями, сообразно числу погрузочных люков в своде коксовой камеры; *7*—поперечный разрез коксовой камеры, а *8*—разрез топочных дымоходов. Под коксовыми камерами расположены регенераторы *10* для подогрева воздуха. Коксовый газ подается к горелкам попеременно то в правую, то в левую часть печи. Для подвода газа служат две трубы *12*, уложенные в коридорах ниже регенераторов. Газ подается длинными горизонтальными трубами *11* к каждой из шестнадцати горелок, расположенных на одной половине печи в нижней части вертикальных топочных каналов *8*. Продукты горения, поднявшись по каналам *8*, опускаются затем по дымовым каналам *9*, расположенным в противоположной половине печи, и проходят далее в регенераторы *10*, а затем в боров *13*, отводящий газы в дымовую трубу. Через каждые 20—30 мин. перестановкой заслонок изменяют направление движения воздуха и газа на противоположное. Газообразные продукты перегонки направляют из коксовой камеры через вертикальный стояк *14* в гидравлику *15* и общий газопровод *16*. Коксовыталкиватель снабжают, кроме башмака для выдавливания коксового пирога, еще краном для подъема тяжелых дверец печи, а также штангой для разравнивания угля после загрузки коксовой камеры. В сист. печей Коллена (фиг. 4) газ периодически (через 20—30 минут) поступает для горения во все горелки то верхней части печи, то нижней. Когда горение происходит снизу, то продукты горения, поднявшись до верха печи, уходят в регенератор *A* по каналу *а*, находящемуся между двумя соседними горелками *б*, и каналу *Б*. При верхнем горении по каналам *Б* и *а* поступает из регенератора *A* горячий воздух, а продукты горения уходят во второй регенератор A_1 через воздушные каналы $Б_1$, находящиеся внизу горелочных каналов *б*. На фиг. 5 изображен разрез коксовой печи системы Отто. Эта система удобна тем, что каждый горелочный канал представляет собой вполне самостоятельную конструкцию и м. б. регулирован как в отношении притока газа и воздуха, так и нагрева воздуха и отхода дымовых газов. Горение в каждом сдвоенном горелочном канале происходит периодически (через 20—30 мин.) то в одну, то в другую сторону. Регулирование притока газа производится из подвальной части печи кранами, находящимися на подводящих трубках каждой горелки; подвод воздуха регулируется дроссельным клапаном; регулирование горения производится при помощи регистрового камня.



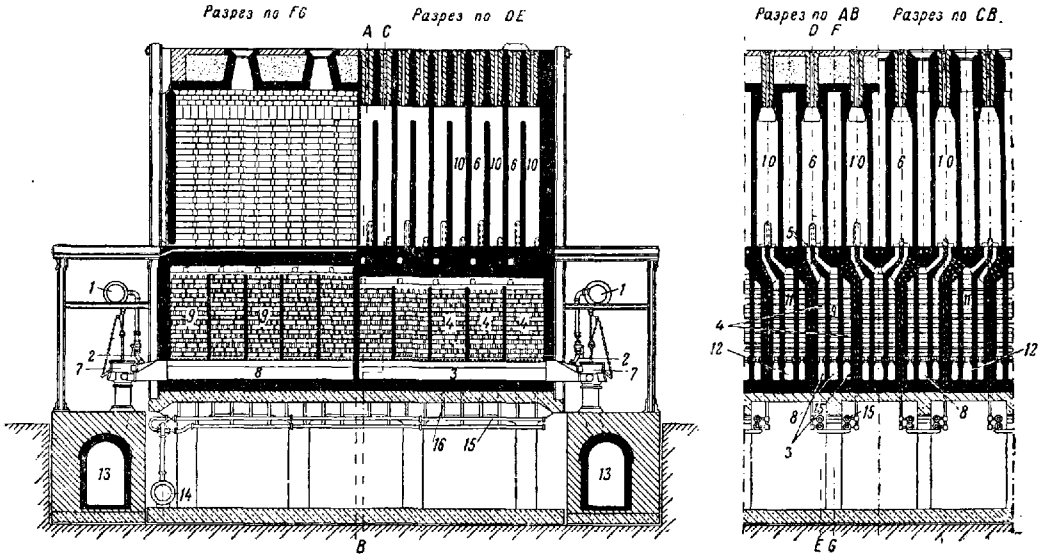
Фиг. 4.



Фиг. 5.

Сдвоенные (т. н. компаунд) печи—с двумя регенераторами, для смешанного отопления коксовым и доменным или генераторным газами или смесью этих газов. Печи имеют регенераторы для одновременного подогрева воздуха и доменного или генераторного газа (бедные газы). Конструкция сдвоенных коксовых печей сист. Копперса отличается от конструкции обыкновенной регенеративной печи Копперса делением регенератора на две равные части, причем каждый обогревательный простенок камеры

обслуживается половинкой одного из двух соседних регенераторов. В одном регенераторе подогревается бедный газ, поступающий в два соседние обогревательные пространства; из второго регенератора поступает в те же обогревательные пространства горячий воздух. Если рассматривать обогрев печей для какого-нибудь момента, то со стороны коксовыталкивателя все регенераторы находятся под нагревом и через них проходят отходящие газы, а со стороны выгрузки кокса—регенераторы через один заняты обогревом воздуха и газа; после изменения направления газов картина получается обратная. Регенераторы делятся пополам с целью возможности регулировать приток воздуха и газа в каждый отдельный обогревательный простенок. Коксовая печь компаунд сист. Отто изображена на фиг. 6. Бедный газ подводится к печам по трубе *1* и распределяется по горелкам отводами *2*. Из канала *3* бедный газ распределяется по регенераторам *4* и, проходя канал *5*, попадает в горелочный канал *6*, в к-ром газ смешивается с воздухом, входящим через клапан *7* в канал *8* и в регенераторы *9*. Продукты горения выходят по каналам *10*, проходят через регенератор *11*, канал *12* и уходят в боров *13*. Богатый газ подводится к печам по трубе *14* и распределяется патрубками *15* и *16*.



Фиг. 6.

Все три означенные группы печей отапливаются газом, впускаемым либо в нижнюю часть горелки (печи с нижним отоплением), либо в верхнюю (с верхним отоплением), либо, при попеременном впуске газа, то в верхнюю, то в нижнюю. В современных конструкциях коксовых печей верхний обогрев применяется редко, т. к. он не соответствует направлению процессов К., к-рые при нормальных условиях должны распространяться не только от боков камеры к ее продольной оси, но и от низа к верху. В отношении расположения камер печи м. б. с вертикальными и с горизонтальными камерами. Последние наиболее распространены в коксовом производстве. Производственные размеры усовершенствованных коксовых печей, соответствующих требованиям простоты обслуживания и регулирования, равномерности обогрева, снижения периода К. и пр., приведены в табл. 1.

Кроме систем, указанных в табл. 1, распространенными являются печи Коппе, Беккера, Kogag, Вильтута, Лекока и проч. В горизонтальном направлении камеры печей суживаются: ширина камеры со стороны коксовыталкивателя делается на 40—60 *мм* меньше, чем со стороны выдачи кокса. Применяемое понятие «ширина камеры» относится к ее поперечной оси. Средние размеры новейших конструкций коксовых печей следующие: длина камеры 10—13,5 *м*,

Табл. 1.—Размеры коксовых печей.

Система печей	% дегтях в угле	Размеры печи в *м*				Период К. в часах	Температура	
		длина	высота	шир. в среднем сечении	сужение, *мм*		в камере	в обогреват. каналах
Отто	23	10,00	4,20	0,345	50	15	1050—1100	1180—1200
»	25	10,80	3,40	0,450	50	21	—	—
»	24	12,67	3,80	0,450	60	18	1050—1100	1150—1200
Копперс	23	11,30	3,70	0,400	60	15	—	—
»	24	10,00	2,80	0,530	60	24	1000	1100
»	23	10,25	3,20	0,400	60	16	1100	1250
Штилль	23	12,60	4,20	0,450	60	18	1100	1200
»	26	13,20	6,00	0,455	50	20	1150	1200
Коллен	26	10,00	2,10	0,480	—	20	—	—
»	28	10,50	2,70	0,530	—	30	—	—
Гинзельман	25	10,50	2,55	0,430	—	24	—	—

ширина 0,3—0,5, высота 2,8—4,2 *м* (максимум 6 *м*). При применении трамбования высота камеры снижается до 2,3 *м*, т. к. при большей высоте нарушается возможность загрузки в печь угольного брикета без его повреждения и без нарушения цельности угольного массива. При трамбовании угля загрузка в камеру увеличивается на 20% по сравнению с обычной засыпной загрузкой (от 850 до 950 *кг* на 1 *м*³ камеры вместо 630 *кг*). Период К. колеблется от 9 до 30 час. в зависимости от $t°$, ширины камеры (см. табл. 2), качества углей, их влажности и пр.

Табл. 2.—Зависимость скорости К. от ширины камеры.

Ширина камеры в *мм*	Скорость К. в *мм/ч*	В %	Время К. в часах
500	10 40	100 0	24
450	10.75	104 0	21
400	11.70	112.5	17
350	14 60	140 5	12
300	16 66	160,0	9

Так напр. при ширине камеры 0,5 *м* снижение содержания влаги в угле на каждые 2% снижает соответственно время К. на 1 час (в более узких камерах—на 20—50 мин.). Суточная производительность каждой печи зависит от периода К. Емкость камеры (загрузка), при различной ее ширине, но при постоянной длине (10 *м*) и высоте (3 *м*), выражается в *т* след. образом:

Размеры камеры (в *м*³)	Загрузка угля (в *т*)
10·3·0,50=15	11,25
10·3·0,45=13,5	10.125
10·3·0,40=12 0	9 00
10·3·0,35=10,5	7 88
10·3·0,30= 9.0	6,75

Для К. 1 000 *т* сухого угля в сутки требуется печей:

Число печей	Ширина камеры в *мм*	Период К. в часах
89	500	24
86	450	21
78	400	17
64	350	12
56	300	9

Расход тепла на 1 *кг* влажного угля колеблется от 500 до 650 Cal в зависимости от содержания влаги в угле и свойств последнего. Баланс тепла при К. (по В. Бертельсману) приведен в табл. 3.

По Бертельсману потеря тепла при К. составляет 2—6%.

Расчетные формулы при предварительном проектировании коксовых печей применяются след.: 1) Закон Бернулли: увеличение скорости течения газов в любой точке соответствует уменьшению давления или увеличению депрессии в той же точке:

$$h + \frac{v^2}{2g} = \text{Const},$$

где h—статич. давление или депрессия в *мм* вод. ст., v—скорость газов в *м/сек* в рассматриваемой точке. 2) Общий закон потери давления в канале любого сечения:

$$h = c\,\frac{lp}{S}\cdot\frac{v^2}{2g}\cdot\frac{w}{1+ai},$$

где c—коэф., величина которого зависит от формы сечения и скорости истечения газов,

Табл. 3.—Баланс тепла при К. угля.

Продукты	Теплотворная способность в Cal/*кг*	Выход продукции в %	Количество тепла в Cal, содержащееся в продуктах К. из 100 *кг* угля
Приход:			
Уголь кам. . . .	7 423,26	100	742 326
Расход:			
Кокс	7 019,4	69,00	484 338,60
Смола из барельета	8 887,0	1,42	12 619.54
Смола из коллектора	8 831,0	0,87	7 682,97
Смола из холодильника . . .	8 538 4	1,26	10 758 38
Сырой бензол . .	8 942 8	1,00	8 942.80
Газ	11 111,0	17,02	189 887,00
Аммиачная вода	—	9,36	—
	—	100	714 229,29
Потери тепла при коксовании . .	—	—	28 096,71
Всего расхода .	—	—	742 326,00

h—потеря давления газа в *мм* вод. столба, l—длина рассматриваемого канала в *м*, S—площадь сечения в *м*², p—периметр его в *м*, v—скорость газов в *м/сек*, g—ускорение силы тяжести, w—плотность газа, t—температура газа. 3) Высота пламени газового потока определяется по ф-ле:

$$H = \frac{v^2\cdot\sin^2\delta}{2g}\cdot\frac{273+t_n}{t_b-t_n},$$

где H—высота пламени в *м*; v—скорость газа в *м/сек*; δ—угол струи газа к горизонту; t_b—темп-ра пламени; t_n—темп-ра среды, окружающей пламя. 4) Прочие ф-лы, применяемые при расчете печей, как то: для определения потери давления от сокращения или расширения сечения каналов, определения скоростного напора газа или воздуха при нагреве последних в регенераторах, для определения силы тяги трубы и пр., имеют вид:

$$K\cdot\frac{v^2}{2g},$$

где коэф-т K имеет различное значение. 5) Количество теплоты, проходящей с одной стороны обогревательной стенки камеры на другую, определяется по ф-ле:

$$Q = S\cdot K\cdot z\,\frac{t-t_1}{e},$$

где Q—количество передаваемой теплоты в Cal, S—величина поверхности (стены камеры) в *м*², z—продолжительность теплопередачи в часах, t и t_1—соответственно темп-ры по обе стороны поверхности стены камеры, передающей тепло, e—толщина стены камеры в *м*, K—коэф. теплопередачи (для шамота—1,4, для силиката—1,85).

Характерные элементарные анализы коксующихся углей (месторождений Донецкого, Кузнецкого и Кизеловского) помещены в табл. 4.

Химические процессы при К. Улавливание и переработка летучих продуктов К. составляет задачу *коксобензольного производства* (см.) и производится обычно на химич. заводах. Входящие в состав угля

Табл. 4.—Анализы коксующихся углей СССР.

C	H	S	N	O	Органич. масса
Летучая часть угля (газ)					
10,66—30,11	3,42—5,36	0,34—2,13	0,12—0,52	0,25—4,82	19,42—42,58
Нелетучая часть					
53,18—77,07	0,60—1,13	0,80—1,92	1,12—1,85	0,19—1,54	57,42—80,58

C, H, O, N, S, вода и зола в результате процесса К. распределяются между летучими и нелетучими продуктами. Бóльшая часть углерода переходит в кокс, а остальное количество—в смолу, сырой бензол и газ. Водород частично переходит в кокс, частично в смолу и сырой бензол, и бóльшая часть его переходит в газ. К концу К. содержание водорода в газе увеличивается, а метана и тяжелых углеводородов уменьшается; часть водорода с азотом образует аммиак. Кислород, соединяясь во время процессов К. с водородом, образует «пирогенетическую» влагу; соединяясь с углеродом, он образует CO_2 и CO, входящие гл. образом в состав газа. Чем выше содержание O в угле, тем ниже выход кокса и тем больше расход тепла на К.; повышенное количество O способствует получению густой смолы и образованию графита в результате действия CO_2 на углеводороды. Азот (до 75%) остается гл. обр. в коксе, остальное количество—в аммиаке (10—16%), циане (1,8—4,1%) и как свободный N_2 в газе. Сера большею частью остается в коксе; часть ее соединяется с водородом, образуя H_2S, и с углеродом, давая CS_2. Часть серы кокса, при гашении последнего водой, также переходит в H_2S. Зола остается только в коксе, причем каждый 1% золы в угле дает 1,3—1,5% золы в коксе. Вода (пирогенетическая и механическая) при процессах К. играет большую роль: при содержании до 8—9% она способствует нормальному течению процессов; большее содержание влаги действует неблагоприятно на последние. В течение первых часов К. происходит испарение влаги из угля. У стен камеры К. угольной загрузки начинается раньше, чем по продольной оси камеры. Образующиеся углеводороды и смолистые вещества, по мере образования коксовой корки, направляются в верхнюю часть камеры, проходят сквозь толщу угольной загрузки и, соприкасаясь с непрогретым углем, частично конденсируются. Угольная загрузка печи нагревается весьма медленно, в направлении от стен камеры к продольной оси последней. В некоторый момент К. находящийся в коксовой камере угольный массив делится на 7 слоев, концентрически расположенных по оси камеры, в следующем порядке (считая снаружи): 1) кокс, 2) полукокс, 3) затвердевающий уголь, 4) плавящийся уголь, 5) размягчающийся уголь, 6) сухой уголь, 7) сырой уголь. Слои 3-й, 4-й и 5-й образуют так называемую эластичную зону, из которой происходит наиболее сильное выделение газа. Состав газа меняется в течение процесса коксования (от начала коксования к его концу), как это видно из табл. 5.

Транспортирование материалов. Для передвижения угля и кокса по коксовой установке стремятся применять ленточные транспортеры с прорезиненной хлопчатобумажной лентой. Ширина ленты 500—1 000 *мм*, предельная длина 300 *м*, предельное расстояние между осями поворотных барабанов транспортера—до 150 *м*, расстояние между роликами для верхней ленты—1,5 *м*, для нижней—2,5 *м*. Максимальный угол наклона для угля 25°, для кокса 16°; скорость движения ленты в горизонтальном направлении—до 2,3 *м/сек*, в наклонном—до 3,3 *м/сек*. Производительность плоской ленты в *т/ч*:

$$F = (0{,}9\,b - 0{,}05)^2 \cdot 200\,vg,$$

где b—ширина ленты в *м*, v—скорость движения ленты в *м/сек*, g—уд. вес угля. Расход

Табл. 5.—Изменение состава газа в течение процесса К.

Продолжительность К.	CO_2	C_nH_m	O_2	CO	CH_4	H_2	N_2
После начала К.:							
через 1 час. . .	1,4	5,6	0 8	5 4	41,1	39 2	6.5
» 6 час. . .	2,2	5,0	0,8	4 9	36,1	44,8	6,2
» 11 » . .	1,4	3,4	0.7	4 3	34.1	47,9	8,2
» 16 » . .	1.0	1,4	0.2	4.4	29.8	62,6	8 4
В конце К.	0,8	0,8	0,0	5,4	4,5	76'8	12,5

энергии зависит от длины ленты, высоты подъема и часовой производительности. Электрич. мотор ставится в том конце, куда происходит подача угля или кокса. Тесное смешение различных сортов угля, идущих на приготовление шихты, и окончательное измельчение ее производятся дезинтеграторами, производительность и размеры к-рых помещены в табл. 6.

Табл. 6.—Производительность и размеры дезинтеграторов для угля.

Диаметр кузова в *мм*	750	1 000	1 200	1 400	1 500
Число об/м.	700	475	400	350	320
Производ. в *т/ч* . .	4—6	6—10	10—15	15—20	17.5—22.5
Расход энергии в IP	12—18	12—18	18—26	26—34	32—38

Загрузка и выгрузка печей. После измельчения на дезинтеграторах шихта ленточным транспортером подается на угольную башню—турму. Емкость турмы обычно принимается равной 2-суточному запасу шихты, но по строительным и экономич. соображениям не делается более чем на 6 000 *т* угля. Угольная башня обычно устанавливается между батареями печей; только в случае применения трамбования она устанавливается сбоку батарей. Под угольн. башней на уровне верха печей устанавливаются автоматич. весы для взвешивания угля, идущего на К. Для загрузки уголь из турмы развозится по печам в вагонетках («загрузочный вагон»), состоящих из 4—5 ворон-

кообразных железных резервуаров, по количеству загрузочных отверстий в камере. Вагонетки должны иметь хорошие рессоры, во избежание толчков, отражающихся на прочности кладки. Скорость передвижения вагонетки 100 *м/мин*. Одна вагонетка обслуживает 5—6 камер в час. В случае применения трамбования угля, загрузка последнего производится особой машиной, в которой уголь трамбуется, загружается в камеру через боковое отверстие и той же машиной готовый кокс выталкивается из камеры. Комбинированная трамбовочная и коксовыталкивательная машина может обслужить в час не свыше 3 печей. При обычной засыпной загрузке камеры выгрузка кокса из последней производится коксовыталкивателями, приводимыми в движение электромоторами, которых на коксовыталкивателе бывает до 6 шт. мощностью в 10—65 HP, преимущественно постоянного тока, дающего возможность более широкого регулирования скорости и быстрого изменения направления движения. Штанга коксовыталкивателя имеет до 15 *м* длины и до 0,8 *м* ширины. Скорость отдельных движений при выполнении различных функций: а) передвижения вдоль батарей—90 *м/мин*, б) скорость выталкивания кокса—2,5 *м/мин*, в) планирования—36 *м/мин*, г) открывания и закрывания дверец—11 *м/мин*. Один коксовыталкиватель в час обслуживает 5—6 печей.

Гашение кокса производится либо водой (мокрое гашение) либо инертными газами (сухое гашение) с использованием тепла кокса для обогрева паровых котлов. Мокрое гашение кокса производится на ровной или наклонной площадке или в специальных гасильных вагонах. Размеры гасильного вагона: длина ~ 12 *м*, ширина 3,7 *м*, полная площадь дна 48 $м^2$, при уклоне последнего, равном 27°. Один вагон может обслужить в сутки 180—210 печей. Напор воды при тушении равен—2 *atm*, расход—1—1,2 $м^3$ на 1 *т* кокса. С рампы кокс транспортером подается на сортировку, на к-рой делится на 3 сорта: крупный металлургич. кокс (величина кусков свыше 30 *мм*), коксик (10—30 *мм*) и мелочь (<10 *мм*). Выход каждого сорта является характерным для данной шихты углей. Газ из камер отводится по трубам в газосборник, а из последнего по трубам отсасывается эксгаустерами на химич. завод для переработки побочных продуктов. Скорость газа в газопроводах 3—3,5 *м/сек* при 0° и 760 *мм* давления.

Лит.: Лоханский И. И., Основы коксования и улавливания побочных продуктов, Л., 1928; Булгаков Г. П., Коксование и полукоксование с улавливанием и переработкой побочных продуктов в Германии, Харьков, 1927; Фокин Л. Ф., Синтез аммиака из коксового газа, Л., 1929; Litinsky L., Kokerei und Gaswerköfen, Halle a/S., 1927; Spilker A., Kokerei und Teerprodukte der Steinkohle, 4 Aufl., Halle a/S., 1924; Winter H., Taschenbuch f. Gasanstalten, Kokereien, Schwelereien u. Teerdestillationen, Halle a/S., 1929; Glund W., Handbuch d. Kokerei, 2 Aufl., B. 2, Halle a/S., 1928; Lecocq E., Les fours à coke, Bruxelles, 1922; Porter H. C., Coal Carbonisation, New York, 1924; Cooper G. S., By-product Coking, 2 ed., L., 1923; Whitehead S. E., Benzol, its Recovery, Rectification a. Use, L., 1920. **Л. Фокин и И. Лоханский.**

КОЛБАСНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, один из методов консервирования мясных продуктов. Мясо (говядина, свинина, телятина), освобожденное от костей, сухожилий, пленок, посоленное, измельченное на специальных машинах и смешанное с приправами, набивается в виде пластичной массы (фарша) в предварительно обработанные кишки (см. *Кишечное производство*) убойных животных, образующие прочную оболочку. Получаемый продукт носит название сырой колбасы, к-рая является в дальнейшем исходным материалом для получения вареной и копченой (летней) колбас. Каждому сорту колбасы соответствует своя формула, или рецепт, излагающий подробно состав и способ приготовления фарша и все детали производственного процесса.

В К. п. идут всякого рода мясные и сальные обрезки и крошки, получающиеся при разделке и разрубке туш, при отделке окороков, пашинка, голяшка и рулька туш крупного рогатого скота и т. п.; идут также головы, желудки, печень, сердце и т. п. продукты отходов, которые в естественном виде почти не находят сбыта и подвержены быстрой порче; будучи же переработаны на колбасы, получают привлекательный и аппетитный вид. В этом отношении значение К. п. для мясной индустрии огромно, так как, освобождая основное производство от большого балласта малоценных отходов, оно одновременно дает огромную прибыль всему предприятию, понижая себестоимость основных продуктов. К К. п. также необходимо отнести и производство всякого рода копченостей — ветчины, окороков и лопаток, свиных и телячьих грудинок, кореек и т. п. Все это производство связано с К. п., давая последнему немало отходов, получающихся при отделке сырых копченостей.

К. п. разделяется на производство собственно колбасных изделий (из фарша) и на производство ветчины и копченостей.

Сырье. Сырьем в К. п. служит мясо. Вообще говоря, в К. п. может быть использовано всякого рода мясо. Однако вследствие особых требований, предъявляемых к фаршу, для К. п. наиболее подходит тощее (не жирное) мясо бугаев (порозов) и коров, свинина (сальная и мясная) и телятина. Кроме мяса в тушах, в К. п. утилизируют отходы боенского производства.

От крупного рогатого скота: голяшка, рулька, пашинка (см. *Мясо*), щековина, мясо с головы, зачистка с зарезов, диафрагма, мясо с пищевода (отход кишечных з-дов), языки, обрезки при отделке языков, мясо сердечной сумки, сладкое мясо, гортань, губы, печень, желудок и всякого рода мясные обрезки и крошки, получаемые при разделке, туалете и разрубке туш. От свиней: шпиговое (пластовое) сало, обрезки шпигового сала, голова, мясные и сальные обрезки от разделки окороков, лопаток и грудинок, уши, сердце, печень и т. п. От телят: голова, печень, сердце, губы и т. п.

Все эти продукты д. б. безусловно доброкачественными, незагрязненными и в свежем состоянии. Кроме парного в К. п. идет в дело и мороженое мясо, к-рое предварительно д. б. оттаяно. В состав нек-рых сортов колбас входит свиная и телячья кровь (кровяные колбасы) и свиная шкурка (кожа).

После мяса главной составной частью фарша является шпиг—свиное пластовое сало, снимаемое с жирных свиных туш. Шпиг употребляется для фарша или в форме кубиков и крошек или в виде растертой в мезгу массы. В первом случае крупинки шпига

дают в разрезе готовой колбасы т. н. рисунок колбасы, или ее «лицо». Во втором виде шпиг служит для обертывания колбасы до помещения ее в оболочку. Шпиг для К. п. берется преимущественно от свиней хлебной-выкормки, дающих, как известно, сало плотной консистенции. Шпиг мягкий и маслянистый, равно как и слишком твердый, для К. п. не пригоден. Фарш, идущий на набивку колбас, должен обладать пластичностью (вязкостью) и способностью удерживать воду, для чего в фарш добавляют яйца, пшеничную, картофельную и рисовую муку, молоко в порошке, воду и т. п. Фарш, приготовленный из парного мяса бугая, отличается большой липкостью и обладает хорошей пластичностью без добавления какого-либо из указанных ингредиентов. Способность фарша поглощать воду—чрезвычайно важный фактор в К. п., так как при отсутствии этой способности фарш потерял бы свою пластичность и при набивке колбас не давал бы в оболочке однообразной массы. Для того чтобы фарш хорошо поглощал воду, мясо берут тощее и предварительно солят. Соль, как известно, отнимает от свежего мяса содержащуюся в нем влагу. При приготовлении фарша из такого засоленного мяса оно жадно поглощает воду и фарш приобретает требуемую пластичность. Воды добавляется от 20 до 30% от веса фарша. Для придания колбасным изделиям желаемого вкуса в фарш добавляют разного рода приправы, пряности, коренья и вина, носящие общее название с п е ц и й. К числу их относятся: белый и черный перец, англ. перец, кайенский перец, лавровый лист, кардамон, семя сельдерея, кассия, гвоздика, имбирь, кориандр (кишнец), чеснок, майоран, мускатный цвет, мускатный орех, лук, шалфей, чабер, тимиан, базилик, тмин, анис, фисташки, корица, лук-шарлот, грибы (трюфель), лимонная цедра, уксус, коньяк, ром, мадера. Для з а с о л к и м я с а, идущего на фарш и на копчености, употребляются: белая (столовая) и серая (морская) соль крупного, среднего и мелкого помола, сахар, селитра, азотнокислая (нитрат) и азотистокислая (нитрит) соли; последние два ингредиента употребляются взамен селитры в США. Действие поваренной соли состоит в освобождении мяса от части заключающейся в нем влаги; селитра, нитрат и нитрит придают мясу розовую окраску, а сахар смягчает вкус засоленного мяса. К и ш к и для К. п. идут от крупного и мелкого скота, в обработанном виде; употребляются преимущественно соленые кишки, но находит применение и сухой кишечный товар. До употребления в дело кишки режут на куски соответствующей длины, размачивают в теплой воде и проверяют в отношении целости оболочки. Для п о д к р а ш и в а н и я колбасных изделий применяют: шафран, куркуму, жженый сахар, лук, кошениль, кармин, фиалковый экстракт.

Технологический процесс К. п. в части приготовления колбасных изделий из рубленого фарша начинается с выбора мяса соответственно рецепту. Затем мясо о б в а л и в а е т с я, т. е. мышечная ткань тщательно снимается с костей; но и в таком виде мясо еще не пригодно для непосредственного приготовления фарша: сухожилия, пленки, связки, соединительная ткань, находящиеся в нем при переработке, в процессе варки колбас образуют клей, с т у д е н ь, что в значительной степени понижает вкусовые и питательные качества готового продукта. Поэтому мясо, снятое с костей, подвергают ж и л о в к е, имеющей целью удалить из мышечной ткани все клеесодержащие части мяса. Чем выше сорт колбасы, тем тщательнее д. б. выжиловано мясо. После жиловки мясо рубят на небольшие куски и подвергают з а с о л к е.

З а с о л к а м я с а—один из главных моментов К. п. Существуют два основных способа засолки: а) с у х о й способ—куски мяса натирают и обсыпают солью и укладывают в корзины или деревянные ящики с отверстиями в дне для выпуска образующегося рассола; б) м о к р ы й способ—мясо засаливают в бочках или чанах в крепком (25—28° Bé) рассоле. Кроме того к мокрому способу м. б. отнесен способ засола мяса при помощи шприцевания (см. *Бэконное производство*). Цель засолки мяса, идущего на колбасные изделия,—сделать фарш способным воспринимать добавляемую к нему для пластичности воду. Кроме того посолка консервирует мясо для хранения. Т. к. сухим способом засолки достигается больший эффект осушения мяса, в К. п. преимущественно применяется этот способ. Мокрый способ засола и способ шприцевания применяют для посолки нерубленого мяса. Мясо, идущее на фарш, засаливается в столь небольших по весу и размеру кусках, что посолочные ингредиенты быстро и энергично пропитывают всю толщу мускульной ткани.

В связи с этим на американ. колбасных предприятиях существует следующий метод засолки: куски мяса до засолки пропускают через в о л ч о к (мясорубку) с решеткой (отверстия в 25 *мм*) или через к у т т е р. Затем мясо направляют в м е ш а л к у, где массу тщательно смешивают с посолочными ингредиентами в течение нескольких минут. Засоленное таким способом мясо укладывают в плотные бочки или ящики с отверстием для выпуска рассола и ставят на 3—5 дней в помещение с $t°$ 3—4°. Период засолки может быть еще более сокращен применением т. н. способа эмульгирования, к-рый начинают широко применять в США. Способ этот заключается в том, что мясо, подобно предыдущему, мелко крошится на волчке или куттере и смешивается с посолочными ингредиентами в месилке в однообразную кашицеобразную массу (эмульсию). При размешивании прибавляется вода, которая, растворяя ингредиенты, способствует быстрому и энергичному просаливанию фарша. Такой фарш достаточно поставить на 1—2 дня в охлаждаемую камеру, чтобы он был готов к употреблению. В америк. практике берут на каждые 100 *кг* мяса 3 *кг* мелкозернистой соли, 0,1—0,15 *кг* сахарного песка и для фиксации цвета добавляют 0.075 *кг* азотнокислой (или 0.015 *кг* азотистокислой) соли.

И з м е л ь ч е н и е м я с а. В СССР на колбасных предприятиях измельчение мяса обычно производится по окончании посолки, когда выяснено, что мясо достаточно осушено, а селитра фиксировала его цвет. Одновременно с заготовкой фарша производится и подготовка шпига. Шпиг крошится или на машинах-шпигорезках или вручную, причем крошкам сала придают форму кубиков, размеры которых зависят от сорта колбас. Шпиг, идущий на К. п., должен быть средней плотности: слишком твердый шпиг придает фаршу жесткость, маслянистый шпиг при копчении и варке плавится. В нек-рых

случаях (например при изготовлении сосисок) шпиг примешивают к фаршу и рубят вместе с ним, превращая шпиг в мелкие крупинки. Для некоторых сортов колбас шпиг превращают в мезгу, к-рая идет на обертывание фарша (напр. в гамбургских вареных колбасах) до укладки его в кишку. Величина, форма и расположение глазков шпига в разрезе колбасы определяют ее сорт и качество. Прибавление к фаршу шпига и специй производится во время размешивания, или проделывания, фарша в месилке. При этом к фаршу по вкусу добавляют соль и селитру (если последняя не была добавлена при предварительном засоле) и приливают воду для придания фаршу необходимой пластичности. Размешивание фарша д. б. тщательным. Вода примешивается только к фаршу, идущему на приготовление вареных колбас, фарш копченых колбас проделывается без воды. Затем фарш выдерживают на холоду в течение $^1/_2$—$1^1/_2$ суток при 3—4°, после чего он идет на набивку колбас.

Набивка колбас в кишки производится при помощи шприца. Шприц представляет собою цилиндр (вертикальный или горизонтальный) с верхней съемной крышкой, внутри к-рого перемещается поршень; цилиндр наполняют фаршем. Рабочий ход поршня снизу вверх производится вручную, от привода или сжатым воздухом. На одном конце цилиндра, около верхней крышки имеется отверстие с отводом, к которому приделан наконечник для пропуска фарша. При производстве сырых и копченых колбас фарш набивают туго, а для колбас, идущих в варку, слабо, так как при варке фарш несколько разбухает и вследствие этого может быть повреждена оболочка колбасы. Лучше всего действуют шприцы, работающие сжатым воздухом.

Набитую кишку перевязывают у свободного конца и вешают для обвяливания, или осадки. Обвяливание имеет целью колбасу несколько подсушить, а фарш уплотнить и пропитать приправами. При уплотнении фарша на верхнем конце колбасы образуется пустота, поэтому кишку перевязывают вторично. Осадка производится для вареных колбас в течение нескольких часов, а для копченых—от 6 до 7 дней. Для вареных колбас обвяливание производят в сухом, хорошо вентилируемом помещении. Для осадки копченых колбас д. б. оборудовано охлаждаемое помещение с $t°$ 4÷6° и с хорошей циркуляцией воздуха.

Колбасы, идущие на варку, подвергаются предварительно обжарке, т. е. действию горячего дыма, в течение 0,75—3,0 часов. Обжарка, или румянка, колбас имеет целью несколько подсушить и как бы закалить поверхностный слой фарша в колбасе, для того чтобы при последующей варке не было слишком большого разбухания его; $t°$ обжарки варьирует в пределах 50÷70°.

Варка колбас производится в котлах с двойными стенками и продолжается, в зависимости от сорта колбас, $1^1/_2$÷$2^1/_2$ часа. Чем толще колбаса, тем дольше производится варка. *Копчение* (см.) колбас производится в особо устроенных коптильнях. Америк. практика установила для каждого сорта колбас свой определенный режим при варке и копчении, как это видно из следующей таблицы:

Сорт колбас	Продолжит. варки, час.	$t°$ варки	Продолжит. копчения в ч.	$t°$ копчения	Усушка в %
Тонкая болонская	0,5	71	3,0	63—65,5	7,5—11
Толстая »	2,0	71	3,0	63—65,5	7—10
Круглая »	0,5	68	2 0	57—60	8 5—11
Кровяная »	2,0	93,5	12,0	21—22	31—33
Языковая »	2,0	93,5	12,0	21—22	38—40
Ливерная »	0,5	71	1—1,5	48—50	12—14
Франкф. колбаски	0,11	71	2 5—3	53—55	11—13,5
Венские »	0,11	71	3,0	60—63	19—22
Варен. окорока (ветчина)	2,5	87	5,0	53—60	15—17
Сыр из головы	0,75	87	—	—	39—42

Сушка колбас. Колбасы, предназначенные для потребления в теплое время года, кроме копчения без варки их, подвергаются выдержке (сушке) в особых помещениях с $t°$ 9—13° и влажностью 65—80%, в зависимости от сорта продукта. Оборудование таких помещений должно состоять из комбинации холодильной и отопительной установок с увлажнителями воздуха и пропеллерами для энергичного перемешивания его. Помещения для сушки колбас разделяются на отдельные камеры так, чтобы свежие колбасы поступали в свободную от продуктов камеру. Продукт считается готовым, если в среднем он покажет усушку в 40% от веса в сыром виде. Затем колбасы обмывают, чтобы смыть с поверхности их слизь, и снова подсушивают для удаления остатков влаги. После этого колбасы поступают на склад, где хранятся при $t°$ 0—1° и влажности не выше 70—75%. В таких условиях колбасы могут сохраняться в течение 6—8 месяцев.

Колбасные изделия подразделяются в зависимости от способа их приготовления на следующие классы. 1) Сырые колбасы, идущие в продажу в сыром виде.—сюда относится известная домашняя «малороссийская» колбаса из свиного фарша. 2) Сырые копченые колбасы, т. е. колбасы, идущие в копчение в сыром виде. Эта категория колбас, в зависимости от содержания в фарше свинины, подразделяется на сорта: а) колбаса с большим содержанием свинины—сюда относятся: салями, брауншвейгская, малороссийская и тамбовская; б) колбасы с большим содержанием говядины—любские и польские, охотничьи колбаски; в) колбасы из одной говядины—московская копченая, углицкая. 3) Вареные колбасы — весьма обширный класс, включающий множество разнообразных сортов колбасных изделий, в состав фарша которых входят говядина, свинина и телятина в различных пропорциях. Сюда относятся колбасы: московские вареные, чайные, лионская вареная, болонская, варшавские сардельки, итальянские колбаски. 4) Кровяные колбасы—относятся к вареным колбасам; в состав фарша входит дефибринированная свиная кровь, свинина, говяжьи, свиные или телячьи языки. Кровяные колбасы подвергаются варке, как и вареные колбасы. 5) Ливерные колбасы—в состав всех сортов этих колбас входят свинан, телячья, иногда и бычья печень, свиное сало, свиная шкурка, свинина и телятина. К этой категории колбас относятся также «сыры из дичи» и паштеты. Ливерные колбасы варят в течение 1—$1^1/_2$ ч., а некоторые сорта коптят. Паштеты и сыры запекают в духовых шкафах. 6) Сосиски—наиболее распространенный вид колбасных изделий. Сосиски употребляются в пищу горячими—жареными или вареными. Фарш рубится очень мелко; в состав его входит преимущественно свинина, реже—телятина и говядина, свиное сало и приправы. Для вязкости к фаршу вместо воды иногда добавляют

молоко. Сосиски делятся на обыкновенные, венские, дрезденские, франкфуртские и т. п. 7) Зельцы—категория колбасных изделий, для к-рых фарш приготовляется не в мелкоизрубленном виде, а в форме кубиков, крупных кусков, пластинок и т. п. Вся эта масса хорошо проваривается, причем выделяются клеесодержащие вещества, которые, остывая, связывают студнем (желе) отдельные составные части фарша в плотную массу. Сюда относятся: французский и обыкновенный зельцы, прессконф и т. п.

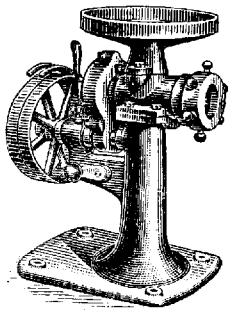
Копченые изделия, или копчености. Под этим названием известны части свиной туши, отделанные в виде окороков, кореек, грудинок, засоленные и подвергшиеся копчению.

Разрубка свиной туши производится в зависимости от условий и требований местного рынка. В международной торговле существует стандартная разрубка свиной туши, известная под названием ультширской половинки (Wiltshire cut side), а в СССР под названием бэконной половинки (см. *Бэконное производство*). Обычно в СССР на бэконных комбинатах, вырабатывающих бэкон для Англии, применяется способ посолки шприцеванием с последующей выдержкой мяса в рассоле. Посолка производится в помещениях с темп-рой 4—5° в течение 5—7 дней. Такой способ засолки дает наиболее благоприятные результаты в отношении качества, приятного вкуса, равномерности засола продукта и повсеместно распространен в Дании, Германии и США. Другой способ, менее распространенный, заключается в том, что половинки после шприцевания рассолом натирают солью и укладывают на деревянную решетку на полу в несколько рядов один над другим. В этом случае засол длится минимум 14—21 сутки. Продукт получается несколько суше и качеством ниже, чем в первом случае. Этот способ распространен в США, Англии и Ирландии.

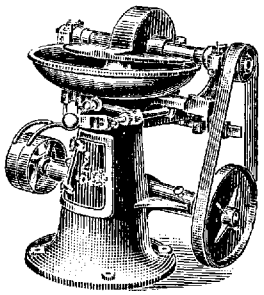
Полутушка, или половинка, в таком виде является полуфабрикатом. При поступлении на колбасные з-ды ее разрубают на более мелкие части и направляют в дальнейшую переработку в виде окороков, лопаток, кореек и грудинок. Иногда половинку разрубают на части до засолки и засаливают отдельно окорока, лопатки и т. п. Окорока сухой засолки очищают от соли, приставшей к поверхности, а мокрой засолки—подсушивают (дают стечь с них рассолу), затем направляют их в копчение. Копчение окороков и других копченостей производится в холодном дыму, при 40—60° в течение 3—7 дней. Усушка копчености при копчении составляет обычно 10—15%. По окончании копчения копчености обмывают, просушивают в хорошо вентилируемом помещении и направляют на склад, где они могут сохраниться при $t°$ 10—15° в течение 5—6 месяцев.

Особую часть производства составляет приготовление вареных окороков (ветчины). Предназначенные для варки окорока не коптятся. После посолки окорок помещают для вымачивания в чан с водой $t°$ 35—36°; продолжительность вымачивания зависит от срока посолки; чем дольше окорок был в посолке, тем продолжительнее время вымачивания. После вымачивания с окорока снимается шкурка, подчищается жир с поверхности, и окорок освобождается от костей. Следующая операция заключается в помещении окорока в металлич. форму, в к-рой он спрессовывается крышкой; в таком виде окорок поступает в варильный котел. Варка производится при 65—70°, причем внутри окорока д. б. достигнута $t°$ 58.5°. Продолжительность варки 50—60 м. на каждый кг веса окорока, смотря по $t°$ воды. Когда окорок достаточно остынет, его вынимают из формы, обтирают, чтобы удалить жир и крошки, и помещают для хранения в охлаждаемую камеру.

Машины и аппараты. В К. п. находят применение следующие машины и аппараты. 1) Волчок (фиг. 1)—аппарат типа кухонной мясорубки, приводной или ручной. Волчок не столько режет мясо, сколько раздавливает и разрывает его; внутренний винт, при помощи к-рого мясо подается к ножам, прессует мясо, выжимая из него сок; поэтому волчки б. ч. пригодны для приготовления фарша вареных колбас и сосисок. 2) Куттер (фиг. 2)—аппарат, в к-ром измельчение мяса производится следующим способом: мясо укладывают в чашку, вращающуюся на вертикальной оси; резку мяса производят ножи серпообразной формы, вращающиеся на горизонтальной оси над чашкой. Для предупреждения нагревания при измельчении фарша в чашку добавляют ледяную воду или мелкокрошеный лед.

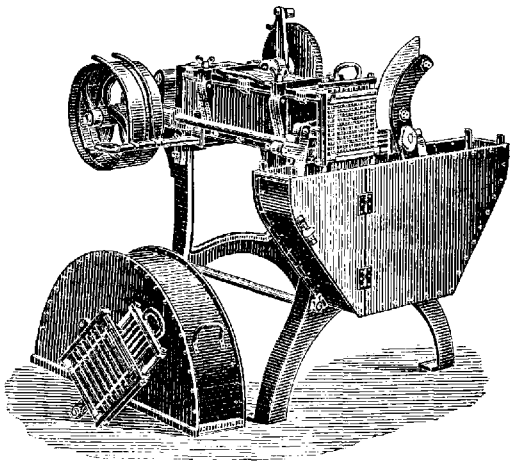


Фиг. 1.

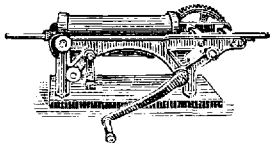


Фиг. 2.

Куттер незаменим при производстве сырых копченых колбасных изделий. Существуют также комбинации волчка и куттера; в них мясо сначала грубо измельчается на волчке, а затем поступает на куттер. Применявшаяся раньше мясорубка-качалка в настоящее время выходит из употребления и заменяется куттером и другими аппаратами, менее громоздкими. 3) Шпигорезка (фиг. 3) служит для приготовления шпига из сала. Особое устройство ножей, перемещающихся в двух взаимно перпендикулярных направлениях, позволяет измельчение шпига производить в форме кубиков желаемой величины. 4) Мешилка, или мешалка, необходима при проделывании фарша. Устройство ее—обычное для подобного рода аппаратов. 5) Мельница—для измельчения специй (перца, кореньев и т. п.). 6) Шприцы—для наполнения кишек фаршем, выполняются как горизонтальные (фиг. 4), так и вертикальные (фиг. 5). 7) Варочные котлы делают прямоугольные и круглые. Обычная конструкция котлов—с



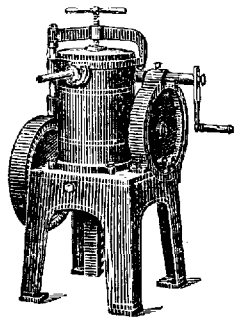
Фиг. 3.



Фиг. 4.

паровой рубашкой; в небольших производствах применяют котлы, вмазанные в обыкновенный кухонный очаг.

К прочему оборудованию относится мелкий инвентарь и инструмент: ножи, вилки, секачи, пилы (для расщиливания костей), вешала, рамы и тележки для перемещения колбасных изделий по подвесным путям или же по полу.



Фиг. 5.

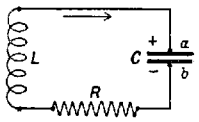
Планировка колбасных заводов обусловливается производственным процессом и нормами производительности труда. К. п.—трудоемкий процесс, требующий довольно значительной затраты рабочей силы. В среднем, считая все производство в целом, на 1 рабочего, как показала практика колбасных заводов СССР, приходится выработка 100—150 *кг* вареной или 50—60 *кг* копченой колбасы ежедневно. Отдельные этапы производства (обвалка, жиловка, разрубка, отделка окороков и т. п.) рассчитываются по особым нормам. Коллективные договоры рабочих проф. союза пищевкусовой промышленности дают обширный материал для суждения о существующих официальных нормах производительности труда. Фактическая же выработка на 25—35% выше устанавливаемой проф. союзом. Ход расчета рабочей силы обычно таков. По намеченному заданию производительности колбасного завода (с 7-час. рабочим днем) рассчитывается количество сырья. Этот расчет ведется на основании рецептов приготовления тех сортов колбасных изделий, какие проектируемый з-д предполагает производить. Исходя из количества сырья, определяют потребное количество рабочих—обвальщиков, жиловщиков, посольщиков, шприцевальщиков и т. д. Отсюда, согласно нормам кубатуры помещений на 1 рабочего, определяются потребная площадь помещения для обвалки, а также размеры посолочных помещений и чанов, площадь осадочной для копченых колбас, размеры варильных чанов, размеры и род требующихся машин и т. д.

Лит.: Игнатьев М. И. и Симонов Л. Н., Колбасное производство, Петербург, 1901; Readings in Packing House Practice, Chicago, 1924; Packers' Enzyclopaedia, Chicago, 1923; Matthaes H., Der selbständige Wurstmacher, Stg., 1928; Koch H., Die Fabrikation feiner Fleisch- u. Wurstwaren, Stg., 1923.

Д. Христодуло.

КОЛЕБАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ, периодически повторяющийся процесс электромагнитных возмущений, очень часто происходящий от естественных причин. Вызываемое искусственно К. э. имеет широкое приложение на практике, в особенности при передаче энергии, в технике связи, в электромедицине, а также в лабораторной технике. К. э. входят как важнейший мотив в современную теорию физич. процессов. Всякая электропроводящая цепь может нести на себе К. э., но не всякая, говоря теоретически, реагирует на них, видоизменяет их, может их возбудить. Для этого электрич. контур должен обладать особыми свойствами; иногда однако достаточно столь слабое их выражение, что практически трудно осуществить контур, совершенно пассивный при К. э., т. е. идеально апериодический. Нередко К. э. налагаются на постоянный ток, к-рый получает в таком случае переменную составляющую; всякое изменение постоянного тока—например моменты его замыкания и размыкания — м. б. математически рассматриваемо как наложение целого ряда К. э.

Колебательный контур. В основу всего этого разнообразия явлений, могущих быть подведенными под понятие К. э., полагается идеальный случай свободных колебаний в контуре, обладающем свойствами, делающими его способным к К. э., и предоставленном самому себе (изолированная система). Этими свойствами (случай томсоновских колебаний) обычно принимаются емкость C и самоиндукция L. Поэтому колебательный контур в его основном виде можно представить в виде схемы (фиг. 1); на схеме обозначено еще и сопротивление R проводов, соединяющих C и L (но существование его не является необходимым для К. э.), а также a и b—обкладки конденсатора. Т. о. получается колебательный контур—контур относительно малого сопротивления, содержащий самоиндукцию и емкость и обладающий тем свойством, что приложенный к нему толчок напряжения вызывает в нем колебательный ток. Первоначальный толчок, исходный запас энергии, м. б. дан такому контуру в виде заряда на обкладках конденсатора или тока по его проводу с соответствующим запасом электромагнитной энергии. Последующие затем К. э. произойдут уже сами собою.



Фиг. 1.

Из предыдущего следует, что колебательный контур должен состоять из элементов, обеспечивающих превращение энергии электрич. поля в энергию магнитного поля, и наоборот, т. о., что поступившая в такой контур энергия расходуется не сразу, а претерпевает ряд превращений из одного вида в другой; этими элементами и являются конденсатор C, в диэлектрике к-рого при прохождении тока смещения меняется запас электрич. энергии, и катушка самоиндукции L, в магнитном поле которой также меняется запас энергии при прохождении переменного тока; кроме того в контуре имеется активное сопротивление, учитывающее не только потери на тепловой эффект Джоуля, но и проч. виды потерь энергии, как то: диэлектрическ. гистерезис, токи Фуко, излучение и т. д. Если в контуре (фиг. 1) в данный момент протекает ток i, то эдс самоиндукции равна

$$e_L = -L\frac{di}{dt}, \qquad (1)$$

а напряжение на конденсаторе равно

$$e_C = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i\,dt. \qquad (2)$$

Знак перед правой частью зависит от того, какую обкладку конденсатора мы счита-

ем положительной (выбор положительного направления напряжения на конденсаторе); момент t_0 выбирается тот, когда напряжение на конденсаторе равно нулю. Тогда

$$e_L = e_C + iR, \qquad (3)$$

или

$$L\frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i\,dt = 0.$$

Т. о. получаем диференциальное уравнение колебательного контура:

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L}\cdot\frac{di}{dt} + \frac{1}{LC}i = 0. \qquad (4)$$

Решение этого ур-ия имеет вид:

$$i = I_0 \cdot e^{-\alpha t}\cdot \sin(\omega t + \varphi), \qquad (5)$$

при

$$\left(\frac{R}{2L}\right)^2 < \frac{1}{LC} \text{ или } R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}. \qquad (6)$$

В контуре получаются колебания, если заранее был дан некоторый запас энергии ($I_0 \neq 0$), при этом колебания получаются затухающие (см. *Затухание*). Множитель затухания

$$\alpha = \frac{R}{2L}, \qquad (7)$$

угловая частота

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \qquad (8)$$

и период колебания

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. \qquad (9)$$

Если условие (6) не выполнено, то получается апериодич. разряд, и контур не м. б. назван колебательным,—его тогда называют а п е р и о д и ч е с к и м к о н т у р о м.

Явление К. э. было открыто теоретически В. Томсоном в 1853 г. Метод его рассуждения заключался в применении закона сохранения энергии к контуру фиг. 1 как изолированной системе; по этому закону, для каждого момента времени полное изменение энергии (электростатической—в конденсаторе, электромагнитной—в среде, окружающей провод, и тепловой—внутри провода) равно нулю. Отсюда Томсон получил ур-ие (колебаний):

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\cdot\frac{dq}{dt} + \frac{1}{CL}q = 0, \qquad (4a)$$

где q означает заряд конденсатора в момент t.

Физич. истолкование явления колебаний в контуре таково. Пусть на конденсаторе имеется заряд: на верхней обкладке—положительный и на нижней—отрицательный. Ток пойдет вследствие разряда конденсатора в направлении, противоположном стрелке. Так как в контуре есть самоиндукция, то ток будет расти постепенно, и также постепенно будет расходоваться электрическая энергия, равная $\frac{CV^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$, т. е. зависящая от величины заряда конденсатора, и будет увеличиваться магнитная энергия $\frac{Li^2}{2}$, зависящая от силы тока. Это будет продолжаться до тех пор, пока вся электрич. энергия не перейдет в магнитную, т. е. пока заряд на конденсаторе не станет равным нулю. Ток далее поддерживается эдс самоиндукции, и направление его то же, что и в предыдущем промежутке времени. Вследствие этого конденсатор начинает опять заряжаться, но в противоположном направлении. Магнитная энергия переходит в электрическую, и это происходит до тех пор, пока ток не станет равным нулю, а заряд на конденсаторе не достигнет максимума. Затем последует опять разряд конденсатора и т. д. Фиг. 2 показывает изменение напряжения на конденсаторе и силы тока в контуре. Нужно сказать, что сопротивление несколько изменяет эту простую картину. Действительно, если



Фиг. 2.

$$i = I_0 \cdot e^{-\alpha t}\cdot \sin(\omega t + \varphi),$$

то

$$v = V_0 \cdot e^{-\alpha t}\cdot \sin \omega t,$$

где

$$\varphi = \operatorname{arc\,tg}\frac{\omega}{\alpha}.$$

Угол φ, очевидно, меньше $\frac{\pi}{2}$, следовательно максимум силы тока не совпадает с нулев. значением напряжения на конденсаторе.

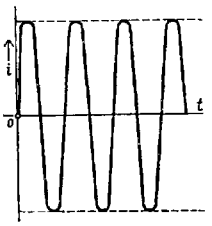
Ур-ие (4) имеет простое решение, данное выше, только в том случае, когда постоянные R, L и C не зависят от частоты или от распределения тока вдоль контура. В противном случае вместо одной частоты получается ряд частот. Основная частота, получаемая согласно ур-ию (8),

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}, \qquad (10)$$

называемая с о б с т в е н н о й ч а с т о т о й колебательного контура, однако не совпадает с частотой, соответствующей той эдс, на к-рую контур настроен в резонанс. Эта частота

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

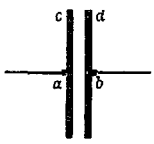
и м. б. названа частотой контура при незатухающих колебаниях. Впрочем, в обычных условиях f_0 и f почти совпадают благодаря незначительному влиянию активного сопротивления. Выражаясь точно, только при $R=0$, $f_0 = f$; в этом единственном случае незатухающих колебаний, при вышеуказанных условиях мы имеем к о л е б а н и я г а р м о н и ч е с к и е (фиг. 3), т. е. каждое из них состоит из двух совершенно симметричных половин и $T = 2\pi\sqrt{LC}$; эта «томсоновская ф-ла» чрезвычайно часто применяется на практике, и при несоблюденных идеальных условиях, т. е. при $R>0$, считается приблизительно верной. При $R=0$ происходило бы действительное колебание энергии между двумя ее формами: в течение одного периода электромагнитная энергия $^1/_2 LI^2$ два раза превращалась бы без потери в электростатическую; ток был бы отстающим на $^1/_4 T$ от эдс контура (эдс контура была бы равна эдс самоиндукции), т. е. был бы реактивным, и энергия контура не претерпевала бы рассеяния. При затухающих колебаниях, за время T рассеивается энергия RI^2T (по законам синусоидального переменного тока),



Фиг. 3.

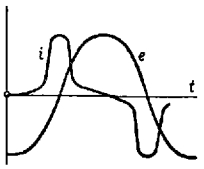
и отношение ее к энергии, претерпевающей превращение (т. е. приблизительно $2\,LI^2$), равное $\frac{RT}{2L}=\delta$, называется логарифмическим декрементом. Эта очень важная для практики величина, характеризующая поведение контура при явлении *резонанса* (см.), обычно заключается в пределах $0{,}2\div 0{,}02$. В тех случаях, когда требуется особенно малый декремент, современная техника уменьшает его еще в тысячу раз ($2\cdot 10^{-3}$). Остальными характерными величинами являются: частота, достигающая на практике $10^6\div 10^8$ ц/ск., а в лаборатории до 10^{13} ц/ск., и особый вид сопротивления $Z=\sqrt{\frac{L}{C}}$, позволяющий по заданному I определить наибольшую эдс, появляющуюся у зажимов конденсатора, и обратно: $E=\sqrt{\frac{L}{C}}\cdot I$.

Практические формы и условия К. э. В реальной обстановке явление К. э. весьма осложняется, и уменье подойти к этой сложности в большой мере определяется удачным отделением более существенных факторов от тех, к-рые в каком-либо данном случае имеют лишь второстепенное значение. Дело в том, что особое практич. значение (для радио) при *коротких волнах* (см.) приобретают К. э. высокой частоты, порядка $f=10^6$. При таких быстропеременных явлениях выступают уже пространственные соотношения: скорость распространения всякого электромагнитного состояния огромна (порядка скорости света в пустоте), и все же при очень быстрых изменениях сказывается ее конечность; явление не может считаться достигающим одновременно одной и той же фазы в различных точках, хотя бы и отстоящих друг от друга на небольших расстояниях. Так, напр. точки c и d на периферии обкладок конденсатора (фиг. 4) не будут иметь одинаковый потенциал с точками a и b, через к-рые заряд поступает к обкладкам; точно так же различные точки среды, намагничиваемой колебательным током, будут находиться в разных фазах магнитного состояния. Все это выступает тем резче, чем больше частота К. э. Поэтому по чисто пространственным причинам, C и L колебательного контура нельзя считать величинами постоянными, не зависящими от ω, и ур-ие (4а) получает очень сложный смысл. Есть возможность решать вместо него, напр. графически, уравнение $\omega^2=\frac{1}{LC}$ или $\omega L=\frac{1}{C\omega}$, предполагающее, как видно из предыдущего, что $\alpha=0$ ($\omega=\omega_0$), имея из геометрическ. соображений C и L как функции ω.



Фиг. 4.

Самое интересное, что дает исследование в этом направлении, это установление существования высших частот, кроме основной, самой низкой, и притом частот не только не кратных, но даже находящихся в иррациональн. отношении. Наблюдения подтверждают эту многочастотность колебательного контура, особенно при контурах с очень малым периодом, совсем не обнаруживаемую при идеальной постановке ур-ия (4а). Вовлечение в рассмотрение величины R еще более усложняет вопрос, т. к. сопротивление тоже является ф-ией частоты проходящего по нему тока (см. *Скин-эффект*). Дальнейшим усложнением является то, что при высоких частотах могут затрагиваться уже молекулярно-дискретные элементы материалов, входящих в колебательный контур и в окружающую его среду, и притом—в резкой зависимости от ω (резонанс молекулы). При таких частотах обычный сердечник в катушке самоиндукции L действует лишь косвенным образом, как предмет, отнимающий энергию от колебательного контура (индукционные печи, диатермическое действие—см. *Фуко токи*). Но сердечник особо малого сечения намагничивается и обнаруживает периоды резонанса своих молекул (см. *Магнитная спектроскопия*). При меньших частотах, когда сердечник из ферромагнитного материала действует как таковой, выступает зависимость его магнитной проницаемости, а следовательно и L контура, от силы тока в данной намагничивающей катушке, по кривой намагничения данного образца материала. Имея математич. выражение этой кривой, можно получить решение для f контура, к-рая оказывается зависящей от амплитуды колебания, т. е. лишенной главного признака гармонич. процесса. Если ввести в рассмотрение еще и гистерезис, то при помощи планиметрирования ход колебательного процесса все же м. б. указан. Фиг. 5 изображает изменение эдс e и силы тока i соответственно времени для этого случая. Как дальнейшие причины искажения синусоидального процесса укажем еще гистерезис диэлектрика и могущую возникнуть в нем проводимость сложного характера, а также сложное участие электронного и ионного процессов в случае существования газового промежутка в колебательном контуре (о чем будет упомянуто ниже). Как известно, всякое искажение синусоиды м. б. рассматриваемо как наложение на основное колебание высших гармонических с соответствующими амплитудами, определяемыми при помощи гармоническ. анализа.



Фиг. 5.

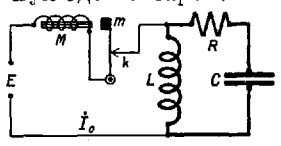
В настоящее время нередко определяют колебательный контур не его периодом, но длиной волны λ, в *см*, разумея под этим величину $\lambda=3\cdot 10^{10}\,T$. Такое определение возникло вследствие огромной важности, которую получил в радиотехнике процесс электромагнитного излучения, сопровождающий К. э. Указанная выше λ, есть приблизительная длина волны, излучаемой в пустоте контуром, обладающим периодом T. К. э., как показывает ур-ие (4а), выражаются вполне аналогично механически, с заменой механич. свойств системы электрическими и магнитными; при рассмотрении механическ. колебаний системы, колебания предполагаются распространяющимися по ней из той точки, где они возбуждаются, отражающимися от ее границ, могущими образовать стоячие волны, с узлами, отстоящими друг от друга

на $^1/_2\ \lambda$. Совершенно так же на электрическом колебательном контуре, способном образовать электрические стоячие волны, установятся узлы тока и пучности, т. е. колебательный ток (волна) будет итти по контуру неравноплотным во всех его сечениях. Такой контур будет характеризоваться волнами различной длины, смотря по числу узлов, установившихся по его длине; этим волнам будут соответствовать различные периоды колебаний—обертоны, приблизительно кратные его основному тону. Этот случай Томсон сознательно исключил в самом введении к своему исследованию; иными словами, он рассматривал контур, длина к-рого весьма мала по сравнению с $^1/_2\ \lambda$ и на к-ром умещаются лишь точки около одной пучности; в таком контуре ток через все его сечения квазистационарен, т. е. практически одинаков с током в самой пучности; кратные обертоны возникнуть не могут. К этому случаю и относится все предыдущее.

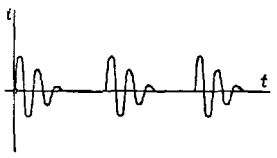
Контур, в к-ром образуются стоячие волны, приобрел большое значение как антенна в радиотехнике. Рассмотрение его колебаний усложняется необходимостью приписывать емкость и самоиндукцию каждому элементу контура, т. к. от них зависит скорость распространения волны через этот элемент, определяющая λ и следовательно расстояние между узлами. Задача исследования колебаний при условии таких «распределенных» свойств контура, и притом, вообще говоря, неравномерно распределенных, доходит до математическ. неразрешимости; этой задаче посвящено большое число работ наших авторов (см. *Радиосети*), подходивших к ней как с теоретической, так и экспериментальной стороны. Ур-ие (4а) и фиг. 1 относятся к простейшему случаю сосредоточенной емкости (между точками a и b).

К. э., сопровождающиеся излучением, в самом своем процессе должны отличаться от того явления, при к-ром участвуют только C, L и R. Излучение, как особое свойство колеблющейся системы, влияет на ход колебательного процесса в каждый его момент. Излучаемое электромагнитное поле, как и поле обыкновенной самоиндукции, воздействует на провод, производящий это поле. Однако в то время как эдс самоиндукции отличается по фазе на $^1/_4\ T$ от протекающего по проводу тока, эдс излучения имеет кроме реактивной еще и активную составляющую. Иными словами, излучение, поскольку оно своею активною составляющею причиняет рассеяние энергии, вносит в колебательный контур свое добавочное сопротивление (называемое сопротивлением излучения) и в то же время своею реактивною составляющею оно изменяет коэф. самоиндукции контура. Обе эти добавочные величины зависят от ω. Аналитическ. выражение этого процесса приводит к диференциальному уравнению 3-го порядка вместо ур-ия (4а).

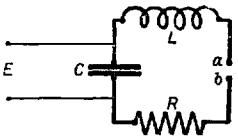
Техническое использование К. э. Затухающие колебания. При техническ. использовании К. э. весьма важным является вопрос о способе возбуждения их. Оно производится сообщением контуру или первоначальной магнитной энергии соленоида L или электростатич. энергии конденсатора C. Схема первого способа изображена на фиг. 6. Ток I_0 от батареи E, проходящий и через L, намагничивает катушку M; якорь m притягивается, ток прерывается в контакте k, и с этого момента контур LRC предоставляется самому себе; его магнитная энергия переходит в электростатическую заряда конденсатора C, причем развивается эдс $E_{max} = \sqrt{\frac{L}{C}}\ I_0$; при соответствующих величинах L и C она во много десятков раз превосходит первоначальную эдс E батареи. Так начинаются К. э. контура, затухающие затем сообразно его декременту. Такая схема возбуждения К. э. нередко имеет место в больших силовых электрических сетях (хотя вовсе не предназначенных для К. э.) и приходит в действие при размыкании тока в соответствующих точках, являясь причиной появления опасных перенапряжений. При обыкновенных контурах высокой частоты колебания, оставаясь свободными, успевают практически совершенно прекратиться раньше, чем размыкатель Mm упругостью замыкающей цепь пружины снова возбудит их. Схема дает серии (фиг. 7) затухающих колебаний, к-рые разделены сравнительно длинными промежутками времени, в течение которых К. э. отсутствуют. По второму способу возбуждения К. э., от источника высокого напряжения заряжается конденсатор C (фиг. 8); искровой промежуток ab, включенный параллельно C, заряжается при этом до той же E, и, при соответствующем подборе расстояния ab, в нем проскакивает искра в момент достижения конденсатором той эдс, которую может дать источник. С появлением искры, смыкающей точки a и b своею ионною проводимостью, образуется колебательный контур CRL с запасом электростатич. энергии; в нем произойдут колебания с частотой, определяемой свойствами контура; их затухание будет существенно отличаться от затухания в предыдущем случае, так как проводимость искры будет быстро падать вследствие деионизации (см. *Искровой передатчик*) промежутка ab и декремент контура будет возрастать. Теория показывает, что при возбуждении искрой амплитуда колебаний убывает по линейному закону; вместо того чтобы асимптотически приближаться к нулю (фиг. 2), амплитуда электрических колебаний обращается в нуль в тот момент, когда эдс конденсатора становится слишком малой для поддержания искрового разряда (фиг. 9).



Фиг. 6.



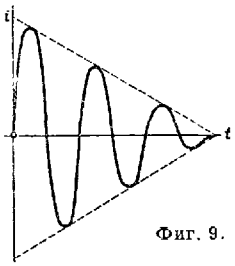
Фиг. 7.



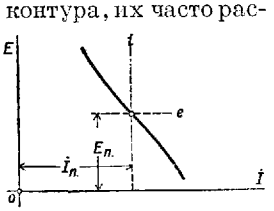
Фиг. 8.

Незатухающие колебания. а) Общая теория. От схем, служа-

щих для возбуждения К. э., следует отличать схемы, имеющие назначение поддерживать на определенной высоте амплитуду уже начавшихся колебаний, т. е. превращать их в незатухающие. В этом случае также необходим источник электрич. энергии, который должен в течение каждого периода подавать колебательному контуру порцию энергии, как раз восполняющую его рассеяние. Если эта порция будет меньше, колебания останутся затухающими, но с меньшим декрементом, и может случиться, что, при нек-рой уменьшенной амплитуде тока, рассеиваемая за период энергия $^1/_2\ RI^2T$ станет равной доставляемой от источника порции энергии,—тогда колебания установятся незатухающими. Если, наоборот, эта порция превосходит энергию, рассеиваемую за период, колебания будут возрастающими по амплитуде, пока опять не будет достигнуто стационарн. состояние при достаточно возросшей амплитуде тока. Процесс нарастания колебаний может начинаться с какой угодно малой амплитуды; он может начаться с той чрезвычайно малой амплитуды, которая соответствует случайному, в молекулярно-статистич. смысле этого слова, нарушению электромагнитного равновесия системы. Так. обр. все это устройство может не иметь ничего общего с возбуждением колебаний. В нашей терминологии еще нет особого слова для этого технич. процесса (по-немецки— Anfachung), на к-ром однако уже 15 лет зиждется вся радиотехника. Лучшим источником энергии для такого непрерывного, без перебоев, подвозбуждения контура какой угодно высокой частоты служат генератор постоянного тока, батарея или выпрямленный сглаженный ток от вторичной обмотки повышающего трансформатора. Т. о. все устройство является преобразователем постоянного тока в переменный (колебательный). Это преобразование достигается весьма различными, часто сложными схемами, связанными с колебательным контуром, в к-рых действуют механические, электромагнитные, ионные или электронные процессы. В виду того что эти схемы уничтожают затухание, сводят к нулю причину его, т. е. сопротивление R колебательного контура, их часто рассматривают так, как будто они вводят в колебательный контур отрицательное сопротивление ($-R'$). При таком взгляде становится ясным, что рассеяние энергии при К. э., равное за каждый период $^1/_2(RI^2-R'I^2)T$, становится равным нулю при R', численно равном R. Для изучения схемы и расчета ее действия остается лишь уметь выразить R' как функцию от ее электромагнитных свойств. Однако многие авторы избегают пользоваться понятием отрицательного сопротивления, находя логич. противоречие в самом его определении, и производят подсчеты по другому пути.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

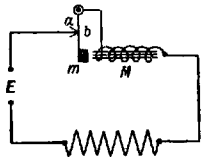
Схема с источником постоянного тока, служащая для подвозбуждения, дает силу тока I и эдс E вида

$$I = I_n. + i;\ E = E_n. + e,$$

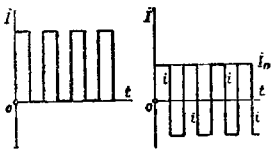
где $I_n.$ и $E_n.$—постоянные слагающие, а i и e—чисто переменные, т. е. такие, что за время полного периода $\int i\,dt = 0$ и $\int e\,dt = 0$. Мощность такой схемы получает выражение

$$\frac{1}{T}\int EI\,dt = E_n.I_n. + \frac{1}{T}\int ei\,dt, \qquad (11)$$

где интегралы берутся за время T. Т. к. переменные слагающие должны давать подвозбуждение, а не рассеяние, как $E_n.$ и $I_n.$, то необходимо, чтобы второе слагаемое имело знак, обратный знаку первого, которое мы считаем > 0. Следовательно e и i д. б. всегда



Фиг. 11.



Фиг. 12.

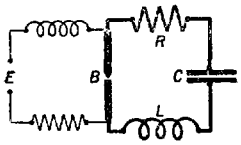
противоположных знаков. Иными словами, если возьмем E и I за оси координат и перенесем начало их в точку ($E_n.$, $I_n.$), то, изображая кривою (т. н. характеристикой схемы) ход переменных e и i, должны получить ее лежащею во втором и четвертом квадрантах (фиг. 10). Такая «падающая» характеристика схемы (при увеличении переменной слагающей тока i переменная слагающая напряжения e падает, и наоборот) является столь же необходимым и достаточным условием получения незатухающих колебаний, как и отрицательное сопротивление. Оба эти представления говорят о двух сторонах одного и того же свойства схемы подвозбуждения. Кпд такой схемы выражается отношением

$$\frac{\frac{1}{T}\cdot\int ei\,dt}{E_n.I_n.};$$

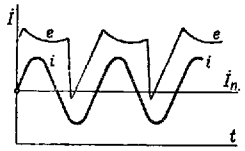
по уравнению (11) оно равно 1 (100%), если $\frac{1}{T}\int EI\,dt = 0$, т. е. если maximum E соответствует $I=0$ и наоборот. Такое соотношение имеет место в простейшей (и притом еще идеализованной) схеме незатухающих колебаний (фиг. 11). Между точками a и b напряжение максимально при разомкнутом прерывателе, и если оно равно нулю при замкнутом (ток максимальный), то мы имеем идеальный случай (кпд = 100%, фиг. 12). Легко показать, что при таком устройстве, которое дает синусоидальный ток, наибольший кпд = 50%.

б) К. э. при дуговом генераторе. Вольтова дуга имеет падающую характеристику; основная схема для использования ее как средства подвозбуждения изображена на фиг. 13. Здесь мы видим, что вольтова дуга B с ее отрицательным сопротивлением включена в колебательный контур последовательно с сопротивлением R,

что и служит к непосредственному сведению его к нулю. Сложный электронно-ионный процесс, происходящий в вольтовой дуге, сильно искажает форму колебаний, поддерживаемых ею в контуре. В зависимости от

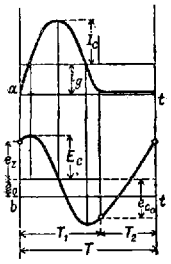


Фиг. 13.



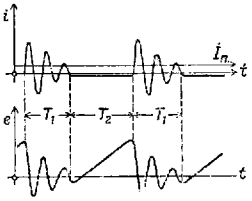
Фиг. 14.

условий, в которые поставлена вольтова дуга,—напр. от возможности быстрого охлаждения ее электродов (их температура определяет электронную сторону процесса) и быстрой деионизации воздушного промежутка,—колебания получаются трех родов (Симон, Баркгаузен). Колебания 1-го рода (фиг. 14) представляют собою синусоидальн. ток, налагающийся на постоянный I_n. при сильно искаженных колебаниях напряжения на конденсаторе. Колебания 2-го рода (фиг. 15), являющиеся наиболее важными для техники, происходят при малом I_n., за время T_2 ток отсутствует; T_1 м. б. получено в пределах между $\pi\sqrt{LC}$ и $2\pi\sqrt{LC}$. Колебания 3-го рода (фиг. 16) подобны тем сериям затухающих колебаний, к-рые возбуждаются искрой (фиг. 9); кривая изменения напряжения на конденсаторе показывает нарастание его во время отсутствия тока в контуре до той величины, при которой зажигается вольтова дуга; благодаря последней снова начинаются колебания. Фиг. 14—16 показывают своим сложным видом, в какой малой степени явления, производимые «дуговым генератором», отвечают потребности практики в чистых синусоидальных колебаниях с постоянной амплитудой. И тем не менее техника достигала удовлетворительного разрешения своих задач, хотя при этом и требовалось большое искусство управления дуговою схемой.



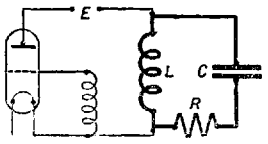
Фиг. 15.

в) К. э. при помощи электронной лампы. За последние 10 лет вошел во всеобщее употребление новый метод получения незатухающих колебаний—при помощи электронной лампы. Лампа включается параллельно колебательному контуру (см. выше фиг. 17); здесь пользуются отрицательным сопротивлением в ответвлении. Разрядный процесс в электронной лампе, особенно если она эвакуирована до технического предела, значительно проще, чем в вольтовой дуге; поэтому аналитическое выражение действия ламповой схемы путем ряда приближений (Валлаури, Баркгаузен, Бонч-Бруевич, Шоттки, Ван-дер-Поль) получает все



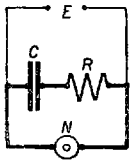
Фиг. 16.

большую точность. Ламповая схема получила дальнейшее усовершенствование, и в то же время усложнение, в виде стабилизатора. Дело в том, что режим, с которым работает лампа, легко может несколько измениться, что ведет к изменению даваемого схемой периода—изменению небольшому, но уже недопустимому при современных методах радиопередачи. Во избежание этого явления в схему вводится вещество (пьезоэлектрическое или магнитострикционное), в к-ром под действием электрич. колебаний возбуждаются механич. колебания, оказывающиеся необычайно устойчивыми; влияя обратно на электрические процессы, они стабилизуют электрическ. колебания. Рассмотрение таких схем приводит к дифференциальным уравнениям высших порядков, с которыми давно уже приходилось иметь дело в теории колебаний связанных систем (М. Вин, Мауц, Татаринов), обогатившейся за последнее время понятием о затягивании (см. *Ламповые генераторы*).



Фиг. 17.

Следует упомянуть в заключение о совсем новом понятии параметрических колебаний, практич. применение которых еще только предвидится, и о так назыв. нетомсоновских колебаниях. При этих последних самоиндукция контура играет второстепенную роль и м. б. очень малой; они происходят, если $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, что делает невозможными колебания томсоновские; их период определяется величинами C и R. Из многочисленных схем, применяемых радистами и физиологами для получения нетомсоновских колебаний, упомянем ту, которая основана на свойстве неоновой (тлеющей) лампы пропускать ток лишь при достижении известного напряжения E_0 на ее электродах. Источник постоянного напряжения $E > E_0$ через сопротивление R заряжает емкость C (фиг. 18); по достижении емкостью напряжения E_0 неоновая лампа N разряжает конденсатор, который затем снова заряжается. Промежуток времени между двумя зарядами регулируется величинами C и R.



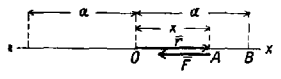
Фиг. 18.

Лит.: Электрические колебания и волны, сб. под ред. В. Лебединского, вып. 2, СПБ, 1911; Петровский А., Радиосети (литогр.), Л., 1924; его же, Научные основания беспроволочной телеграфии, ч. 1, СПБ, 1913; Ивановский В., Теоретич. исследование колебаний в связанных системах, П., 1917; Фрейман И., Курс радиотехники, 2 изд., М.—Л., 1928; Луценко Н. Н., Основы теории радиотехники, Л., 1927; «ТиТбН» с 1918; Nesper E., Handb. d. drahtl. Telegraphie u. Telephonie, B., 1921; Ollendorff F., Grundlagen d. Hochfrequenztechnik, Berlin, 1926; Zenneck J. u. Rukop H., Lehrbuch d. drahtl. Telegraphie, 5 Auflage, Stg., 1925; Pierce G., Electromagnetic Oscillations a. Electric Waves, N. Y., 1920. **В. Лебединский.**

КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ, движение, при котором материальная точка (или тело) периодически проходит под воздействием приложенных сил через одно и то же положение устойчивого равновесия. В

зависимости от характера приложенных сил К. д. бывают различны. Основными видами К. д. являются следующие.

К. д. материальной точки, находящейся под действием силы притяжения, пропорциональной расстоянию. Пусть нек-рая материальная точка A массы m (фиг. 1) находится под действием силы $\boldsymbol{F}$, притягивающей ее к некоторому центру притяжения O, причем пусть абсолютная величина F силы будет пропорциональна расстоянию точки A от O. Пусть, далее, положение A по отношению к нек-рой системе отсчета, имеющей начало в точке O, определяется радиусом-вектором $\boldsymbol{r}$. Нетрудно видеть, что векторы $\boldsymbol{F}$ и $\boldsymbol{r}$, находясь на одной прямой x, направлены в противоположные стороны, и т. к. кроме того $\boldsymbol{F}$ и $\boldsymbol{r}$ прямо пропорциональны, то



Фиг. 1.

$$\boldsymbol{F} = -\lambda^2 \boldsymbol{r}, \qquad (1)$$

где λ^2 — существенно положительный фактор пропорциональности между величинами F и r. Так как по основной формуле динамики (см. *Механика теоретическая*)

$$m\frac{d^2\boldsymbol{r}}{dt^2} = \boldsymbol{F}, \qquad (2)$$

то получается следующее ур-ие, определяющее движение точки A:

$$m\frac{d^2\boldsymbol{r}}{dt^2} = -\lambda^2 \boldsymbol{r}, \qquad (3)$$

или, обозначая для простоты абсолютную величину вектора $\boldsymbol{r}$ через x, а $\frac{\lambda^2}{m}$ через k^2,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + k^2 x = 0. \qquad (4)$$

Проинтегрировав последнее диференциальное ур-ие, найдем функциональную зависимость переменной величины x от времени t, а взяв далее производную x по t, найдем и функциональную зависимость скорости v от времени t, т. к. точка A движется прямолинейно по оси x. Обе найденные т. о. функциональные зависимости вполне определяют характер движения материальной точки. Общий интеграл дифер. ур-ия (4) имеет следующий вид (см. *Диференциальные уравнения*):

$$x = C'e^{kti} + C''e^{-kti}, \qquad (5)$$

где e—основание натуральных логарифмов. Пользуясь ф-лами Эйлера:

$$e^{\pm kti} = \cos kt \pm i \sin kt, \qquad (6)$$

можно общему интегралу (5) придать еще и следующий вид:

$$x = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt, \qquad (7)$$

где C_1 и C_2—нек-рые постоянные, определяющиеся из начальных условий движения. Взяв производную x по t, получаем из (7):

$$v = v_x = \frac{dx}{dt} = C_1 k \cos kt - C_2 k \sin kt. \qquad (8)$$

Если в начальный момент точка A находилась в O, имея скорость v_0, т. е. если $x=0$ и $v=v_0$ при $t=0$, то постоянные интеграции C_1 и C_2 принимают след. частные значения:

$$C_1 = \frac{v_0}{k}; \quad C_2 = 0,$$

так что равенства (7) и (8) принимают следующий частный вид:

$$x = \frac{v_0}{k}\sin kt, \qquad (9)$$

$$v = v_0 \cos kt. \qquad (10)$$

При других начальных условиях движения постоянные C_1 и C_2 имеют конечно другие значения. Пусть a и γ—две постоянные, связанные с постоянными C_1 и C_2 следующими соотношениями:

$$C_1 = a\cos\gamma, \quad C_2 = a\sin\gamma, \qquad (11)$$

так что

$$a = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} \text{ и } \operatorname{tg}\gamma = \frac{C_2}{C_1}. \qquad (11')$$

Вставляя значения (11) в (7), получаем третий вид общего интеграла дифер. ур-ия (4), а именно:

$$x = a\sin(kt + \gamma). \qquad (12)$$

Из рассмотрения равенства (12) можно непосредственно сделать следующие выводы. 1) Так как правая часть (12) периодическая ф-ия от t, то и величина x периодическая ф-ия от t, т. е. точка A будет периодически находиться на одном и том же расстоянии от центра O, другими словами, точка A будет совершать К. д. около O. 2) Абсолютная максимальная величина x равна $a = OB = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$; это максимальное расстояние A от O называется амплитудой колебания. 3) Если время t увеличивается на промежуток времени $T = \frac{2\pi}{k}$, то и расстояние x принимает прежнее свое значение. В самом деле, если в момент $t_1 = t + \frac{2\pi}{k}$ точка A находится от O на расстоянии x_1, то

$$x_1 = a\sin(kt_1 + \gamma) = a\sin\left[k\left(t + \frac{2\pi}{k}\right) + \gamma\right] = a\sin(kt + \gamma) = x.$$

Промежуток времени $T = \frac{2\pi}{k}$, по истечении которого точка вновь находится в прежнем своем положении, называется полным периодом колебания. 4) Так как

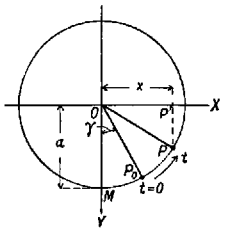
$$v = \frac{dx}{dt} = ak\cos(kt + \gamma), \qquad (13)$$

то величина v достигает максимума, когда $x=0$, т. е. точка A будет иметь наибольшую скорость при прохождении через центр O. 5) Т. к. ускорение j равно в данном случае

$$j = \frac{dv}{dt} = -ak^2\sin(kt + \gamma), \qquad (14)$$

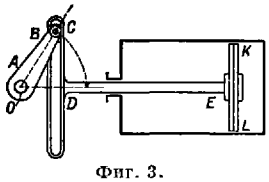
то $j=0$ при $x=0$ и $j = j_{max}$ при $v=0$, т. е. при прохождении точки A через положение O ускорение ее равно нулю, а в точках возврата ускорение достигает максимального своего значения. К. д., обладающее вышеуказанными свойствами, называется гармоническим. Кинематически гармоническое К. д. может быть представлено след. обр. Пусть нек-рая точка движется равномерно с постоянною угловою скоростью k по окружности радиуса a, имеющей центр в точке O. Пусть начало отсчета угловых перемещений будет OM (фиг. 2) и пусть при $t=0$ точка находилась в положении P_0, определяемом углом $P_0OM = \gamma$. По истечении времени t угловое перемещение точки равно kt, а угловое расстояние от начала отсчета углов

равно $kt+\gamma$. Проектируя точку в ее положении P на прямую OX, перпендикулярную OM, получим проекцию P', отстоящую от O на расстоянии $OP'=x=a\sin(kt+\gamma)$. Т. о. видно, что проекция на диаметр окружности точки, совершающей равномерное круговое движение, совершает гармоническое К. д. Механич. схема, соответствующая вышеуказанному кинематич. представлению гармонического К. д., приведена на фиг. 3, где: AB—кривошип, O—неподвижная ось кривошипа, C—ползун, DE—шток поршня, KL—поршень. Нетрудно усмотреть на основании сказанного, что если кривошип будет равномерно вращаться около оси O, то поршень будет совершать гармоническое К. д. Исходя из этих кинематич. соображений, величину $kt+\gamma$ правой части (12) называют фазовым углом, или фазой, К. д. в момент t, а γ—начальной фазой.



Фиг. 2.

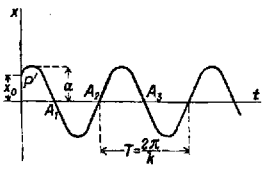
Если по оси абсцисс ортогональной системы осей координат откладывать значения t, а по оси ординат — соответствующие значения x из (12), то в результате получается синусоидальная кривая, представляющая графически изменение x в зависимости от t (фиг. 4). В общем случае кривая пересекает ось ординат в P', так что $OP'=x_0=a\sin\gamma$, т. к. это соответствует моменту $t=0$. Кривая пересекает ось абсцисс последовательно в точках $A_1, A_2, A_3, \ldots$, отстоящих друг от друга на расстоянии, равном $\frac{T}{2}$. Два К. д., имеющих один и тот же период колебания, называются синхронными. Если имеются два несинхронных К. д.



Фиг. 3.

$$x=a\sin(kt+\gamma) \quad \text{и} \quad x'=a'\sin(k't+\gamma'),$$

так что $k'\neq k$, то разность фазовых углов $(kt+\gamma)-(k't+\gamma')$ называется сдвигом фаз в момент t. Так как при синхронных колебаниях $k'=k$, то сдвиг фаз двух синхронных колебаний равен в любой момент начальному сдвигу фаз $\gamma-\gamma'$. Величина $\nu=\frac{1}{T}=\frac{k}{2\pi}$, показывающая, сколько полных колебаний совершает точка в единицу времени, называется частотой колебания.

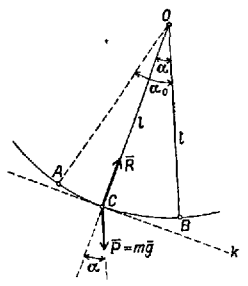


Фиг. 4.

К типу дифер. ур-ия (4) приводятся во многих случаях дифер. ур-ия движения, как например ур-ие движения математич. маятника, т. е. материальной точки, вынужденной перемещаться по дуге окружности. Связью, вынуждающей точку совершать движение по окружности, может служить либо нерастяжимая нить длиною l, закрепленная в некоторой точке O, либо шаровая поверхность радиуса l с центром в точке O (фиг. 5). Параметром, определяющим положение точки в положении C, пусть будет угол $BOC=\alpha$, где BO—вертикальная прямая, проходящая через точку O. Пусть в момент $t=0$ точка находилась в положении A, определяемом углом α_0, имея скорость $v=0$. В положении C на точку, при отсутствии сил трения, действуют сила веса $\boldsymbol{P}=m\boldsymbol{g}$ и сила реакции связи $\boldsymbol{R}$, так что

$$m\boldsymbol{j}=\boldsymbol{P}+\boldsymbol{R}, \quad (15)$$

или $\boldsymbol{P}+\boldsymbol{R}-m\boldsymbol{j}=0$, где $\boldsymbol{j}$—вектор полного ускорения точки в рассматриваемом положении. Т. к. проекция $\boldsymbol{j}$ на направление касательной k равна по абсолютному значению



Фиг. 5.

$$|j_k|=\frac{dv}{dt}=\frac{d(l\omega)}{dt}=l\frac{d\omega}{dt}=l\frac{d^2\alpha}{dt^2},$$

а при движении сверху вниз

$$j_k=-l\frac{d^2\alpha}{dt^2},$$

то, проектируя (15) на это же направление, получаем:

$$ml\frac{d^2\alpha}{dt^2}+mg\sin\alpha=0, \quad (16)$$

или

$$l\frac{d^2\alpha}{dt^2}+g\sin\alpha=0. \quad (17)$$

При малых колебаниях можно, вследствие малости угла α заменить $\sin\alpha$ через α. Тогда вместо (17) имеем приближенную формулу:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2}+\frac{g}{l}\alpha=0, \quad (18)$$

аналогичную дифер. ур-ию (4), где вместо коэф-та k^2 имеем $\frac{g}{l}$. Общий интеграл имеет поэтому вид, аналогичный (7):

$$\alpha=C_1\sin\left(\sqrt{\tfrac{g}{l}}\,t\right)+C_2\cos\left(\sqrt{\tfrac{g}{l}}\,t\right), \quad (19)$$

а угловая скорость ω равняется

$$\omega=\frac{d\alpha}{dt}=C_1\sqrt{\tfrac{g}{l}}\cos\left(\sqrt{\tfrac{g}{l}}\,t\right)-$$
$$-C_2\sqrt{\tfrac{g}{l}}\sin\left(\sqrt{\tfrac{g}{l}}\,t\right). \quad (20)$$

При данных начальных условиях движения $C_1=0$, $C_2=\alpha_0$ так что вместо (19) и (20) имеем:

$$\alpha=\alpha_0\cos\left(\sqrt{\tfrac{g}{l}}\,t\right);$$

$$\omega=-\alpha_0\sqrt{\tfrac{g}{l}}\sin\left(\sqrt{\tfrac{g}{l}}\,t\right).$$

Полный период колебания будет равен:

$$T=\frac{2\pi}{k}=\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{l}}}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (21)$$

Точное интегрирование дифер. ур-ия (17) приводит к эллиптическим функциям.

К. д. под действием силы притяжения, пропорциональной расстоянию, и силы, постоянной по величине и направлению. Допустим, что на точку массы m действуют две силы, линии действия которых совпада-

ют с направлением оси x: одна из них есть сила притяжения к некоторому центру O, прямо пропорциональная расстоянию от материальной точки до точки O, а другая—сила, постоянная по величине и направлению. Пусть начало отсчета оси x взято в центре притяжения O. Обозначая первую силу через F, а вторую через Q, имеем попрежнему $F=-\lambda^2 x$, а $Q=\text{Const}$, так что дифер. ур-ие движения точки будет:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=-\lambda^2x+Q, \qquad (22)$$

или

$$\frac{d^2x}{dt^2}+k^2x=S, \qquad (23)$$

где $k^2=\frac{\lambda^2}{m}$ и $S=\frac{Q}{m}$.

Нетрудно видеть, что дифер. ур-ие (23) м. б. приведено к типу (4) и что следовательно и в рассматриваемом случае точка будет совершать гармоническое К. д. В самом деле из (23) имеем:

$$\frac{d^2x}{dt^2}=S-k^2x;\ \frac{d^2x}{dt^2}=-k^2\left(x-\frac{S}{k^2}\right),$$

или, если $x-\frac{S}{k^2}=z$, то

$$\frac{d^2z}{dt^2}=-k^2z, \qquad (24)$$

т. е. получаем дифер. ур-ие типа (4). Так как центр колебания, определяемого (24), находится в точке $z=0$, то расстояние x_c от центра колебания C до начала отсчета O, совпадающего с центром притяжения, определяется из равенства:

$$x_c-\frac{S}{k^2}=0, \text{ или } x_c=\frac{S}{k^2}.$$

Т. о. видно, что центр притяжения O уже не совпадает с центром колебания C, как это имело место в рассмотренном выше случае. Точка C отстоит от O на расстоянии $d=\frac{S}{k^2}$ в сторону действия постоянной силы Q. Так как далее $\frac{S}{k^2}$ есть частный интеграл дифер. ур-ия (23), то, принимая во внимание, что (7) есть общий интеграл дифер. ур-ия (4), получим общий интеграл дифер. уравнения (23) в следующем виде:

$$x=C_1\sin kt+C_2\cos kt+\frac{S}{k^2}. \qquad (25)$$

Отсюда имеем:

$$v=C_1k\cos kt-C_2k\sin kt. \qquad (26)$$

Если в начальный момент точка находилась в O, имея при этом нулевую скорость, т. е. если $x=0$ и $v=0$, при $t=0$, то $C_1=0$ и $C_2=-\frac{S}{k^2}$, так что вместо (25) и (26) имеем:

$$x=-\frac{S}{k^2}\cos kt+\frac{S}{k^2}; \qquad (25')$$

$$v=\frac{S}{k}\sin kt. \qquad (26')$$

В частности, силою Q может служить вес тела $P=mg$, а силою F—сила натяжения вертикальной пружины. Тогда вместо ур-ий (23), (25′) и (26′) получаем соответственно уравнения:

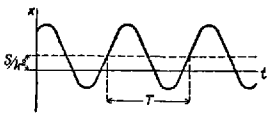
$$\frac{d^2x}{dt^2}+k^2x=g,$$

$$x=-\frac{g}{k^2}\cos kt+\frac{g}{k^2},$$

$$v=\frac{g}{k}\sin kt.$$

Откладывая значения x по оси ординат, а значения t по оси абсцисс, получаем кривую, изображенную на фиг. 6.

Примером для рассмотренного вида К. д. может служить горизонтальная балка, опирающаяся на две опоры в двух точках A и B и нагруженная посредине грузом P, причем весом самой балки пренебрегаем. Если



Фиг. 6.

l—длина балки между A и B, I—момент инерции поперечного сечения балки, E—модуль упругости, то статич. прогиб a балки под действием силы P будет:

$$a=\frac{l^3}{48EI}P,$$

или, если обозначить $\frac{48EI}{l^3}$ через λ^2,

$$a=\frac{P}{\lambda^2}, \text{ или } P=a\lambda^2.$$

Под действием силы P балка в положении равновесия будет иметь изогнутый вид. Для того чтобы прогиб балки стал x', нужно, чтобы на середину балки действовала сила P', но при этом отношение $\frac{P'}{x'}$ должно равняться отношению $\frac{P}{a}$, т. е. $P'=\lambda^2x'$. Если балку вывести из состояния покоя, то она начнет колебаться, причем в положении, определяемом прогибом x, на середину балки будут действовать две силы: сила веса груза $P=mg$ и сила упругой деформации самой балки, стремящаяся привести ее в горизонт. положение и пропорциональная величине x, т. е. сила $P_1=-\lambda^2x$. Ур-ие движения середины балки принимает в таком случае вид, аналогичный ур-ию (22), а именно:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=-\lambda^2x+mg, \text{ или } \frac{d^2x}{dt^2}+k^2x=g.$$

Середина балки будет т. о. совершать гармоническое К. д. около нек-рого центра колебания, отстоящего к н и з у от прямой AB на расстоянии

$$\frac{g}{k^2}=\frac{gm}{\lambda^2}=\frac{P\cdot l^3}{48EI}.$$

Все прочие общие выводы применимы и к этому частному случаю.

К. д. под действием силы притяжения, пропорциональной расстоянию, при наличии силы трения. Если точка массы m, находящаяся под действием силы притяжения, пропорциональной расстоянию x от точки до некоторого центра притяжения O, перемещается по шероховатой горизонтальн. плоскости, то при движении действуют на точку следующ. силы: сила притяжения $F=-\lambda^2x$, сила веса $P=mg$, сила трения $T=fmg$ (где f—коэф. трения движения) и сила реакции плоскости R. Т. к. сила T, оставаясь постоянной по величине, меняет свое направление в зависимости от направления движения точки (этим сила T отличается от силы Q предыдущего случая, сохраняющей постоянными как величину, так и направление), то ур-ие движения точки будет менять свой вид в зависимости от того, движется ли точка справа налево или наоборот. В первом случае, т. е. при $v<0$, сила T направлена в положи-

тельную сторону оси (фиг. 7), так что дифер. ур-ие принимает вид:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -\lambda^2 x + fmg\,; \qquad (27)$$

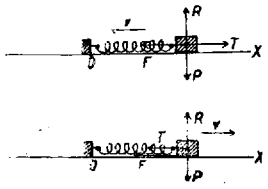
при движении же слева направо, т. е. при $v>0$, ур-ие движения будет:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -\lambda^2 x - fmg\,. \qquad (27')$$

Рассматривая 1-й случай, имеем из (27):

$$\frac{d^2x}{dt^2} + k^2 x = fg\,, \qquad (28)$$

где $k^2 = \frac{\lambda^2}{m}$. Так как полученное ур-ие (28) вполне совпадает по виду с дифер. ур-ием (23), то отсюда следует, что, при рассматриваемом движении точки справо налево, точка совершает гармоническое К. д. около некоторого центра колебания O_1, отстоящего от центра притяжения O на расстоянии $x_{o_1} = \frac{fg}{k^2}$ в сторону действующ. силы трения T, играющей т. о. роль силы Q. Общий интеграл дифер. ур-ия (28) будет, аналогично (25),



Фиг. 7.

$$x = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt + \frac{fg}{k^2}\,. \qquad (29)$$

Если $x = x_1$ и $v = 0$, при $t = 0$, т. е. если время начать отсчитывать с того момента, когда точка, отведенная в сторону на расстояние x_1, предоставлена сама себе, то ур-ие движения (29) принимает следующий частный вид:

$$x = \left(x_1 - \frac{fg}{k^2}\right)\cos kt + \frac{fg}{k^2}\,. \qquad (30)$$

Отсюда имеем также выражение для скорости:

$$v = -\left(x_1 - \frac{fg}{k^2}\right) k \sin kt\,. \qquad (30')$$

Скорость v вновь превратится в 0, при условии, что $\sin kt = 0$, т. е. при $kt = \pi$ или $t = \frac{\pi}{k}$. В этот момент x будет иметь след. значение:

$$x_2 = -\left(x_1 - \frac{fg}{k^2}\right) + \frac{fg}{k^2} = -x_1 + 2\frac{fg}{k^2}\,.$$

Т. о. по абсолютному своему значению второй полуразмах x_2 меньше первого полуразмаха x_1 на $2\frac{fg}{k^2}$. При последующем движении точки слева направо уравнение движения будет вида (27'), а вместо ур-ий (30) и (30') будем иметь соответственно:

$$x = \left(-x_2 + \frac{fg}{k^2}\right)\cos kt - \frac{fg}{k^2}\,;$$

$$v = \left(x_2 - \frac{fg}{k^2}\right) k \sin kt\,.$$

Так как скорость v вновь превратится в 0 спустя опять промежуток времени $\frac{\pi}{k}$, то третий полуразмах x_3 будет:

$$x_3 = -\left(-x_2 + \frac{fg}{k^2}\right) - \frac{fg}{k^2} = x_2 - 2\frac{fg}{k^2}, \text{ и т. д.}$$

Из рассмотрения дифер. ур-ия (27') видно, что в своем обратном движении точка опять будет совершать гармоническое К. д., но уже около центра колебания O_2, отстоящего слева от O на расстоянии $\frac{fg}{k^2}$. В своем дальнейшем движении справа налево точка опять совершает гармоническое К. д. около центра O_3, совпадающего с прежним центром O_1, и т. д. Полуразмахи же $x_1, x_2, x_3, \ldots$ по своей абсолютной величине образуют убывающую арифметическую прогрессию, так что

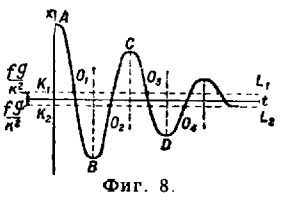
$$x_2 = x_1 - 2\frac{fg}{k^2}\,,$$

$$x_3 = x_2 - 2\frac{fg}{k^2} = x_1 - 4\frac{fg}{k^2}\,,$$

. . . . . .

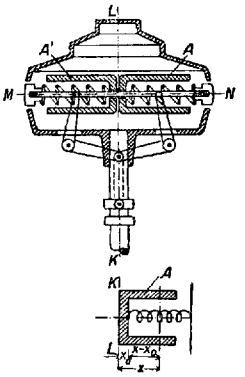
$$x_n = x_{n-1} - 2\frac{fg}{k^2} = x_1 - 2(n-1)\frac{fg}{k^2}\,.$$

Полуразмахи не стремятся стать бесконечно малыми. Движение точки прекратится, если какой-нибудь полуразмах x_r становится по абсолютному своему значению меньше $2\frac{fg}{k^2}$, т. к. в этом случае не может иметь места равенство $x_{r+1} = x_r - 2\frac{fg}{k^2}$ (x_{r+1} и $\frac{fg}{k^2}$ суть положительные величины). Как видно из предыдущего, промежуток времени между положениями точки x_1 и x_3 равен $\frac{2\pi}{k}$; таков же и промежуток времени между положениями точки x_3 и x_5 и т. д. Т. о. период полного колебания будет и в рассматриваемом случае равен $T = \frac{2\pi}{k}$, несмотря на убывание величины размахов. Такое движение называется изохронным. Откладывая значение x по оси ординат, а значения t по оси абсцисс, получаем кривую, представленную на фиг. 8 и состоящую из отдельных частей синусоид AO_1B, BO_2C, CO_3D,..., причем для этих частей центрами симметрии служат O_1, O_2, O_3, O_4,... располагающиеся попеременно на прямых K_1L_1 и K_2L_2, отстоящих с обеих сторон от оси t каждая на расстоянии $\frac{fg}{k^2}$.



Фиг. 8.

В качестве примера рассматриваемого вида движения могут служить движения грузов в регуляторе Гартунга (фиг. 9) во время вращательного движения последнего около своей оси. Пусть конец пружины, прижимающий груз A к грузу A', в спокойном состоянии отстоит от оси вращения KL на расстоянии x_0. Если привести стержень MN в равномерное вращательное движение около вертикальной оси KL, то груз A сожмет пружину. В положении, когда конец пружины отстоит от оси KL на расстоянии x, на груз A действуют следующие силы: центробежная сила $m\frac{v^2}{x} = mx\omega^2$ (где ω—угловая скорость вращения), сила трения о стержень,



Фиг. 9.

равная mgf (где f—коэф. трения), и сила напряжения пружины $\lambda^2(x-x_0)$, где λ^2—фактор пропорциональности между напряжением пружины и ее сжатием $x-x_0$. Т. к. все эти силы действуют по направлению оси стержня MN, к-рую берем за ось X, то уравнение движения груза принимает следующий вид:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = mx\omega^2 - \lambda^2(x-x_0) \pm mgf,$$

или, обозначив $x-x_0$ через ξ,

$$m\frac{d^2\xi}{dt^2} = -(\lambda^2 - m\omega^2)\xi + m(\omega^2 x_0 \pm gf),$$

или

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -(k^2-\omega^2)\xi + (\omega^2 x_0 \pm gf).$$

Таким образом получим дифер. ур-ие, аналогичное (28), вследствие чего грузы регулятора будут совершать движение по вышеприведенному закону.

К. д. под действием силы притяжения, пропорциональной расстоянию, при наличии сопротивления, зависящего от скорости. Во многих физическ. явлениях движение тела встречает со стороны среды, в к-рой движение происходит, сопротивление, являющееся нек-рой ф-ией скорости. Самым простым случаем является при этом тот, когда сопротивление среды прямо пропорционально первой степени скорости. Если в частности иметь в виду сопротивление движению со стороны воздуха, то при не слишком больших скоростях с бо́льшим или меньшим приближением такая прямая пропорциональность в действительности существует. Еще точнее такая прямая пропорциональная зависимость имеет место при движении магнита около медной массы, встречающего при этом сопротивление движению со стороны индуцированных токов. Если на материальную точку действует кроме силы напряжения $F=-\lambda^2 x$ еще и сила сопротивления среды, пропорциональная скорости v, т. е. сила $\Phi=-av$, где a—фактор пропорциональности между Φ и v, а знак минус указывает, что направление силы Φ противоположно направлению v, то диференциальное ур-ие движения будет:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -\lambda^2 x - av, \qquad (31)$$

или, обозначая $\frac{a}{m}$ через $2n$,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2n\frac{dx}{dt} + k^2x = 0. \qquad (32)$$

Если сопротивление среды невелико по сравнению с силою F, то $k>n$, что обычно и имеет место. Положив $x=e^{\beta t}$, найдем те значения β, которые удовлетворяют ур-ию (32), а именно:

$$\beta = -n \pm \sqrt{n^2-k^2}, \qquad (33)$$

или, в предположении, что $k>n$,

$$\beta = -n \pm i\sqrt{k^2-n^2} = -n \pm pi,$$

где $p=\sqrt{k^2-n^2}$. Отсюда имеем общий интеграл дифер. ур-ия (32):

$$x = C_1e^{\beta_1 t} + C_2e^{\beta_2 t} = e^{-nt}\left[C_1e^{ipt} + C_2e^{-ipt}\right], \qquad (34)$$

что при помощи формул Эйлера (6) принимает вид:

$$x = e^{-nt}[C'\sin pt + C''\cos pt], \qquad (35)$$

а скорость

$$v = e^{-nt}[C'p\cos pt - C''p\sin pt] - ne^{-nt}[C'\sin pt + C''\cos pt]. \qquad (35')$$

Если, при $t=0$, $x=0$ и $v=v_0$, то

$$C' = \frac{v_0}{p},\quad C'' = 0,$$

так что ур-ия (35) и (35′) принимают следующий частный вид:

$$x = \frac{v_0}{p}e^{-nt}\sin pt, \qquad (36)$$

$$v = \frac{v_0}{p}e^{-nt}[p\cos pt - n\sin pt]. \qquad (36')$$

Из (36) следует непосредственно, что движение точки будет колебательное с периодом колебания

$$T = \frac{2\pi}{p} = \frac{2\pi}{\sqrt{k^2-n^2}}.$$

Таким образом К. д. и в этом случае изохронно; однако, в то время как при наличии силы трения период колебания точно такой же, как и при соответствующем свободном гармонич. движении, в рассматриваемом случае период T меньше периода свободного колебания. Ур-ие (36) отличается от ур-ия гармонического К. д. лишь фактором e^{-nt}. В начале движения, когда время t еще мало отличается от 0, этот множитель мало отличается от 1, вследствие чего К. д. будет мало отличаться от гармонического; это будет длиться тем дольше, чем сопротивление среды, т. е. коэф-т n, меньше. Но по мере увеличения времени t последующие амплитуды будут все более резко уменьшаться, стремясь к нулю при $t=\infty$. Очевидно ур-ие (36) дает значения последовательных амплитуд при значениях $|\sin pt|=1$, т. е. при значениях $pt=\frac{\pi}{2}$; $\frac{3\pi}{2}$; $\frac{5\pi}{2}$; …; $\frac{(2r-1)\pi}{2}$, или при значениях $t=\frac{\pi}{2p}$; $\frac{3\pi}{2p}$; …; $\frac{(2r-1)\pi}{2p}$. Соответствующие последовательные амплитуды будут следовательно:

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= \frac{v_0}{p}e^{-\frac{n\pi}{2p}} \\ a_2 &= \frac{v_0}{p}e^{-\frac{3n\pi}{2p}} \\ &\cdots\cdots\cdots \\ a_r &= \frac{v_0}{p}e^{-\frac{(2r-1)n\pi}{2p}} \end{aligned}\right\} \qquad (37)$$

Т. о. последовательные амплитуды составляют геометрическ. убывающую прогрессию со знаменателем, равным $e^{-\frac{n\pi}{p}}$. Такое К. д. называется затухающим. Так как

$$\frac{a_{r+1}}{a_r} = e^{-\frac{n\pi}{p}},$$

то, взяв натуральный логарифм от обеих частей последнего равенства, получаем:

$$\ln a_{r+1} - \ln a_r = -\frac{n\pi}{p},$$

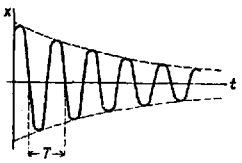
или

$$\ln a_r - \ln a_{r+1} = \frac{n\pi}{p}, \qquad (37')$$

так что натуральные логарифмы двух произвольных последовательных амплитуд отличаются на одну и ту же величину, назы-

ваемую логарифмическим декрементом затухания и равную $\frac{\pi n}{p}$.

Наблюдая за амплитудами колебания, можно легко определить логарифмическ. декремент затухания, а затем и коэф-ты n и a, определяющие величину торможения среды. Откладывая по оси абсцисс время t, а по оси ординат соответствующие значения x, получаем графич. изображение (35), представленное на фиг. 10. В технике К. д. с линейным затуханием рассмотренного типа встречается довольно часто. Примером величины, затухающей по приведенному выше закону, может служить напряжение разряжаемого конденсатора, включенного последовательно в цепь вместе с омическим и индуктивным сопротивлениями. Если C — емкость конденсатора, R — омич. сопротивление, L — коэф. самоиндукции, то напряжение ε у клемм конденсатора определяется в ф-ии времени из дифер. ур-ия:



Фиг. 10.

$$\frac{d^2\varepsilon}{dt^2}+\frac{R}{L}\frac{d\varepsilon}{dt}+\frac{1}{LC}\varepsilon=0, \qquad (38)$$

т. е. из дифер. ур-ия, имеющего вид (32). Сравнивая (38) и (32), получаем:

$$2n=\frac{R}{L};\ k^2=\frac{1}{LC}.$$

Т. к. выше условием для получения К. д. служило наличие неравенства $k>n$, то условием для получения колебательного разряда с переменным напряжением ε служит неравенство;

$$\frac{1}{\sqrt{LC}}>\frac{R}{2L},\ \text{или}\ \frac{4L}{C}>R^2.$$

Если же последнее условие не соблюдено, то разряд апериодический. Все вышеприведенные выводы применимы конечно и к рассматриваемому случаю; так, в частности период колебания разряда равен:

$$T=\frac{2\pi}{p}=\frac{2\pi}{\sqrt{k^2-n^2}}=\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC}-\frac{R^2}{4L^2}}}.$$

Более сложным случаем затухающего К. д. является тот, когда сила сопротивления среды пропорциональна квадрату скорости. Тогда вместо дифер. уравнения (31) имеем:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+2mn\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+k^2mx=0. \qquad (39)$$

Рассматривая $\frac{dx}{dt}$ как нек-рую неизвестную переменную, имеем, интегрируя (39):

$$\frac{dx}{dt}=\sqrt{\frac{k^2}{8n^2}\left(1-4nx+Ce^{-4nx}\right)}. \qquad (40)$$

Если начальные условия движения таковы, что, при $t=0$, $\frac{dx}{dt}=0$, а $x=-a_0$, то

$$C=-e^{-4na_0}(1+4na_0),$$

так что вместо ур-ия (40) имеем:

$$\frac{dx}{dt}=\sqrt{\frac{k^2}{8n^2}\left[1-4nx-e^{-4n(x+a_0)}(1+4na_0)\right]}. \qquad (40')$$

Следующую за $-a_0$ амплитуду a_1 получим из (40'), приравняв левую часть ур-ия нулю и заменив x через a_1. Таким образом получается трансцендентное уравнение

$$0=\sqrt{\frac{k^2}{8n^2}\left[1-4na_1-e^{-4n(a_1+a_0)}(1+4na_0)\right]}, \qquad (41)$$

к-рое м. б. решено относительно a_1 лишь методом постепенного подбора значений a_1. Если же разложить правую часть (41) в ряд и отбросить члены, содержащие a_0 или a_1 в степени выше третьей, то получается следующая приближенная формула:

$$a_1=a_0\left(1-\frac{8n}{3}a_0\right)$$

или в общем виде:

$$a_r=a_{r-1}\left(1-\frac{8n}{3}a_{r-1}\right). \qquad (41')$$

Из (41') видно, что уменьшение амплитуды составляет тем меньшую долю предшествующей амплитуды, чем меньше величина последней. Полный период колебания равен

$$T=\int_{-a_0}^{+a_1}\frac{dx}{\sqrt{\frac{k^2}{8n^2}\left[1-4nx-e^{-4n(x+a_0)}(1+4na_0)\right]}}.$$

Вынужденные К. д. Если на материальную точку помимо вышеприведенных сил действует еще сила θ, линия действия к-рой совпадает с линией действия прежних сил и величина к-рой есть нек-рая периодич. функция времени t, то упомянутые выше результирующие движения точки будут этой силой периодически изменяться, вследствие чего сила θ носит название возмущающей силы. Чаще всего величина силы θ берется в виде следующей функции от t: $\theta=K\sin\eta t$. В зависимости от того, какие из прежних сил F, Q, T и Φ приложены одновременно к материальной точке помимо θ, могут представиться различные случаи, из которых рассмотрим лишь два следующих.

а) Вынужденное К. д. при наличии одной лишь силы притяжения, пропорциональной расстоянию. Если на точку действует кроме θ лишь одна сила $F=-\lambda^2x$, то дифер. уравнение движения имеет следующий вид:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+\lambda^2x=K\sin\eta t, \qquad (42)$$

или, если обозначить $\frac{K}{m}$ через l:

$$\frac{d^2x}{dt^2}+k^2x=l\sin\eta t. \qquad (43)$$

Для того чтобы проинтегрировать (43), можно поступить след. обр.: взяв производные два раза по t от обеих частей (43), т. е.

$$\frac{d^4x}{dt^4}+k^2\frac{d^2x}{dt^2}=-l\eta^2\sin\eta t, \qquad (44)$$

и умножив обе части (43) на η^2, сложим полученный результат с равенством (44). Тогда получим:

$$\frac{d^4x}{dt^4}+(k^2+\eta^2)\frac{d^2x}{dt^2}+k^2\eta^2x=0. \qquad (45)$$

Характеристич. ур-ие для дифер. ур-ия (45), т. е. ур-ие

$$\varrho^4+(k^2+\eta^2)\varrho^2+k^2\eta^2=0,$$

имеет корни $\varrho=\pm\eta i$ и $\varrho=\pm ki$. Т. о. общий интеграл дифер. ур-ия (43) будет

$$x=C_1e^{+\eta it}+C_1'e^{-\eta it}+C_2e^{+kit}+C_2'e^{-kit},$$

что может быть при помощи приведенных формул Эйлера (6) представлено еще и в следующем виде:

$$x = A_1 \sin(\eta t + \gamma_1) + A_2 \sin(kt + \gamma_2). \quad (46)$$

Это и есть ур-ие движения точки в ее результирующем движении. Как видно из (46), результирующее движение состоит из двух составляющих гармонических К. д., а именно: К. д. $\xi_1 = A_1 \sin(\eta t + \gamma_1)$, вызываемого наличием возмущающей силы θ и называемого вынужденным колебанием, и собственного К. д. точки $\xi_2 = A_2 \sin(kt + \gamma_2)$, вызываемого наличием силы F. Период первого колебания T_1, совпадающий с периодом силы θ, равен $\frac{2\pi}{\eta}$, а период второго колебания $T_2 = \frac{2\pi}{k}$. Из четырех постоянных ур-ия (46), A_1, γ_1, A_2, γ_2, лишь последние два определяются начальными условиями движения, первые же два определяются из предыдущих данных след. обр.: из (46) имеем:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -A_1\eta^2 \sin(\eta t + \gamma_1) - A_2 k^2 \sin(kt + \gamma_2); \quad (47)$$

подставив (47) и (46) в (43), получаем:

$$A_1(k^2 - \eta^2) \sin(\eta t + \gamma_1) = l \sin \eta t.$$

Так как последнее ур-ие должно удовлетворяться при всех значениях t и при постоянных A_1 и γ_1, то это требование возможно лишь при $\gamma_1 = 0$ и $A_1(k^2 - \eta^2) = l$, т. е. при $\gamma_1 = 0$ и $A_1 = \frac{l}{k^2 - \eta^2}$. Ур-ия результирующего движения (46) и вынужденного движения принимают при этом следующий вид:

$$x = A_2 \sin(kt + \gamma_2) + \frac{l}{k^2 - \eta^2} \sin \eta t, \quad (48)$$

$$\xi_1 = \frac{l}{k^2 - \eta^2} \sin \eta t. \quad (49)$$

Если период T_2 возмущающей силы θ совпадает с периодом T_1 собственных колебаний, т. е. если $k = \eta$, то, как видно из (48), x принимает бесконечно большое значение. В этом случае говорят, что имеется явление резонанса. Если η становится больше k, то ξ_1 имеет знак, противоположный знаку ξ_2, т. е., другими словами, у свободного и вынужденного колебаний имеется сдвиг фаз, равный половине полного периода.

б) Вынужденные К. д. при наличии сопротивления среды. Если на материальную точку, кроме сил F и θ, действует еще сила сопротивления среды, пропорциональная 1-й степени скорости, т. е. сила $\varphi = -av$, то дифер. уравнение движения принимает вид:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + a\frac{dx}{dt} + \lambda^2 x = K \sin \eta t, \quad (50)$$

или

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2n\frac{dx}{dt} + k^2 x = l \sin \eta t. \quad (51)$$

Т. к. дифер. ур-ие (51) отличается от (32) тем, что в правой части (51) вместо 0 стоит выражение $l \sin \eta t$, то, найдя частный интеграл (51) и прибавив его к общему интегралу (32), найдем общий интеграл (51). Для этого, положив

$$x = p \sin \eta t + r \cos \eta t, \quad (52)$$

найдем такие значения для p и r, к-рые, будучи подставлены в (52), дали бы x, удовлетворяющий (51). Для последней цели имеем из (52):

$$\left.\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= p\eta \cos \eta t - r\eta \sin \eta t \\ \frac{d^2x}{dt^2} &= -p\eta^2 \sin \eta t - r\eta^2 \cos \eta t \end{aligned}\right\} \quad (53)$$

что после подстановки в (51) дает:

$$\sin \eta t\,(-p\eta^2 - 2nr\eta + k^2 p - l) + \cos \eta t\,(-r\eta^2 + 2np\eta + k^2 r) = 0,$$

или

$$p\eta^2 + 2nr\eta - k^2 p + l = 0,$$
$$r\eta^2 - 2np\eta - k^2 r = 0,$$

откуда

$$\left.\begin{aligned} r &= \frac{2n\eta l}{(k^2 - \eta^2)^2 + 4n^2\eta^2} \\ p &= \frac{(k^2 - \eta^2)\, l}{(k^2 - \eta^2)^2 + 4n^2\eta^2} \end{aligned}\right\} \quad (54)$$

Общий интеграл принимает при этих значениях p и r следующий вид:

$$x = e^{-nt}(C_1 \sin pt + C_2 \cos pt) + (p \sin \eta t + r \cos \eta t),$$

или

$$x = e^{-nt} A_2 \sin(pt + \gamma_2) + A_1 \sin(\eta t + \gamma_1), \quad (55)$$

причем на основании (11) и (11′)

$$\left.\begin{aligned} A_2 &= \sqrt{C_1^2 + C_2^2};\ A_1 = \sqrt{p^2 + r^2} \\ \operatorname{tg}\gamma_2 &= \frac{C_2}{C_1};\ \operatorname{tg}\gamma_1 = \frac{r}{p} \end{aligned}\right\} \quad (56)$$

Из (55) видно, что результирующее движение состоит из одного затухающего колебания с убывающею амплитудою $e^{-nt} \cdot A_2$ и вынужденного колебания с амплитудою A_1. Подставляя в (55) значения p и r из (54) и произведя необходимые преобразования, получаем следующее значение для последней амплитуды:

$$A_1 = \frac{l}{\sqrt{(k^2 - \eta^2)^2 + 4n^2\eta^2}}.$$

Отсюда, видно, что, по мере приближения значений η к значению k, A_1 все возрастает и при резонансе, т. е. при $\eta = k$, достигает своего максимума, равного $\frac{l}{2n\eta}$. Чем меньше при этом n, т. е. чем меньше сопротивление среды, тем больше амплитуда A_1. При $n = 0$ мы получаем такой резонанс, как в предшествующем случае при отсутствии силы Φ. Примером для рассмотренного случая колебаний может служить изменение силы тока, протекающего в электрич. цепи, в к-рую последовательно включены: конденсатор емкостью C, индуктивн. сопротивление с коэфициентом самоиндукции L, омич. сопротивление R и источник тока с синусоидальным изменением напряжения $e = E \sin \omega t$. Дифер. ур-ие изменения силы тока i имеет при этом следующий вид:

$$L\frac{d^2i}{dt^2} + R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}i = E \sin \omega t,$$

или

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{di}{dt} + \frac{1}{CL}i = \frac{E}{L} \sin \omega t,$$

т. е. получаем дифер. ур-ие, аналогичное (51), так что все полученные выше выводы будут применимы к закону изменения i, если положить

$$2n = \frac{R}{L};\ k^2 = \frac{1}{CL};\ l = \frac{E}{L}.$$

В более общем случае возмущающая сила θ может быть нек-рой произвольной периодич.

ф-ией времени t, так что дифер. ур-ие (45) принимает вид:

$$E(x) = \theta(t), \qquad (57)$$

где $E(x)$ представляет собой левую часть ур-ия (42), а $\theta(t)$ данную функцию θ. Если $\theta(t)$ есть сумма периодич. функций времени $\theta_1(t), \theta_2(t), \ldots, \theta_n(t)$, то, найдя частные интегралы $I_1, I_2, \ldots, I_n$ из дифер. ур-ий $E(x) = \theta_1(t)$; $E(x) = \theta_2(t)$; ...; $E(x) = \theta_n(t)$, получим общий интеграл уравнения (57) в виде $I = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$, что и определяет сложное К. д., вызванное одновременным действием эластичной силы F и данной периодич. силы θ. Если в частности каждая из составляющих периодическ. сил θ имеет вид, аналогичный правой части (42), т. е.

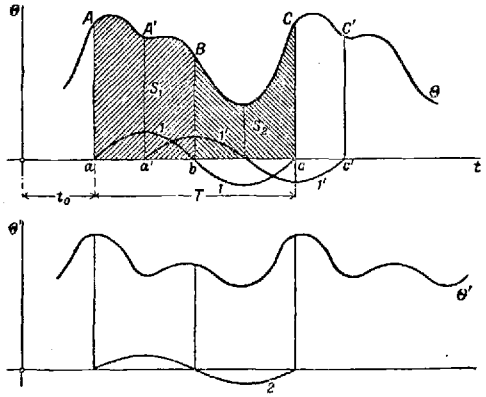
$$\theta_\nu = K_\nu \sin \eta_\nu t \ \ldots \ (\nu = 1, 2, \ldots, n), \qquad (58)$$

то соответствующий интеграл I_ν имеет вид, аналогичный (46), т. е.

$$x = A_\nu \sin(\eta_\nu t + \gamma_\nu) + A'_\nu (k_\nu t + \gamma'_\nu),$$

что показывает, что каждая из составляющих сил θ_ν будет вызывать нек-рое вынужденное колебание $A_\nu \sin(\eta_\nu t + \gamma_\nu)$.

Исследование К. д. упругих тел (в частности частей машин или тел, соединенных с последними), находящихся под воздействием



Фиг. 11.

периодич. сил, имеет во многих областях техники громадное значение (вибрации поршневых двигателей, колебания мостов, колебания фундаментов машин и т. п.). Допустим, что кривая ABC (фиг. 11) есть периодич. кривая, выражающая функциональную зависимость θ от t, причем $T = ac$ есть период полного изменения силы θ. Пусть, далее, сила θ действует на упругое тело (или на часть нек-рого упругого тела), имеющее период собственных колебаний, равный также T. Площадь S, ограниченная частью ABC кривой, ординатами Aa и Cc и осью абсцисс, представляет собою полный импульс силы θ в промежутке от $t = t_0$ до $t = t_0 + T$, т. е.

$$S = \int_{t_0}^{t_0+T} \theta(t)\, dt.$$

Рассматриваемое упругое тело может под действием силы θ совершать гармоническое К. д., представленное синусоидой 1, с периодом $= T$, поглотить при этом импульс силы, равный разности площадей $S_1 - S_2$, где S_1—площадь, ограниченная частью AB кривой, ординатой Aa, ординатой Bb, проходящей через середину b отрезка ac, и осью абсцисс, а S_2—аналогичная площадь $BCcb$. Уравнение кривой 1 может быть представлено в виде:

$$A = A_1(\sin \eta_1 t + \gamma_1) = A_1 \sin(\alpha + \gamma_1) = A_1 \sin\left[\frac{2\pi}{T}(t - t_0)\right]. \qquad (59)$$

Сдвинув ординаты Aa и Bb на четверть периода, найдем аналогичным способом новую кривую 1′ возможного гармонического К. д. тела с тем же периодом T, но имеющего ур-ие

$$A' = A'_1 \sin\left(\eta_1 t + \frac{\pi}{2} + \gamma_1\right) = A'_1 \cos(\alpha + \gamma_1) = A'_1 \sin\left[\frac{2\pi}{T}\left(t + \frac{T}{4} - t_0\right)\right]. \qquad (60)$$

Результирующее же К. д. будет иметь ур-ие

$$P = A_1 \sin(\alpha + \gamma_1) + A'_1 \cos(\alpha + \gamma_1), \qquad (61)$$

что может быть приведено к виду:

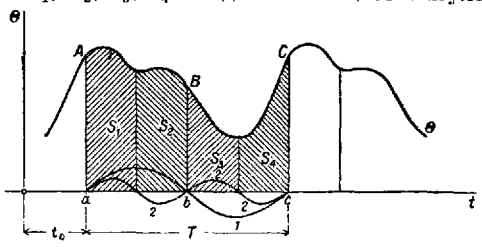
$$P = P_1 \sin(\alpha + \gamma'_1). \qquad (62)$$

Так. обр. из данной периодич. кривой θ м. б. выделено в зависимости от γ_1 или t_0 какое угодно число гармонич. кривых (гармоник) периода T, выражающих возможные колебания упругого тела. При нек-ром определенном значении γ_1 амплитуды A_1 и A'_1 достигнут максимальных размеров, что будет иметь место при равенстве ординат, проходящих через t_0 и $t_0 + T/2$. Максимальная величина P_1 определяется равенством:

$$P^2_{1_{max}} = A^2_{1_{max}} + A'^2_{1_{max}}.$$

Вычитая далее из ординат данной кривой θ соответствующие ординаты гармонич. кривой 1, получим новую периодич. кривую θ', выражающую остаточную периодическ. силу, к-рая может в свою очередь вызвать К. д. 2, определяемое так же, как и выше.

Данная периодич. сила θ может вызвать также гармонич. колебания с периодом $T/2$. Для выделения соответствующей кривой 2 (фиг. 12) разделим $ac = T$ на четыре равные части и, проведя через точки деления ординаты, разделим площадь S на четыре части S_1, S_2, S_3, S_4. К. д. 2 поглощает импульс



Фиг. 12.

силы, равный разности площадей $(S_1 + S_3) - (S_2 + S_4)$, а уравнение кривой 2 будет иметь вид, аналогичный (59), а именно:

$$A = A_2 \sin 2(\alpha + \gamma_2) = A_2 \sin\left[\frac{2\pi}{\frac{T}{2}}(t - t_0)\right]. \qquad (63)$$

Передвинув затем ординаты на четверть периода, получим еще одно возможное К. д. с периодом $T/2$, уравнение которого будет:

$$A' = A'_2 \cos 2(\alpha + \gamma_2). \qquad (64)$$

Ур-ие же результирующей кривой с периодом $T/2$ будет:

$$P = A_2 \sin 2(\alpha + \gamma_2) + A'_2 \cos 2(\alpha + \gamma_2) = P_2 \sin 2(\alpha + \gamma'_2). \qquad (65)$$

Как и выше, в зависимости от γ_2 м. б. выделено любое число К. д. с периодом $T/2$.

Обобщая сделанные выводы, можно прийти к заключению, что данная периодич. сила θ может в упругом теле вызвать любое число К. д. с периодами $\frac{T}{n}$, где $n=1, 2, 3, \ldots$, причем уравнения кривых К. д. имеют вид:

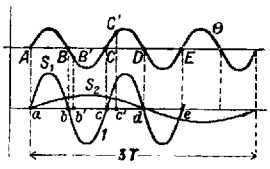
$$P = A_n \sin n(\alpha+\gamma_n) + A'_n \cos n(\alpha+\gamma_n) = P_n \sin n(\alpha+\gamma'_n). \quad (66)$$

При аналитич. исследовании вопросов, связанных со сложными периодич. К. д., особенно крупное значение имеет разложение данной периодич. функции в ряд Фурье, основывающееся на том, что всякая периодич. ф-ия $f(t)$, не имеющая в интервале 2π бесконечно много максимумов и минимумов и принимающая бесконечно большие значения, сохраняя конечной площадь $\int_{-\pi}^{+\pi} f(t)\,dt$, м. б. представлена рядом:

$$A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin n(\omega t+\gamma) + \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cos n(\omega t+\gamma).$$

Об аналитич., графич. и механич. способах разложения $f(t)$ см. *Фурье теорема* и *Гармонический анализ*.

Нетрудно видеть, что сила, изменяющаяся по закону какой-либо периодич. кривой периода T, не может вызвать колебаний с периодами $2T$, $4T$, $6T$ и т. д. В самом деле: возьмем для простоты синусоидальную периодическую силу θ, имеющую период $T = ac$ (фиг. 13). Очевидно, сила θ может вызвать колебание того же периода T, причем К. д. поглотит импульс, равный разности площадей $S_1 - S_2$. Взяв для К. д. период $ac' > ac$ и разделив его в точке b' пополам, получим, проведя соответствующие ординаты $B'b'$ и $C'c'$, площади S'_1 и S'_2, причем $S'_1 - S'_2 < S_1 - S_2$. Легко заметить, что, чем больше период К. д. приближается к величине $ae = 2T$, тем меньше будет становиться соответствующая разность площадей, т. е. поглощаемый импульс, и что при периоде, равном $ae = 2T$, этот импульс превращается в нуль, т. е. К. д. периода $2T$ возникнуть не может, точно так же, как и периодов $4T$, $6T$ и т. д. Наоборот, при периоде, равном $3T$, $5T$ и т. д., разность площадей $S_1 - S_2$, вместе с тем и поглощаемый К. д. импульс, достигают своего максимума. На основании этих соображений периодическ. сила $\theta(t)$ периода T может быть разложена в следующий ряд Фурье:

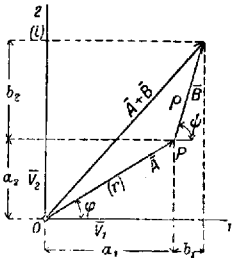


Фиг. 13.

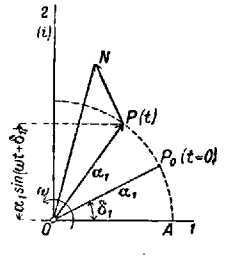
$$\theta(t) = \sum_{n=1}^{\infty}(A_n - \tfrac{1}{3}A_{3n} - \tfrac{1}{5}A_{5n} - \ldots)\sin n(\omega t+\gamma) + \sum_{n=1}^{\infty}(A'_n - \tfrac{1}{3}A'_{3n} - \tfrac{1}{5}A'_{5n} - \ldots)\cos n(\omega t+\gamma),$$

где $A_n, A_{3n}, \ldots, A'_n, A'_{3n}, \ldots$ суть амплитуды тех К. д. порядков n, $3n$, $5n, \ldots$, к-рые м. б. вызваны в упругом теле силой $\theta(t)$.

Векторно-комплексный способ представления К. д. Кроме аналитич. и графическ. способов представления К. д. существует еще векторно-комплексный способ представления их, заключающийся в основном в следующем. Допустим, что в плоскости, проходящей через два взаимно перпендикулярных компланарных вектора $\boldsymbol{V}_1$ и $\boldsymbol{V}_2$ (фиг. 14а) имеется еще вектор $\boldsymbol{A}$, проекции которого по направлениям $\boldsymbol{V}_1$ и $\boldsymbol{V}_2$ суть a_1 и a_2. Пусть ось *1*, совпадающая с направлением $\boldsymbol{V}_1$, есть графич. представление всех действительных чисел, а ось



Фиг. 14а.



Фиг. 14б.

2, совпадающая с направлением $\boldsymbol{V}_2$, есть графич. представление всех возможных мнимых чисел. Т. о. вектор $\boldsymbol{A}$ м. б. представлен комплексным числом $a = a_1 + a_2 i$. Обозначая числен. значение вектора $\boldsymbol{A}$ через r (модуль вектора $\boldsymbol{A}$), а угол между $\boldsymbol{A}$ и осью *1* через φ, имеем: $a_1 = r\cos\varphi$, $a_2 = r\sin\varphi$, так что

$$a = r(\cos\varphi + i\sin\varphi), \quad (67)$$

что на основании формул Эйлера (6) может быть представлено также в виде

$$a = re^{i\varphi}. \quad (68)$$

Нетрудно видеть, что если имеется кроме $\boldsymbol{A}$ еще другой вектор $\boldsymbol{B}$, комплексное выражение к-рого есть $b = b_1 + ib_2$, то комплексное выражение вектора суммы $\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B}$ будет равно алгебраич. сумме комплексных выражений слагаемых векторов, т. е. равно $a+b = (a_1+b_1)+i(a_2+b_2)$. Если b представить в виде $b = \varrho e^{i\psi}$, то алгебраическ. произведение ab представит новый вектор $ab = r\varrho e^{i(\varphi+\psi)}$, модуль к-рого равен $r\varrho$, а угол, образованный им с осью *1*, равен $\varphi+\psi$. Если в частности $\psi=0$, то вектор a при умножении лишь удлиняется в ϱ раз, сохраняя свое направление, если же $\varrho=1$, то вектор поворачивается лишь на угол ψ, сохраняя свою величину. В более общем случае имеем:

$$a^m = r^m e^{im\varphi} = r^m(\cos m\varphi + i\sin m\varphi). \quad (69)$$

Рассмотренный способ изображения векторов удобен при исследовании периодическ. колебаний, разлагаемых в ряд Фурье. Основное колебание $\xi_1 = a_1\sin(\omega t+\delta_1)$ м. б. представлено след. образ.: отрезок $OP = a_1$ (фиг. 14б) вращается с постоянною угловою скоростью ω вокруг O, так что в момент t угол между OP и осью *1* равен $\omega t+\delta_1$, если в момент $t=0$ вращающийся отрезок отстоял от оси *1* на угол δ_1. Проекция же OP на ось *2* равна $a_1\sin(\omega t+\delta_1)$. Так. обр. колебание ξ_1 может рассматриваться как изменение мни-

мой части вектора, представленного комплексным числом $a_1 e^{i(\omega t+\delta_1)}$. Другое, синхронное с первым, колебание

$$x_1 = \beta_1 \sin(\omega t+\gamma_1)$$

может быть также представлено как изменение мнимой части комплексного числа $\beta_1 e^{i(\omega t+\gamma_1)}$, представляющего нек-рый другой вектор. Сумма рассматриваемых двух колебаний

$$a_1 \sin(\omega t+\delta_1)+\beta_1 \sin(\omega t+\gamma_1)$$

может т. о. рассматриваться как новое результирующее колебание, представленное изменением мнимой части комплексн. числа

$$a_1 e^{i(\omega t+\delta_1)}+\beta_1 e^{i(\omega t+\gamma_1)} = a e^{i(\omega t+b)},$$

Если $\overline{OP}$ есть вектор, представленный первым комплексным числом, а $\overline{PN}$—вектор, представленный вторым, то $\overline{ON}=\overline{PN}+\overline{OP}$ есть вектор, представленный $a e^{i(\omega t+b)}$, так что весь процесс сложения двух данных колебаний м. б. рассматриваем как изменение проекции вращающегося с постоянною угловою скоростью ω около O треугольника OPN на ось мнимых количеств. Если составляющие колебания синхронны, то множитель $e^{i\omega t}$ м. б. опущен, и тогда тр-к OPN неподвижен в пространстве. Чтобы получить мгновенные значения как слагаемых, так и результирующего колебаний, нужно проектировать неподвижный тр-к OPN на прямую, вращающуюся около O с постоянною угловою скоростью $-\omega$, т. е. в обратном по отношению к первому направлению. Т. обр. получается т. наз. д и а г р а м м а к о л е б а н и й. Диаграммы колебаний более сложных видов применяются особенно часто в электротехнике (см. *Генератор переменного тока*, *Индукционные машины*).

Как легко усмотреть, все дифер. уравнения разобранных выше случаев К. д. представляют собою частные случаи следующего линейного дифер. ур-ия 2-го порядка:

$$A_0(x,t)\frac{d^2x}{dt^2}+A_1(x,t)\frac{dx}{dt}+A_2(x,t)x+ +A_3(x,t)=0, \qquad (70)$$

где коэфициенты A_0, A_1, A_2 и A_3—ф-ии от x и t. Во всех рассмотренных выше случаях эти коэф-ты были величинами постоянными. При $A_1=A_3=0$ получается вид дифер. ур-ия (4), при $A_3=0$ получается вид дифер. ур-ия (31) и т. д. При более сложных случаях К. д. получаются однако дифер. ур-ия более общего вида (70). Аналитич. методы интегрирования дифер. ур-ий вида (70) довольно сложны и потому для практич. надобностей весьма мало пригодны. Гораздо более быстрые результаты с достаточной для практики степенью точности дают графические методы интегрирования дифер. ур-ий, приводимых к рассматриваемому виду или даже к еще более общему виду:

$$F\left(\frac{d^2x}{dt^2}, \frac{dx}{dt}, x, t\right)=0,$$

лишь бы последние были разрешимы относительно $\frac{d^2x}{dt^2}$, т. е. представляемы в виде:

$$\frac{d^2x}{dt^2}=f\left(\frac{dx}{dt}, x, t\right). \qquad (71)$$

Из графич. методов интегрирования дифер. ур-ий рассматриваемых видов укажем в общих чертах на следующий метод. Пусть имеются следующие начальные условия движения точки: при $t=t_1$, $x=x_1$ и $v=v_1$, т. е. $\frac{dx}{dt}=x_1'$. По отношению к двум взаимно перпендикулярным осям x и t (фиг. 15) эти начальные условия движения определяют некоторую точку A_1 и нек-рое направление d_1. Из ур-ия (71) имеем:

$$x_1''=f(x_1', x_1, t_1),$$

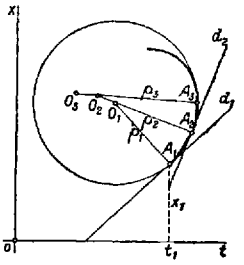
а из известного соотношения

$$\varrho=\frac{\sqrt{(1+x'^2)^3}}{x''},$$

где ϱ — радиус кривизны кривой $x=x(t)$, имеем радиус кривизны ϱ_1 искомой кривой в точке A_1, а именно:

$$\varrho_1=\frac{\sqrt{(1+x_1'^2)^3}}{x_1''}.$$

Зная ϱ_1 и направление d_1, найдем соответствующий центр кривизны O_1, т. к. $O_1A_1=\varrho_1$ перпендикулярен к d_1. Проведя из O_1 радиусом ϱ_1 соприкасающуюся окружность и взяв на этой же окружности достаточно малую дугу A_1A_2, получим точку A_2, которая приблизительно будет находиться на искомой кривой и которой будут соответствовать новые значения x_2 и t_2 и новое направление x_2'. Поступая по отношению к точке A_2 точно так же, как и по отношению к A_1, получим новую точку A_3,



Фиг. 15.

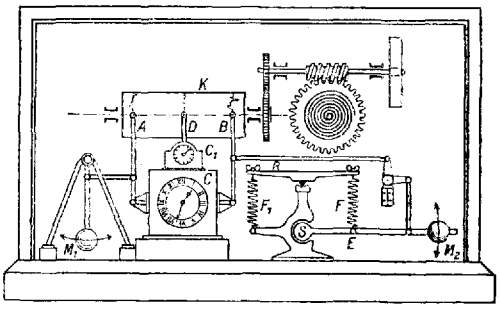
и т. д. Т. о. можно искомую кривую $x=x(t)$ определить с любой степенью точности как состоящую из отдельных малых дуг, принадлежащих различным соприкасающимся окружностям.

К. д. в р а з л и ч н ы х о б л а с т я х т е х н и к и. К. д., обнимающие почти все области техники, м. б. подразделены на К. д. с одной степенью свободы и К. д. со многими степенями свободы (см. *Механика теоретическая*). К первой категории относятся напр. колебания фундаментов под влиянием К. д. машин, колебания быстро вращающихся валов, колебания кручения быстро и медленно вращающихся валов, движения автоматич. клапанов в поршневых насосах и т. д. К К. д. с несколькими степенями свободы относятся напр. колебания двойных маятников, центробежных регуляторов, маятниковых тахометров, инерционных регуляторов, турбинных регуляторных систем, рулевых механизмов судов и т. п. Исследования К. д. имеют особенно существенное значение при движении судов, паровозов, аэропланов, при явлениях движения волчков, при исследовании жироскопич. сил и т. д. В теории упругости особенно важное значение имеет исследование колебаний струн, эластичных пластин (мембран), продольных и поперечных колебаний стержней. В строительном деле исследуются вопросы, связанные с колебаниями мостов, фундаментов, башен, маяков

и т. п. В областях, связанных с исследованием деталей машин, рассматриваются колебания различных пружин и рессор. Большую роль играет исследование К. д. в гидравлике, в особенности при установлении законов движения волн и образования вихрей, движения жидкости в трубопроводах и в сообщающихся сосудах и в частности в гидравлич. машинах и т. п. Крупное прикладное значение имеет исследование колебаний пара в соплах паровых турбин. Аналогичные проблемы возникают при исследовании законов движения газов и паров в трубопроводах. Фундаментальное значение имеют К. д.в акустике, базирующейся целиком на установлении законов К.д.воздушной среды. С этими же проблемами связаны и вопросы строительной акустики, теории музыки, конструирования музыкальных и акустических инструментов и т. п. Громадная область прикладной и теоретич. электротехники, теория электромагнитных колебаний, теории квант и новейших статисич. и волновой механики целиком базируются на исследовании вопросов, связанных с видом К. д., и наконец в таких областях, как физиология, биология и метеорология, исследования К. д. имеют крупное значение.

Методы и приборы для непосредственных измерений механических К. д. могут быть подразделены различным образом в зависимости от точки зрения. Так напр. с точки зрения областей применения их можно подразделить на следующие группы: 1) сейсмометрические в широком смысле слова—измеряющие либо колебания эластичных, но неподвижных в целом систем, либо колебания систем, находящихся в движении (землетрясения, колебания почвы, колебания фундаментов машин, колебания судов, мостов, ферм, К. д. поездов, аэропланов и т. п.); 2) измеряющие переменные механич. воздействия (напряжения в частях мостов, судов, аэропланов, кручение валов и т. п.); 3) индикаторные (индикаторы паровых машин и двигателей внутрен. сгорания, измерения колебательных давлений жидкостей и газов и т. п.); 4) приборы общего машиностроения (техника синхронизирования, равномерность хода ременных и зубчатых передач и т. п.); 5) акустические—связанные с измерением звуковых колебаний; 6) физиологические и биологические—измеряющие колебания в живых организмах. По роду регистрации К. д. их можно подразделить на механически, оптически и электрически регистрирующие. К сейсмометрическим приборам, в широком смысле слова, принадлежат в первую очередь приборы, измеряющие колебания почвы: сейсмографы и клинографы (см. *Сейсмология*).

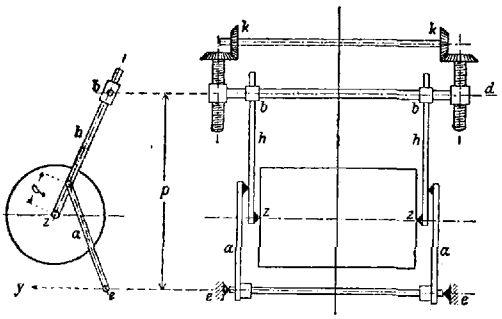
Для измерения колебаний судов применяется паллограф О. Шлика, конструкция которого в основе состоит из следующих частей: 1) приспособления, регистрирующего вертикальные колебания, 2) приспособления, регистрирующего горизонтальные колебания, 3) часового механизма, приводящего в движение цилиндр с полоской бумаги и отмечающего на ней промежутки времени, и 4) регистрирующей части. Схема упомянутого паллографа О. Шлика представлена на фиг. 16. Горизонтальные колебания судна вызывают колебания горизонтального маятника M_1, а вертикальные—колебания вертикального маятника M_2 (см. *Маятник*). Относительные смещения грузов маятников передаются при помощи системы рычажков пишущим штифтам A и B, наносящим соответствующие кривые на полоску бумаги, приводящейся в движение цилиндром K при помощи часового механизма C. Третий штифт D, находящийся под воздействием часового механизма C_1, отмечает на полоске бумаги интервалы времени. Так как маятники наряду с вынужденными колебаниями имеют еще и собственные периоды колебаний, могущие исказить истинный характер регистрированных колебаний, то особенно важно придать прибору такую конструкцию, при которой достигались бы по



Фиг. 16.

возможности значительные периоды собственных колебаний, и иметь кроме того возможность регулировать эти колебания. У вертикального маятника первая цель достигается след. образом. Маятник, вращающийся около оси S, опирается в точке E на конец вертикальной пружины F, причем точка E лежит ниже обычного горизонтального положения оси стержня маятника. В зависимости от расстояния точки E от оси стержня м. б. получен больший или меньший период собственных колебаний. В паллографе точка опоры E м. б. смещена в желаемом направлении. Вертикальный маятник паллографа снабжен двумя пружинами F и F_1, соединенными рычагом R с целью уменьшения вертикальных размеров прибора и возможности случайных смещений оси пружины. Обычная частота колебаний вертикального маятника прибора Шлика равна 20 в минуту; при этом прибор в состоянии правильно регистрировать колебания с частотой до 40 в мин. Горизонтальный маятник состоит из тяжелого металлическ. цилиндра (фиг. 17), подвешенного горизонтальной своей осью zz к двум стержням h и h, могущим перемещаться во втулках b и b. С другой стороны, эти стержни могут вращаться на цапфах, укрепленных на стержнях a, a. Втулки b, b соединены между собой горизонтальным стержнем, могущим вращаться вокруг оси d. Последняя при помощи конич. зубчаток k, k может приподниматься или опускаться. Период собственных колебаний T горизонтального маятника зависит от величины $H = p + q - r$, где p—рас-

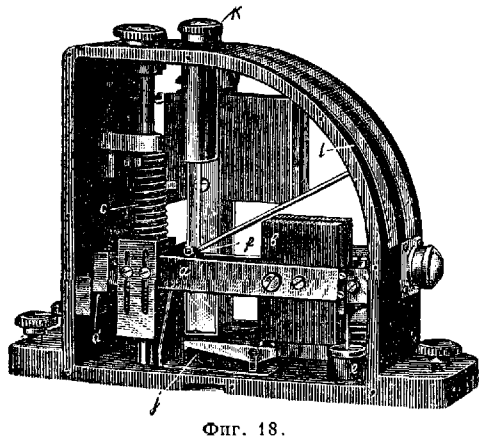
стояние от оси вращения d до оси ee, q—расстояние от цапфы вдоль стержня h до оси zz, r—длина стержней a, причем при $H=0$ период T становится бесконечно большим. Изменяя указанным способом величину p,



Фиг. 17.

можно изменять и величину T. В приборе Шлика (фирмы H. Maihak, Hamburg) м. б. достигнут период колебаний горизонтального маятника до 1,25 ск.

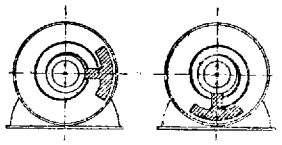
Измерители колебаний Шенка сконструированы отдельно для горизонтальных и вертикальных колебаний. На фиг. 18 представлен измеритель вертикальных колебаний Шенка (фирмы Karl Schenk, Darmstadt). В основном прибор состоит из рычага a, снабженного грузом b и притягиваемого пружиною c, натяжение к-рой м. б. желаемым образом отрегулировано. Подшипник маятникового рычага, находящийся в d, сконструирован так, что позволяет вращаться рычагу почти без трения. Для аннулирования вредного влияния собствен. колебаний маятника имеется в e жидкостное амортизирующее приспособление, вследствие чего собственные колебания маятника почти апериодичны. Наблюдения за колебаниями производятся непосредственно при помощи вращающегося зеркальца f, соединенного со стержнем a при помощи легкой алюминиевой рычажной системы j. От источника k падает на



Фиг. 18.

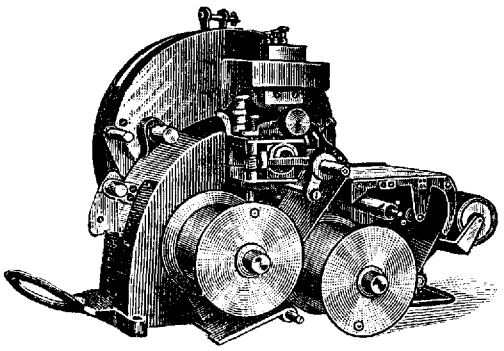
зеркальце световой луч, отражаемый на прозрачную шкалу l. При отсутствии колебаний луч отмечается на нулевом делении шкалы светящейся точкой; при наличии же регистрируемых колебаний получается вместо точки светящаяся полоса, середина которой находится на нулевом делении шкалы. Аналогичную конструкцию имеет измеритель Шлика для горизонтальных колебаний. В новейшем измерителе колебаний Майгака система подвеса тяжелой массы так сконструирована, что получается маятник, в котором скомбинированы свойства как горизонтального, так и вертикального маятников. При помощи этого измерителя колебаний имеется возможность регистрировать колебания, происходящие в любой плоскости, для чего весь прибор вместе с регистрирующей частью может быть повернут либо вокруг своей продольн. оси либо вокруг вертикальной оси. Частота собственных колебаний может быть отрегулирована в пределах от 15 до 65 в минуту.

Целый ряд измерителей колебаний, к-рые не совсем правильно называют измерителями ускорений, пользуются в основном вместо маятников плоскими эластичными пластинками, закрепленными одним своим концом и снабженными на другом конце привеском (измерители колебаний Голицына, Майгака и др.). В частности к таким приборам принадлежит измеритель колебаний Коллина (фирмы Cambridge Instrument Co.), к-рый, подобно измерителю Майгака, способен в зависимости от своего положения измерять колебания, происходящие как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Однако вследствие большой частоты собственных колебаний и сравнительно небольшой чувствительности аппарат может применяться лишь при регистрации больших колебаний, напр. колебаний вагонов. В зависимости от этого обстоятельства аппарат должен, в отличие от предыдущих аппаратов, не увеличивать амплитуды регистрируемых колебаний, а уменьшать их, чтобы быть в состоянии зарегистрировать их на полоске бумаги. Для регистрации же небольших колебаний аппарат Коллина непригоден. Особенным удобством, портативностью и достаточной для практич. целей точностью обладает виброграф Гейгера (фирмы Lehmann & Michels, Hamburg), к-рый может применяться для измерения самых разнообразных колебательных движений. Основная его часть состоит либо из полого тяжелого кольца, либо из тяжелого кольцевого сегмента, к-рый при помощи шарикового подшипника может вращаться вокруг нек-рого стержня (фиг. 19). Этот сегмент при помощи спиральной пружины соединен со шкивом, могущим также вращаться вокруг оси стержня на шариковом подшипнике. При свободном шкиве и полом кольце он служит как торсиограф для целей измерения колебаний кручения валов. При скрепленных же с валом или с кожухом шкиве и кольц. сегменте аппарат может служить в качестве горизонтального или вертикального маятника, т. е. может быть приспособлен для измерений как горизонтальных, так и вертикальных колебаний (фиг. 20). Тангенциальные смещения тяжелого кольцевого сегмента по отношению к



Фиг. 19.

пкиву передаются при помощи системы ломаных рычажков в радиальном и аксиальном направлениях, где и регистрируются. Для достижения возможно большего периода собственных колебаний необходимо, чтобы тяжелый сегмент имел возможно больший по отношению к оси вращения момент инерции и чтобы ц. т. его был по возможности близок к оси вращения. Верхний предел частоты колебаний, регистрируемых аппаратом Гейгера, достигает 50 000—60 000 в мин. Низший предел амплитуд колебаний, регистрируемых прибором равен 0,05 *мм*. Аппарат



Фиг. 20.

м. б. укреплен в любом положении и может измерять колебания в любой плоскости. Из многочисленных конструкций измерителей колебаний, принадлежащих к рассматриваемой категории, следует упомянуть еще измеритель колебаний Гехлера, использующий горизонтальный маятник.

К другой группе принадлежат аппараты, измеряющие периодич. изменения сил и напряжений материалов, причем собственно измеряются не силы и напряжения, а сдвиги и кручения, происходящие в испытуемом материале, и лишь по их величине судят о величине первых. К механич. индикаторам кручения принадлежит напр. индикатор кручения Колли, измеряющий кручение не самого вала, находящегося под испытанием, а побочного вала, соединенного с первым при помощи либо зубчатой либо цепной передачи. Вследствие целого ряда недостатков этот прибор в настоящее время вытеснен более совершенными, к к-рым принадлежит в первую очередь индикатор кручения Феттингера, схема к-рого вполне аналогична схеме крутильного *динамометра* (см.). Частота собственных колебаний аппарата зависит от упругих свойств материала полого цилиндра и может при подходящем выборе материала достичь желаемой величины. Недостатком аппарата является наличие центробежных сил, развивающихся при колебаниях во всей системе рычагов и могущих до нек-рой степени исказить истинный характер колебаний или отдалить пишущий штифт от регистрационного цилиндра. Однако в новейших конструкциях этот недостаток устранен: регистрирующий рычаг сконструирован так, что именно центробежная сила прижимает штифт к цилиндру. Новейшие конструкции попутно устраняют еще и другой недостаток аппарата, заключавшийся в том, что при измерении колебаний кручения валов больших диаметров требовалась полоса бумаги значительной длины, скорость движения которой доходила до 2 *м/ск*. Для целей, встречающихся в практике судостроения, пишущий штифт аппарата м. б. заменен планиметром. К индикаторам кручения принадлежит также прибор Дени-Эджком, к-рый состоит из полого цилиндра, натягиваемого на испытуемый вал и снабженного на конце фланцем; против последнего помещается фланец вала. Взаимное смещение этих фланцев отмечается при помощи сегмента зубчатого колеса, насаженного на первый фланец и сцепленного с шестерней, соединенной с подвижным фланцем вала. Собственные колебания регистрирующего механизма прибора делают его однако пригодным для регистрирования лишь незначительных колебаний кручения. В других аппаратах, преследующих ту же цель, заменяют полый цилиндр либо диском, насаживаемым на вал (аппарат Нетмана), либо валом, вставленным в цилиндрич. полость, просверленную в самом валу в аксиальном направлении. Кроме этих непосредственных измерителей колебаний кручения имеется для той же цели целый ряд оптич. аппаратов, в которых применены либо неподвижные отражающие зеркала и призмы (Фивег и Ветгаузер, Баурсфельд) либо вращающиеся зеркала (стробоскопические аппараты Амслера, Фивега и др.). Другие аппараты используют одновременно как механические, так и оптические методы измерения и регистрации колебаний кручения (Дени-Эджком, Гопкинсон и Тринг и др.). Наконец в большом количестве аппаратов использованы для рассматриваемой цели электромагнитные методы (приборы Дени и Джонсона, Вебба, Гольдшмита, Нетмана, Мулена, Форда и др.). Об аппаратах, регистрирующих колебания при растяжении и изгибе, а также об аппаратах других групп, из числа перечисленных выше, имеются подробности в соответствующей специальной литературе.

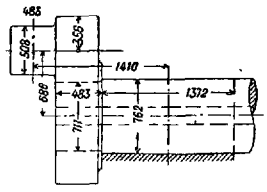
Лит.: Тимошенко С., Курс сопротивления материалов, 6 изд., М.—Л., 1928; Аппель П., Руководство теоретической (рациональной) механики, перевод с франц., М., 1911; Сомов П., Основания теоретической механики, СПБ, 1904; Суслов Г., Основы аналитической механики, 2 изд., Киев, 1911; Яшнов А., Курс аналитич. механики, М., 1925; Бастамов С., Бончковский В. и др., Курс геофизики, М., 1924; Мартенс Л., Гармонический анализ, «Технико-экономический вестник», М., 1925, т. 5, 2; Мартенс Л., К вопросу о вибрациях поршневых двигателей, М., 1925; Брянцев П., К вопросу о явлениях резонанса в коленчатых валах авиационных двигателей, «Техника возд. флота», М., 1929, 7 и 8; Hort W., Technische Schwingungslehre, Berlin, 1922 (обширная библиография); Forchheimer Ph., Grundriss d. Hydraulik, 2 Aufl., Lpz.—B., 1926; Breisig F., Theoretische Telegraphie, 2 Auflage, Braunschweig, 1924; de Brogli L., Ondes et mouvements, Paris, 1928; Timoshenko S., Vibration Problems in Engineering, N. Y., 1928; Nowakowsky, Harmonische Analyse, «Ztschr. f. angewan. Math. u. Mech.», Berlin, 1927, p. 501; Blaess V., Über Schwingungen v. Maschinenfundamente u. deren Beseitigung, B., 1928; Blondel M., À propos de la théorie des oscillographes, «Industrie électrique», P., 1929; Thoma H., Aufzeichnung schneller Schwingungen, «Z. d. VDI», 1929, 19; Wichert A., Theorie d. Schüttelschwingungen u. Untersuchung d. Schütterscheinungen von elektr. Lokomotiven, B., 1924; Möller M., Die Wellen, die Schwingungen u. die Naturkräfte, Brschw., 1927; Casper L., Einführung in die komplexe Behandlung von Wechselstromaufgaben, B., 1929; Ring H., Die symbolische Methode zur Lösung von Wechselstromaufgaben, 2 Auflage, B., 1928; Maschinen u. Fundamentschwingungen, Verlag

VDEW, Berlin, 1929; Steuding H., Messung mechanischer Schwingungen, Brschw., 1928; Rathlone Th., Unusual Vibration of a 25000 kW Turbine, «Electrical Journal», Pittsburg, 1918, 2, p. 89; Rathlone Th., Curing Resonant Vibration in Turbine Units, «Power», New York, 1928, 15, p. 629; Rathlone Th., Vibration of Turbine-Foundations, «Power», New York, 1928, 15, p. 588; Vibration in Steam Turbines, «Power Plant Engineering». Chicago, 1929, 11, p. 662; Vibro-Damper designed to Deaden Machine Vibration, ibid., 1927, 15, p. 856; Dohme, Modern Steam Turbine-Foundations, «Power», New York, 1927, 5, p. 187; Zech T., Harmonische Analyse mit Hilfe d. Lochkartenverfahrens. Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, Berlin, 1929, B. 10, H. 15, p. 425; Lohmann W., Die Hermannschen Schablonen zur harmon. Analyse, ibid., 1922, B. 2, p. 153; Stodola A., Drehschwingungen von Mehrkurbelwellen, ibidem, 1929, B. 10, H. 5, p. 349; Stumpf C., Die Sprachlaute, B., 1926; Wagner K., Der Frequenzbereich von Sprache und Musik, «ETZ», 1924, p. 451; Schneider E., Mathematische Schwingungslehre, Berlin, 1924; Föppl O., Drehschwingungs-Dämpfungsfestigkeit von Baustoffen, «Beiträge zur technischen Mechanik u. technischen Physik», B., 1924; Dreyfus L., Eigenschwingungen von Systemen mit periodischer Elastizität. ibid., B., 1924; Föppl O., Grundzüge d. techn. Schwingungslehre, B., 1923; Geiger J., Mechanische Schwingungen u. ihre Messung, B., 1927. **М. Серебренников.**

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР, см. *Колебания электрические.*

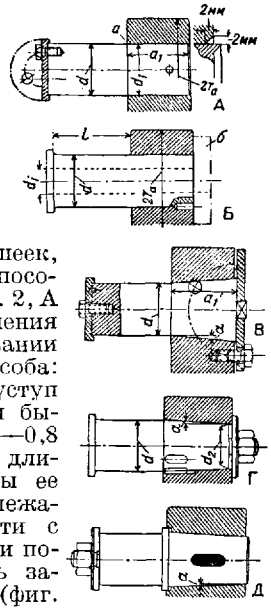
КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ представляют собой одну или более пар кривошипов, соединенных в одно целое при посредстве мотылевых шеек. Кривошип является частью кривошипно-шатунного механизма и представляет собой вал, соединенный с эксцентричной цапфой кривошипа (шатунная, или мотылевая шейка) посредством щеки или плеча. Расстояние между осью вала и осью шатунной шейки называют радиусом кривошипа. Главной областью применения кривошипов и К. в. являются поршневые двигатели и рабочие машины, причем для одно- и двуцилиндровых машин употребительны как кривошипы, так и коленчатые валы, для многоцилиндровых же машин, имеющих более двух перпендикулярных к оси вала плоскостей расположения цилиндров, приходится пользоваться почти исключительно К. в.

1. Кривошипы. В виду меньшей по сравнению с К. в. жесткости кривошипы применяются гл. обр. в паровых машинах, больших газовых двигателях, воздуходувках и насосах с сравнительно малым числом об/мин. Конструктивно различают кривошипы цельные, у к-рых цапфа кривошипа изготовлена из одного куска с плечом (фиг. 1, кривошип американского газового двигателя в 5 000 HP, вес всего вала—85 000 *кг*), и составные, у к-рых цапфа изготовляется отдельно и соединяется с плечом кривошипа одним из указанных на фиг. 2 способов. Кривошипы, изготовленные из одного куска с валом, применяются очень редко, гл. обр. при малых радиусах кривошипа, напр. в прессах или дыропробивных машинах; в этом случае часто плечо отсутствует и кривошип состоит лишь из эксцентричной цапфы, выточенной на конце вала. Цельные насаженные на вал кривошипы применяются г. о. в тех случаях, когда малый радиус кривошипа и большие диаметры цапф не позволяют прибегнуть к составной конструкции. Эта последняя является наиболее удобной и экономичной, т. к. дает возможность для каждой отдельной части выбрать наиболее подходящие форму и материал и дать ему соответственную термич. обработку.



Фиг. 1.

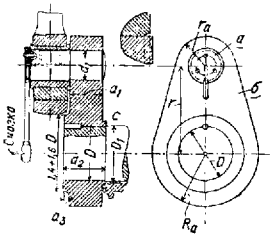
Наиболее ответственной частью составного кривошипа является соединение мотылевой шейки a с плечом $б$ (фиг. 3). Одним из наиболее рациональных способов является запрессовывание или посадка в горячем виде. Две конструкции мотылевых шеек, соединенных этим способом, показаны на фиг. 2, А и 2, Б; для ограничения хода при запрессовывании применяют два способа: 1) делают небольшой уступ a (фиг. 2, А), причем бывает достаточно 0,2—0,8 *мм*, или 2) подгоняют длину цапфы так, чтобы ее задняя поверхность лежала в одной плоскости с поверхностью плеча, и поверяют правильность запрессовки линейкой $б$ (фиг. 2, Б). При этом весьма существенным пунктом является назначение правильной величины натяга. Величина натяга δ зависит от максимального допустимого напряжения k_z на растяжение внутренней поверхности втулки и размеров втулки и цапфы, т. е. от отношения наружного ($2R_a$ или $2r_a$) и внутреннего (D или d_1) диаметров втулки и наружного (D или d_1) и внутреннего (D_i или d_i при высверленной цапфе) диаметров цапфы кривошипа или вала (фиг. 2, Б). По данным америк. практики эти величины для горячей посадки связаны между собой след. обр.:



Фиг. 2.

$$\delta = \frac{k_z(A+B)}{E}\,d, \qquad (1)$$

где E — модуль упругости материала цапфы, $A=2$ для чугунных втулок и $A=1$ для стальных втулок, а B берется из табл. 1 и 2. Величину припуска при запрессовывании в холодном состоянии назначают обычно несколько больше, чем при посадке в горячем виде, δ изменяется от 0,001 d до 0,0025 d, причем относительные бóльшие значения берут для малых диаметров. По опытам, произведенным в США, сопротивление сдвигу горячей посадки при равных припусках в 3—3,5 раза больше, чем прессовой. Более трудной в смысле обработки и менее надежной является посадка цапфы на конус (фиг. 2, В, Г, Д). Этот способ соединения оправдывается лишь в тех случаях,



Фиг. 3.

Табл. 1.—Значения коэфициентов B для цельных цапф (для стальных и чугунных втулок).

$2r_a : d$	B		$2r_a : d$	B	
	стальн.	чугун.		стальн.	чугун.
1,5	0,227	0,234	2,8	0,410	0,432
1,6	0,255	0,263	3,0	0,421	0,444
1,8	0,299	0,311	3,2	0,430	0,455
2,0	0,333	0,348	3,4	0,438	0,463
2,2	0,359	0,377	3,6	0,444	0,471
2,4	0,380	0,399	3,8	0,450	0,477
2,6	0,397	0,417	4,0	0,455	0,482

когда предвидится возможность быстрого износа и является необходимым облегчить смену цапфы. Помимо трудности изготовления в этом случае почти невозможно правильно

Табл. 2.—Значения коэфициентов B для стальных и чугунных втулок и пустотелых цапф.

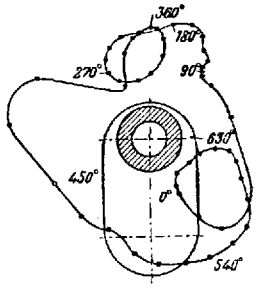
$2r_a : d$	$d : d_i$	B		$2r_a : d$	$d : d_i$	B	
		стальн.	чугун.			стальн.	чугун.
,5	2,0	0,455	0,468	2,8	2,0	0,820	0,864
	2,5	0,357	0,368		2,5	0,645	0,679
	3,0	0,313	0,322		3,0	0,564	0,594
	3,5	0,288	0,296		3,5	0,519	0,547
1,6	2,0	0,509	0,527	3,0	2,0	0,842	0,888
	2,5	0,400	0,414		2,5	0,662	0,698
	3,0	0,350	0,362		3,0	0,580	0,611
	3,5	0,322	0,333		3,5	0,533	0,562
1,8	2,0	0,599	0,621	3,2	2,0	0,860	0,909
	2,5	0,471	0,488		2,5	0,676	0,715
	3,0	0,412	0,427		3,0	0,591	0,625
	3,5	0,379	0,393		3,5	0,544	0,576
2,0	2,0	0,667	0,696	3,4	2,0	0,876	0,926
	2,5	0,524	0,547		2,5	0,689	0,728
	3,0	0,459	0,479		3,0	0,602	0,637
	3,5	0,422	0,441		3,5	0,555	0,587
2,2	2,0	0,718	0,753	3,6	2,0	0,888	0,941
	2,5	0,565	0,592		2,5	0,698	0,740
	3,0	0,494	0,518		3,0	0,611	0,647
	3,5	0,455	0,477		3,5	0,562	0,596
2,4	2,0	0,760	0,798	3,8	2,0	0,900	0,953
	2,5	0,547	0,628		2,5	0,707	0,749
	3,0	0,523	0,549		3,0	0,619	0,656
	3,5	0,487	0,506		3,5	0,570	0,603
2,6	2,0	0,793	0,834	4,0	2,0	0,909	0,964
	2,5	0,624	0,656		2,5	0,715	0,758
	3,0	0,546	0,574		3,0	0,625	0,663
	3,5	0,502	0,528		3,5	0,576	0,610

установить длину цапфы. Необходимый натяг обеспечивается затяжными болтами (фиг. 2, В и Г) или клином (фиг. 2, Д). Конусность

$$2\operatorname{tg}\alpha = \frac{d-d_2}{a_1} = 1:10 \div 1:50 .$$

Для предупреждения вращения цапф применяют короткие (не длиннее $^1/_3\, a_1$), круглые (фиг. 2, Б) или же плоские (фиг. 2, Г) шпонки, цилиндрические или конич. штифты (фиг. 2, А), квадратные головки (фиг. 2, В) или клинья (фиг. 2, Д).

Расчет цапф кривошипа ведется обычно на прочность, на смазку и на нагревание. Основой служит диаграмма усилий на пальце кривошипа, к-рая обычно строится графически в виде полярной диаграммы. На палец кривошипа в каждый момент действуют следующие силы: 1) сила давления поршня, 2) сила инерции двигающихся прямолинейно масс, связанных с поршнем, и 3) центробежная сила массы свободной части цапфы и части массы шатуна, принимающей участие во вращательном движении (см. *Динамика поршневых двигателей*). Первое и второе усилия действуют по направлению оси шатуна, третье же направлено всегда по радиусу кривошипа от центра вала. Складывая геометрически все три усилия для каждого положения пальца кривошипа и соединяя концы полученных векторов кривой, получим наглядную картину изменения усилий, действующих на цапфу кривошипа (фиг. 4—диаграмма усилий на цапфу кривошипа для мотора «Либерти» типа 12А, 400 Н.Р, с двумя рядами цилиндров $\varnothing$ 127 *мм*, расположенных под углом 45°, ход поршня равен 178 *мм*, $n = 1\,750$ об/мин.). В медленно вращающихся машинах обыкновенно пренебрегают центробежной силой и в основу расчетов кладут кривую усилий шатуна. На



Фиг. 4.

прочность цапфу рассчитывают как балку, заделанную одним концом и нагруженную равномерно распределенной нагрузкой P на длине l; при этом

$$d \cong \sqrt[3]{\frac{5Pl}{k_b}}, \qquad (2)$$

где k_b—допускаемое напряжение на изгиб ($k_b = 600 \div 800$ *кг/см*^{2} для малоуглеродистой стали). Для того чтобы масло не выжималось под действием максимальной нагрузки, необходимо, чтобы давление на единицу поверхности проекции цапфы на плоскость, перпендикулярную к направлению действия силы, не превосходило известных величин, зависящих от рода машины; т. е.

$$dl \geqslant \frac{P}{5k_p}, \qquad (3)$$

где k_p — допустимое давление на единицу площади проекции цапфы; величины k_p приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Допустимые давления k_p, отнесенные к площади проекции цапфы (в *кг/см*^{2}).

Род цапф и машин	k_p
Цапфы кривошипа:	
Паровых машин, по баббиту	60—70
Подъемных » » »	90—120
Двиг. внутр. сгорания, по баббиту	100—120
Паровых судовых машин	40—50
» » » на миноносцах	60—70
Локомотивов при расчете на фактич. давление	115—140
Локомотивов при расчете на полное котельное давление	до 175
Прессов и дыропробивных машин, сталь по бронзе	до 200
Коренные цапфы:	
Паровых машин, по баббиту	15—25
Подъемных » » »	20—28
Двигателей внутр. сгорания	до 30
Судовых двигателей на быстроходных пароходах	16—20
Судовых двигателей на линейных судах	18—25
Судовых двигателей на миноносцах	28—38

Из сопоставления формул (2) и (3) имеем:

$$\frac{l}{d} \cong \sqrt{\frac{k_b}{5k_p}}. \qquad (4)$$

Этаформула применима исключительно лишь для цапф концевых кривошипов, принимая, что для расчета на прочность и на смазку берут одинаковые величины действующих усилий. Отсюда видно, что, чем меньше принимают относительную нагрузку при расчете на смазку, тем длиннее получается цапфа. Для расчета цапф на нагревание исходят из средней мощности, поглощаемой трением цапфы. Полагая среднюю нагрузку цапфы на единицу поверхности проекции

$$p_m = \frac{P_m}{dl} \ кг/см^2,$$

имеем удельную работу трения на 1 $см^2$ поверхности цапфы:

$$a_m = \frac{p_m}{\pi} \cdot \mu \cdot v,$$

где v—окружная скорость поверхности цапфы, μ—коэф. трения, $v = \frac{\pi dn}{6000}$, т. е.

$$a_m = \frac{p_m}{6\,000} \cdot \mu \cdot d \cdot n \ кгм/см^2 сж. \qquad (5)$$

P_m определяют для быстроходных машин из диаграммы действительных усилий на цапфу кривошипа, беря среднюю по времени из скаляров этих усилий. Для медленно вращающихся машин довольствуются обычно средним давлением, определяемым из диаграммы давление—время, беря лишь абсолютные значения давлений (т. е. опять-таки не учитывая направления действия силы). Приближенно P_m м. б. определено из мощности машины и средней скорости c_m поршня по ф-ле:

$$P_m = \varrho \frac{75N}{c_m}, \qquad (6)$$

где N—мощность в HP, а ϱ—коэф-т, равный для паровых машин с высокой степенью сжатия 1,15, с низкой—1,08; для двигателей внутреннего сгорания $\varrho = 1{,}5$—$1{,}7$. Считая, что работа, отводимая одним $см^2$ поверхности цапфы, и коэф-т трения μ постоянны для данного рода машин, получаем:

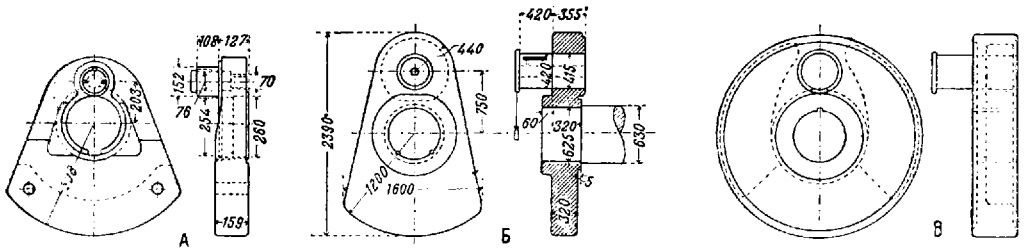
$$\frac{\pi \cdot a_m}{\mu} = \text{Const} = p_m \cdot v = \varkappa; \qquad (7)$$

величины $\varkappa$, допустимые на практике для неохлаждаемых специально подшипников, приведены в табл. 4.

Расчет плеча кривошипа на прочность обычно не делается, т. к. форма его определяется конструктивными соображениями и условиями прочности втулок при запрессовывании цапфы кривошипа и коренного вала. Некоторые современные конструкции кривошипов приведены на фиг. 3 и 5 (А—кривошип паровой машины Ball Engine Co., Erie, USA, с плечом из стального литья и составной мотылевой шейкой; Б—аналогичная конструкция герм. завода Ehrhardt u. Sehmer; В—кривошип паровой машины Vilter Mfg Co., Milwaukee, USA, с чугунным диском). Приблизительные, применяемые обыкновенно на практике при нормальных конструкциях кривошипов, соотношения между размерами отдельных частей его, приведены ниже (фиг. 3).

Табл. 4.—Максимальные допустимые значения коэф-та $\varkappa$ для различных машин (в $кгм/см^2 сж$).

Род цапф и машин	$\varkappa$
Цапфы кривошипа:	
Паровых машин, насосов и компрессоров	25—35
Коленчатых валов тех же машин, по баббиту	до 50
Коленчатых валов пароходных машин	50—70
Коленчатых валов паровозов	80—100
Наружных кривошипов паровозов	до 130
Коленчатых валов легких моторов внутр. сгорания при учете всех действ. сил	до 300
Коренные цапфы:	
Нормальных паровых машин, насосов и компрессоров	15—20
Двигателей внутр. сгорания, по бронзе	до 25
» » » » баббиту	до 30
Судовых машин	30—40
Легких моторов внутр. сгорания при учете всех действ. сил и смазке под давлением	до 600



Фиг. 5.

$$D = D_1 - (0{,}8 \div 2{,}0)\ мм;\quad R_a = 0{,}9 \div 1{,}0\, D;$$
$$a_2 = 0{,}7 \div 0{,}9\, D;\quad d_1 = d - (0{,}5 \div 1{,}5)\ мм;$$
$$r_a = 0{,}9 \div 1{,}0\, d_1;\quad a_1 = 1{,}0 \div 1{,}2\, d_1.$$

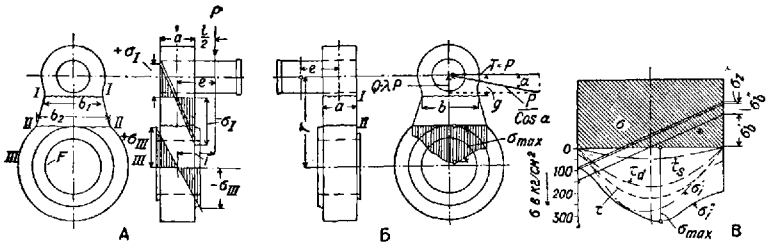
Величина выступа a_3 выбирается так. образ., чтобы шатун проходил мимо него с просветом от 5 до 10 $мм$. Если кривошип лежит у самого коренного подшипника (что очень желательно), то можно использовать его заднюю поверхность для устройства брызгального кольца ($в$) для смазки.

Проверку напряжений цапф и плеча кривошипа делают обычно при двух положениях последнего: 1) в мертвой точке при полном давлении на поршень и 2) под углом в 90° к линии мертвых точек. В первом случае (фиг. 6, А) исследуют обычно напряжения в двух сечениях: непосредственно под утолщением, служащим втулкой для цапфы кривошипа—I и в среднем сечении втулки вала III. В обоих сечениях результирующее напряжение σ является суммой напряжений, вызываемых изгибающим моментом, равным

Pe или Pi, и напряжения сжатия, вызванного в соответственных сечениях силой P.

$$\sigma_I = \pm\frac{6Pe}{ab_1^2} + \frac{P}{ab_1},\quad \sigma_{III} = \pm\frac{Pi}{W} + \frac{P}{F},$$

где F и W—площадь и момент сопротивления сечения III. Напряжения в сечении II



Фиг. 6.

заведомо меньше, чем в I, и поэтому не проверяются. При проверке плеча кривошипа в момент его положения под углом 90° к линии мертвых точек (фиг. 6, Б) разлагаем силу давления шатуна $\frac{P}{\cos\alpha}$ на две силы: одну Q, направленную радиально по оси плеча, и T—под углом 90° к последней; при этом сила T равна P (давлению на поршень) ± силы инерции движущихся прямолинейно-возвратно масс, а $Q=\lambda P$, где λ—отношение радиуса кривошипа к длине шатуна. Проверяют обычно два сечения I и II. В обоих результирующее напряжение является суммой изгибающих, скручивающих и нормальных усилий. Сложение наиболее удобно производить графически (фиг. 6, В), причем величины максимальных значений отдельн. напряжений находим по обычным формулам для кручения (τ_d), изгиба (σ_b), срезывания (τ_s), и растяжения (σ_z):

$$\tau_d = \frac{9}{2}\cdot\frac{P\cdot e}{a^2b};\quad \tau_s = \frac{3}{2}\cdot\frac{P}{ab};\quad \sigma_b' = \frac{6P\cdot g}{ab^2};$$

$$\sigma_z = \frac{\lambda P}{a_b};\quad \sigma_b'' = \frac{6\lambda P\cdot e}{a^2b}.$$

Складывая алгебраически отдельные нормальные (σ) и касательные (τ) напряжения в наружном ребре сечения, получим две кривых σ и τ; складывая в каждой точке соответственные значения нормального и касательного напряжения по формуле:

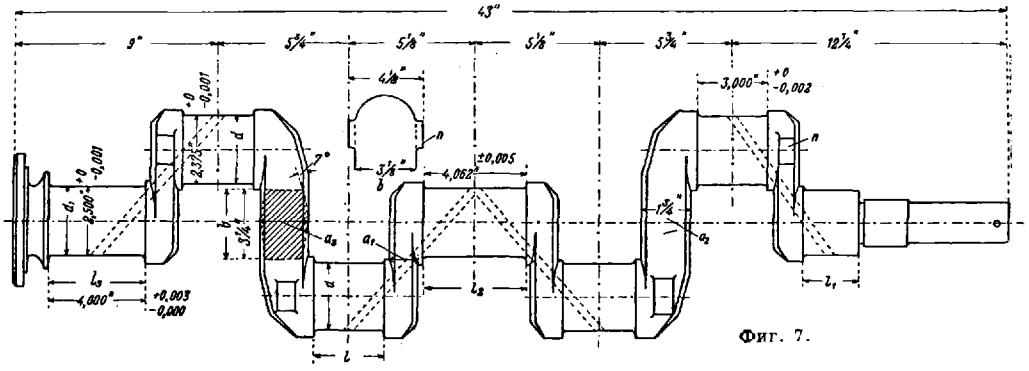
$$\sigma_i' = \frac{1}{3}\sigma \pm \frac{2}{3}\sqrt{\sigma^2 + 4(a_0\tau)^2},$$

получим две кривых приведенных напряжений σ_i' и σ_i''; максимальное значение одной из них и будет представлять собой максимальное значение напряжения в данном сечении.

Важным вопросом для бесперебойной работы является смазка цапфы кривошипа. В настоящее время почти исключительно применяют центробежную смазку, изображенную на фиг. 3. Смазочное устройство состоит из приемного сосуда, открытого с одной стороны и помещающегося на продолжении оси главного вала; от маслоприемника отходит трубка к цапфе кривошипа, сообщающаяся с просверленными в последней ходами для масла. Масло поступает в маслоприемник по трубке из обыкновенной капельной масленки, установленной на специальной колонке или на поручнях, окружающих движущиеся части машины; попавшее в маслоприемник масло отбрасывается центробежн. силой по трубке и поступает в зазор между вкладышем шатуна и пальцем кривошипа. При проектировании смазки необходимо обратить особое внимание на то, чтобы нигде не могло образоваться масляных мешков и масло гналось центробежной силой непосредственно к месту его выхода. В противном случае при пуске машины в ход сначала должны будут наполниться маслом мешки, а цапфа будет работать тем временем всухую. Для улавливания масла, выступающего из корепного подшипника, устраивают разбрызгивательные кольца и особые маслоуловители; в виду невозможности устройства маслоуловителей у цапфы кривошипа приходится окружать кривошип сплошным футляром, удерживающим разбрызгиваемое масло.

2. Расчет и конструкция К. в. К. в. делают двух разных типов—составные и цельные; первый род К. в. употребляется главн. обр. в крупных, медленно вращающихся двигателях—судовых паровых машинах и дизелях, второй—в более легких и быстроходных автомобильных и авиационных двигателях. Составные валы лучше в том отношении, что они м. б. более легко обрабатываемы и что для каждой детали можно выбрать наиболее подходящий материал; недостатком является их бóльшая громоздкость и бóльшая строительная длина по сравнению с цельными К. в. Материалом для К. в. паровых и газовых машин служит обычно сименс-мартеновская сталь с временным сопротивлением на разрыв $K_z \geqslant 45$ *кг/мм²* при удлинении $\lambda \geqslant 22\div25\%$ или тигельная сталь с $K_z \geqslant 50$ *кг/мм²* и $\lambda = 20\div22\%$. В США для автомобильных К. в. часто употребляют сталь химического состава: 0,45% C, 0,70% Mn, ⩽ 0,18% Si, ⩽ 0,04% P и ⩽ 0,04% S, обладающую после термическ. обработки следующими механическими свойствами: $K_z \geqslant 77{,}5$ *кг/мм²*, предел пропорциональности $K_e \geqslant 53$ *кг/мм²*, $\lambda \geqslant 20\%$, поперечное сужение u—50%, твердость по Бринелю $H_{Br} = 225\div245$. Термическая обработка состоит в следующем: готовые поковки нагревают до 820° и охлаждают в масле, затем их нагревают до 790° и оставляют медленно охладиться в печи, после чего нагревают до 790° и охлаждают в масле и наконец отпускают при $t° \cong 540°$. Для более высоконапряженных валов употребляют хромоникелевую сталь след. химического состава: 0,35÷0,45% C, 0,50÷0,80% Mn, ⩽ 0,04% P, ⩽ 0,045% S, 1,00÷1,50% Ni, 0,45÷0,75% Cr, обладающую после термической обработки следующими механическими свойствами: $K_z \geqslant 98$ *кг/мм²*, $K_e \geqslant 81$ *кг/мм²*, $\lambda \geqslant 18\%$, $u \cong 53\%$, $H_{Br} = 280\div300$. Термическ. обработка состоит в отжиге при 890÷860° с последующим охлаждением на воздухе, затем следуют закалка с $t° = 805\div835°$ в масле и отпуск до 510°. В нек-рых особо дорогих маши-

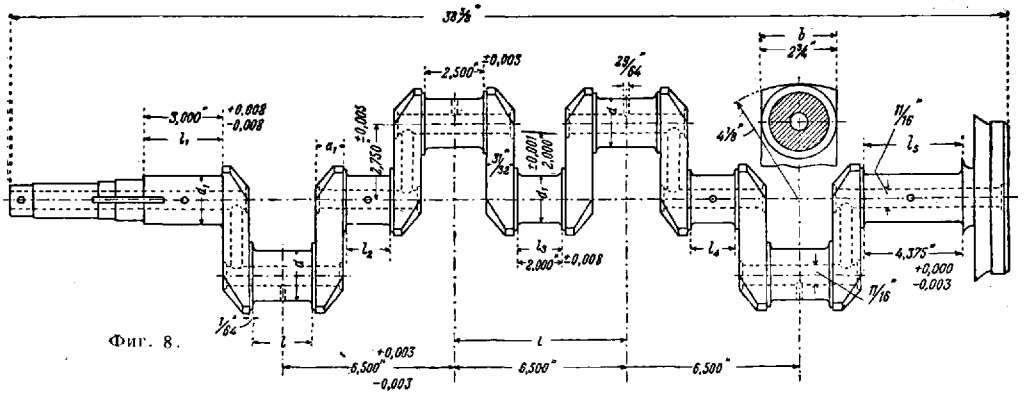
нах шейки К. в. подвергают цементации и закалке, однако в виду сложности формы поковки закалка цельных К. в. часто сопровождается короблением всего вала, причем устранение этого порока заставляет давать особо большие припуски на шлифовку, что



Фиг. 7.

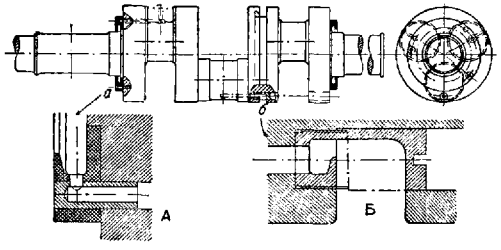
значительно удорожает всю обработку К. в. Блестящие результаты дает *нитрование* (см.) К. в.; получаемая при этом твердость значительно превосходит твердость цементованной и закаленной стали, коробление же и опасность возникновения внутренних напряжений совершенно устранены. Единственным недостатком питрования является продолжительность процесса (60—100 час.) и высокая пока цена специальных, поддающихся нитрованию сталей. Применение высоко легированных сталей, обладающих высокими механич. свойствами, для изготовления К. в., вообще говоря, не оправдывается, так как главным условием конструкции всякого К. в. является его жесткость, прочность же является необходимым, но не достаточным условием. Обычно соображения достаточной жесткости заставляют придавать частям К. в. размеры, значительно превышающие выведенные из условий прочности, упругие же свойства всех технических сплавов железа приблизительно одинаковы (E=21 500÷23 000 *кг/мм*²).

Цельные К. в., вследствие их относительно малой строительной длины и легкости, применяются главн. обр. в легких моторах внутреннего сгорания. Конструктивное выполнение их различно, смотря по тому, оставляют ли плечи необработанными или же весь К. в. обрабатывается для достижения лучшего уравновешивания. В первом случае (фиг. 7—К. в. мотора англ. танка кл. В) стремятся придать остающимся необработанными плечам наиболее технологически выгодную форму, учитывая также и возможность наилучшего балансирования вала. Так, форма колен на фиг. 7 сконструирована с целью облегчить отковку в штампах из предварительно согнутого стержня, выступы же *n* предназначаются для захвата патроном специального токарного станка для обточки К. в. и указывают на массовый



Фиг. 8.

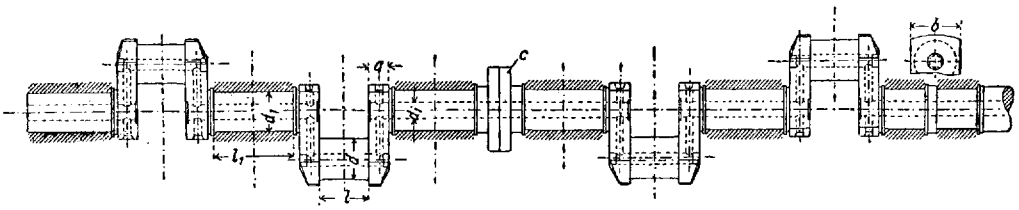
характер производства. При обработанных кругом К. в. (фиг. 8—К. в. мотора Hercules серия М) стараются получить наиболее простую для обработки форму, что достигается, как на фиг. 8, ограничением плеч плоскостями и частями цилиндров и конусов; иногда



Фиг. 9.

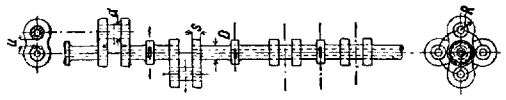
для возможности вести всю обработку на токарном станке все части делают цилиндрическими, тогда плечи принимают вид дисков, центр которых лежит на главной оси К. в. (фиг. 9; А и Б—детали устройства центробежной смазки в *а* и *б*). Цельные К.в. паровых

машин и тяжелых дизелей конструктивно отличаются от описанных лишь тем, что в том случае, когда вес их становится слишком значительным, их, для удобства отковки и обработки, разделяют дисковыми соединительными муфтами *c* на отдельные отрезки материалов; для валов и цапф берут прокованную углеродистую сталь, тогда как плечи делают зачастую из стального литья (фиг. 11). Диаметры мотылевых шеек *d* и коренного вала *D* делают обычно одинаковыми, толщину плеч *s* делают равной $0{,}6 \div 0{,}7\,D$,



Фиг. 10.

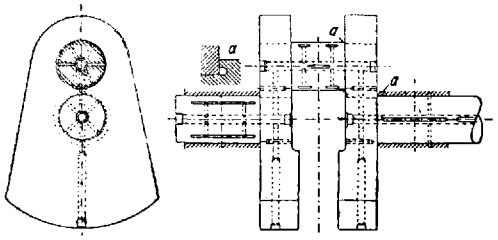
(фиг. 10). При конструировании цельных К. в. следует иметь в виду, что наиболее часто поломки происходят вследствие постепенного излома, начинающегося где-либо в точке возникновения местных напряжений, превосходящих предел усталости. Особенно опасными являются входящие острые углы и недостаточно плавные переходы между работающими сечениями. Поэтому необходимо закруглять все входящие углы радиусами достаточной величины, придавать плечам достаточную ширину, чтобы усилие цапф



Фиг. 11.

могло передаваться на них всей площадью сечения последних, а не одной лишь частью, и делать постепенные переходы между различными сечениями работающего вала.

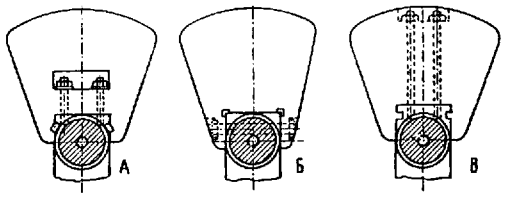
Составные К. в. употребляются изредка в легких моторах внутреннего сгорания, но главной областью их применения является тяжелое машиностроение. В автомобильных и авиационных моторах главной причиной применения составных К. в. является желание поставить вал на шарикоподшипники нормального диаметра, одним из условий чего является возможность разборки и сборки К. в. без нарушения его точности. В этом отношении имеются очень хорошие конструкции, наприм. составной вал Хирта, в котором фирма гарантирует для вала, собран-



Фиг. 12.

ного из нормальных частей, точность, обычную для цельных К. в.; недостатком является значительная стоимость и возможность расшатывания соединений при недостаточно тщательной сборке. Составные К. в. для тяжелых машин делаются обычно из разных

радиус закругления плеча $R = 0{,}9 \div 1{,}0\,D$, если расстояние *u* между шейкой и валом меньше $0{,}45 \div 0{,}5\,D$, то приходится прибегать к цельному валу, так как напряжения в перемычке от запрессовывания концов цапф *u* достигают слишком больших значений. К составным К. в. относится все сказанное выше о конструктивном оформлении; в частности, когда необходим уступ без закругления на дне впадины, прибегают к выточке внутреннего закругления (фиг. 12— в углах *a* у заплечиков запрессованных отрезков вала). Для уравновешивания движущихся масс двигателя иногда приходится прибегать к устройству у К. в. противовесов. В автомобильных К. в. устройство противовесов затруднено тем обстоятельством, что приставные противовесы вследствие больших скоростей не м. б. достаточно надежно скреплены с плечами вала, а отковка их за одно с К. в. до последнего времени была очень затруднительной. В последнее время



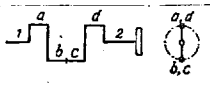
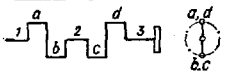
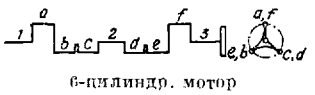
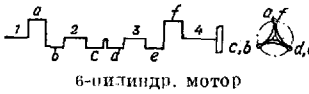
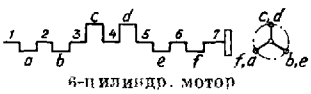
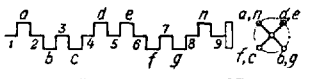
Фиг. 13.

в США созданы ковочные машины, которые с достаточной экономичностью позволяют отковывать противовесы вместе с К. в. Приставные противовесы обычно крепятся к плечу на болтах и клиньях (фиг. 13, А) или на одних болтах (фиг. 13, Б и В). Размеры противовесов определяют согласно теории *уравновешивания поршневых двигателей* (см.); размеры К. в. определяют часто на основании эмпирическ. ф-л или ф-л, выведенных из средних значений усилий в машинах данного рода, причем в необычн. конструкциях после предварительного определения размеров приступают к проверке прочности К. в. в условиях действительной работы. Так как К. в., лежащий в трех и более опорах, является статически неопределимой системой, то этот путь является единственно возможным. Размеры отдельных частей К. в. автомобильных моторов в частях диаметра цилиндра *D* по данным америк. практики

указаны в табл. 5 (см. фиг. 7 и 8), причем индексы при l указывают номера коренных цапф, начиная от передней части мотора;

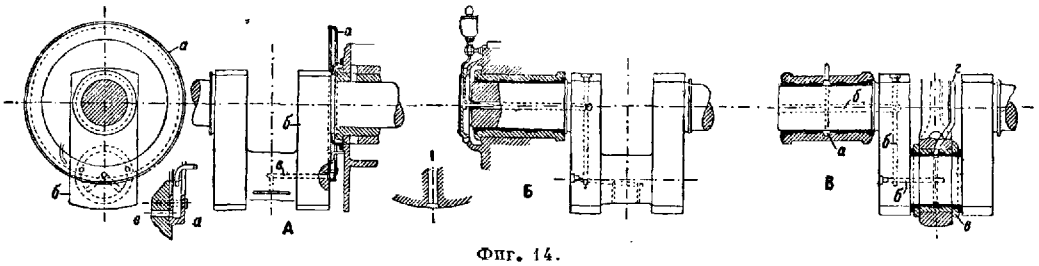
нием металла внутри болванки и служат одновременно для подвода смазки; кроме того, высверливая среднюю часть болванки,

Табл. 5.—Размеры частей автомобильных коленчатых валов (диаметр цилиндра принят за единицу).

Тип мотора и схема коленчатого вала	Шатун. шейки		Коренные цапфы									Плечи		
	d	l	d_1	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	a_1	a_2	b
 4-цилиндр. мотор	0,65	0,65	0,53	0,80	1,00	—	—	—	—	—	—	—	0,30	0,40	0,80
 4-цилиндр. мотор	0,57	0,60	0,57	0,66	0,74	0,83	—	—	—	—	—	—	0,18	0,38	0,70
 6-цилиндр. мотор	0,67	0,50	0,69	0,69	0,83	0,83	—	—	—	—	—	—	0,28	0,50	0,78
 6-цилиндр. мотор	0,63	0,49	0,67	0,65	0,50	0,50	0,80	—	—	—	—	—	0,30	0,45	0,78
 6-цилиндр. мотор	,0	0,45	0,69	0,63	0,37	0,37	0,80	0,37	0,37	0,74	—	—	0,20	—	0,90
 8-цилиндр. мотор	0,63	0,50	0,69	0,65	0,41	0,50	0,41	0,59	0,41	0,50	0,41	0,74	0,20	—	1,00

на схемах буквами обозначены шатунные шейки, а цифрами коренные цапфы.

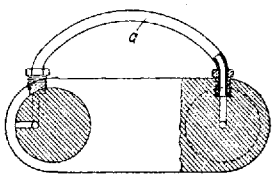
Для цельных валов более крупных двигателей внутреннего сгорания употребительны следующие соотношения между диаметром цилиндра D и размерами коленчатого вала. Диаметр мотылевой шейки d (фиг. 10) делается равным $0{,}52 \div 0{,}58D$, длина ее $l = 0{,}52 \div 0{,}60D$; коренные подшипники строятся диаметром $d_1 = 0{,}54 \div 0{,}60D$ и длиной $l_1 = 0{,}75 \div 0{,}90D$, плечи колен делают толщиной $a = 0{,}28 \div 0{,}35D$ и шириной $b = 0{,}75 \div 0{,}90D$; радиусы закругления в местах перехода следует брать не меньше 0,1 $\varnothing$ соответственного вала. Все К. в., предназначаемые для более высококачественных машин, рекомендуется высверливать—как самый вал, так и шатунные шейки — на диам. $d_i = 0{,}35 \div 0{,}40\,d$; образующиеся т. о. каналы дают возможность ознакомиться со строемы тем самым удаляем ту часть ее, где во время остывания скопилось наибольшее количество примесей, и одновременно облегчаем всю конструкцию; на прочность вала высверливание не оказывает заметного влияния. Смазка цапф К. в. производится двумя способами: при помощи центробежной смазки или центральной смазки под давлением. В первой системе (фиг. 14, А и Б) смазка



Фиг. 14.

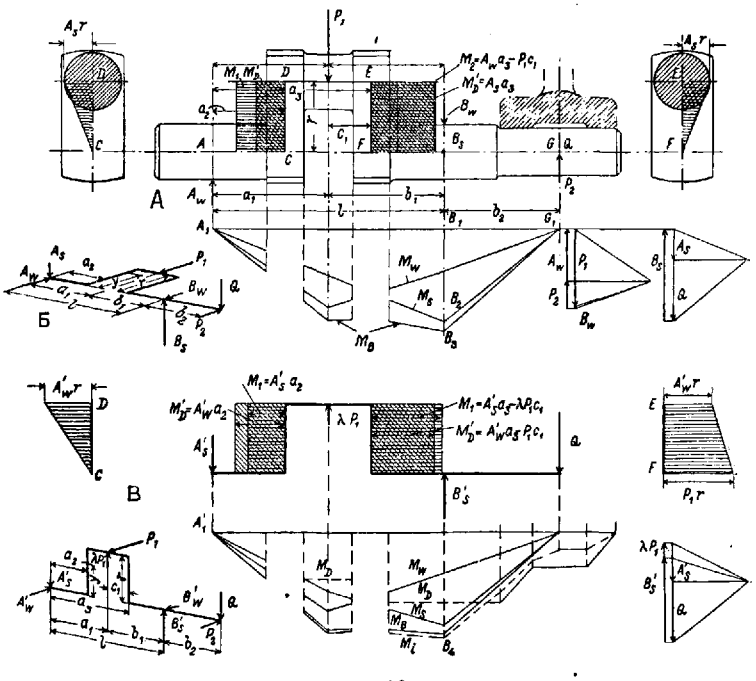
производится обычной масленкой-капельницей, подающей масло в кольцо a, снабженное канавкой и вращающееся вместе с кривошипом $б$. Масло отбрасывается центробежной силой вглубь канавки и попадает через канал $в$ в шатунной шейке к поверхности вкладыша. Этот способ надежен в работе и прост, но обладает тем недостатком, что увеличивает строительную длину К. в.; поэтому иногда его заменяют способом, изображенным на фиг. 14, Б; однако этот по-

следний метод менее надежен, чем предыдущий и последующий. Наиболее надежным и очень широко применяемым способом смазки является смазка под давлением (фиг. 14, В). Масло под давлением 1,5÷2,5 *atm* поступает в кольцевую канавку коренного подшипника *а*, отсюда по каналам *б*—*б* оно проходит к вкладышу мотылевой шейки *в*, а отсюда по особой трубочке *г* часть масла направляется в подшипник пальца поршня. Каналы в цапфах при этом рекомендуется делать большого диаметра и не завинчивать их пробками, а закрывать с обеих сторон особыми крышками, стянутыми болтом; такое устройство значительно повышает надежность смазки сравнительно с узкими каналами и позволяет более легко устранять возможные закупорки каналов. В некоторых конструкциях К. в. каналы для смазки просверливают наклонно (фиг. 7), что значительно облегчает прочистку каналов; при этом необходимо следить за тем, чтобы отверстие не проходило слишком близко от входящих углов в местах перехода цапф в плечи колен вала. В К. в., имеющих длинные плечи колен, иногда приходится проводить смазку для одной мотылевой шейки от противолежащей; в этом случае простой канал, просверленный в толще плеча, не достигает цели, т. к. в части его, прилежащей к первой шейке, масло должно будет течь против направления центробежной силы и, для того чтобы движение масла вообще было возможным, необходимо, чтобы давление его в канале цапфы было больше, чем давление, вызываемое центробежной силой в канале плеча; т. о. как раз при больших числах оборотов может наступить такой момент, когда смазка вообще перестанет поступать во вторую шатунную шейку. Для предупреждения этой возможности каналы обеих шатунных шеек соединяют трубкой *а*, изогнутой по дуге круга с центром в оси К. в. (фиг. 15).



Фиг. 15.

К. в. находится во время работы под действием следующих сил: 1) силы давления поршней, 2) веса маховиков и тяги приводных канатов или ремня, 3) силы инерции масс, совершающих прямолинейно-возвратное движение и связанных с К. в. шатуном, 4) силы инерции неуравновешенных порознь вращающихся масс как самого К. в., так и частей, с ним связанных, и 5) реакции подшипников. Для расчета цапфы складывают в каждый данный момент геометрически все силы, действующие на нее, и, беря среднюю силу по времени, определяют размеры цапф из условий допустимой работы трения на единицу поверхности; для определения же условий смазки берут максимальное усилие. Для определения напряжений в К. в. берут последний в нескольких характерных положениях, когда можно предполагать возникновение максимальных усилий. Обыкновенно довольствуются двумя случаями: 1) когда одно из колен находится в верхнем мертвом положении, причем в этот момент на него действует полное рабочее давление в цилиндре, и 2) когда одно из колен стоит под углом в 90° к линии мертвых точек. Определение усилий в статически определимом коленчатом вале не встречает затруднений (фиг. 16). В первом положении (фиг. 16, А) на вал действуют силы: P_1—давление поршня, P_2—натяжение приводного ремня, Q—вес маховика и реакции опор A и B (вертикальные A_S и B_S и горизонтальные—A_W и B_W). Схема действия сил представлена на фиг. 16, Б. Вычерчивая нормальным образом кривые вертикальных M_S и горизонтальных M_W моментов и складывая их геометрически, получаем кривую результирующих моментов M_B, достигающую максимума в точке B_3, где и имеет место максимальное напряжение в вале



Фиг. 16.

$$\sigma_B = \frac{M_{B\,max}}{W_1},$$

где W_1—момент сопротивления вала. Лево плечо находится под действием сжимающей силы, равной $\frac{P_1}{2}$, изгибающего момента M_1,

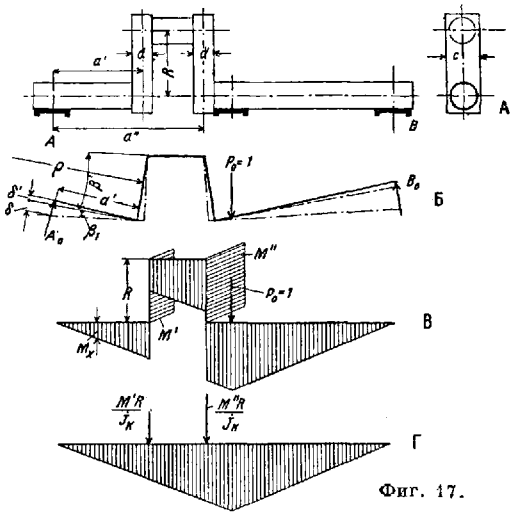
действующего в плоскости колена и равного $A_W a_2$, крутящего момента $M_D' = A_S a_2$, постоянных по длине плеча; кроме того сила A_S вызывает изгибающий момент в плоскости, перпендикулярной плоскости колена, равный $A_S y$; максимального значения этот момент достигает в точке D, где он равен $A_S r$. Совершенно аналогичным способом определяем моменты, действующие в правом плече. Зная моменты и размеры плеча, выведем в опасных сечениях максимальные нормальные и касательные напряжения и, складывая их затем, как это было указано в отделе о кривошипах, получим максимальное результирующее напряжение. Для положения колена под углом 90° к линии мертвых точек (фиг. 16, В) рассуждения остаются теми же, лишь на правое плечо действует в плоскости, перпендикулярной к плоскости плеча, разность изгибающих моментов $P_1(r-y) - A_W' y$ и на ось и цапфу действует, помимо изгибающих, еще крутящий момент M_D.

Поверка на прочность статически неопределимых К. в. сводится к предыдущему, как скоро будут найдены реакции опор или опорные моменты. У К. в., лежащего на трех опорах, наиболее удобным способом для определения опорных реакций является способ Мора, причем уменьшение жесткости вала вследствие существования колена учитывается прибавлением к действующим изгибающим моментам особых фиктивных моментов, которые м. б. найдены при помощи следующих рассуждений.

1) Колено расположено в плоскости действия силы (фиг. 17). Под действием силы $P_0 = 1$, которая действует в точке приложения реакции среднего подшипника и вызывает реакции опор A_0 и B_0, К. в. примет форму, изображенную на фиг. 17, Б. Реакция опоры A_0 вызовет в обоих плечах колена постоянные по длине плеча изгибающие моменты $M' = A_0 a'$ и $M'' = A_0 a''$. Плечо имеет по всей длине постоянный момент инерции $I_k = \frac{cd^3}{12}$ и следовательно изогнется по дуге круга радиуса $\varrho = \frac{EI_k}{M'}$ с центральным углом $\beta' = \frac{R}{\varrho}$; прогиб точки опоры A вверх под влиянием изгиба плеча $\delta = \beta' a' = \frac{RM'}{EI_k} \cdot a'$. Сравнивая эту формулу с общей формулой стрелы прогиба балок произвольного сечения

$$\delta = \frac{1}{E}\int_0^l \frac{M_x \cdot x \cdot dx}{I_x},$$

видим, что они вполне идентичны: вместо I_x и x имеются постоянные величины a' и I_k, а $\int_0^l M_x\,dx = RM'$ изображает и в этом случае площадь диаграммы моментов вдоль плеча колена (фиг. 17, В). Т. о. в диаграмме $\frac{M_x}{I_x}$ (фиг. 17, Г), которую строят для нахождения по Мору прогиба балки переменного сечения, можно, положив плечи абсолютно жесткими, ввести на их место как бы отдельные фиктивные усилия, равные $\frac{M'R}{I_k}$ и $\frac{M''R}{I_k}$. Полученную таким образ. площадь $\frac{M_x}{I_x}$ принимают по Мору за фиктивную нагрузку балки неизменного сечения и, разделив площадь на ряд элементарных площадок и учтя фиктивные сосредоточенные нагрузки, чертят веревочный м-к, являющийся описанным вокруг упругой линии; сама упругая



Фиг. 17.

линия от фиктивной нагрузки представляет собой линию влияния прогиба в точке C действительного К. в. под действием силы, равной 1. Найдя линию влияния, определим реакцию средней опоры C из уравнения:

$$C = \frac{\Sigma P_n y_n}{y_c},$$

где P_n—действительные нагрузки, y_n— соответствующие им ординаты линии влияния и y_c—ордината линии влияния силы = 1, приложенной в точке опоры C (см. фиг. 18).

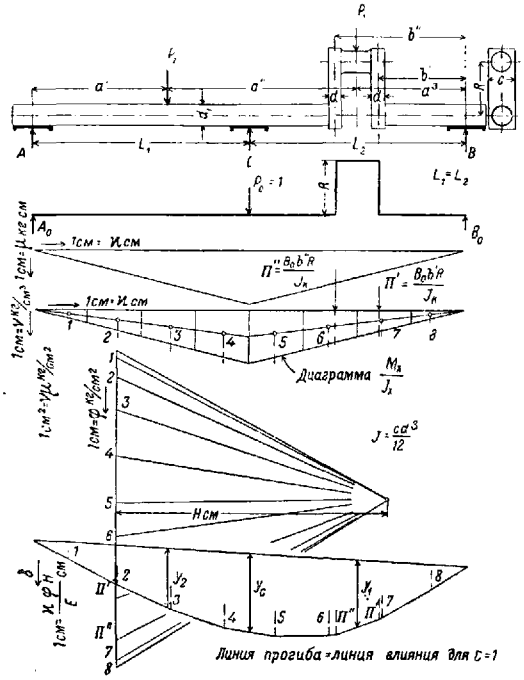
2) Силы действуют перпендикулярно плоскости колена. Линия влияния и величина реакции средней опоры определяются совершенно аналогично предыдущему, с той лишь разницей, что сосредоточенные фиктивные нагрузки, подставляемые вместо предполагаемых абсолютно жесткими плеч колена, равны соответственно

$$3{,}6\frac{E}{G}M'\frac{c^2+d^2}{c^3d^3}R \text{ и } 3{,}6\frac{E}{G}M''\frac{c^2+d^2}{c^3d^3}R.$$

При этом однако остается не принятым во внимание обыкновенно весьма незначительное увеличение деформации К. в., вызываемое изгибом плеча колена и скручиванием шатун. шейки. В общем случае, когда силы действуют под любыми углами к плоскости колена, реакция средней опоры м. б. найдена путем разложения всех сил на силы, действующие в плоскости колена и перпендикулярно к ней, и геометрическ. сложения получающихся при раздельном исследовании каждого случая двух взаимно перпендикулярных составляющих реакций опоры.

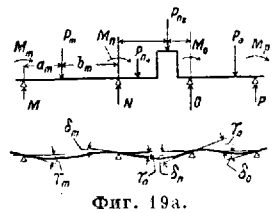
Для определения опорных реакций К. в., лежащего более чем на трех опорах, описанный способ плохо применим, т. к. в этом случае приходится оперировать с разностя-

ми ординат линий влияния—величинами малыми, причем уже незначительные ошибки при вычерчивании могут совершенно исказить весь результат. Удобнее при этом находить моменты, действующие над опорами. Для этого полагаем вал разрезанным на опорах и так. обр. сделанным статически определимым; влияние соседних участков вала

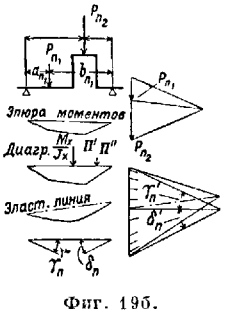


Фиг. 18.

учтем, вводя над опорами изгибающие моменты M_m, M_n, M_0,... (фиг. 19а); при этом ясно, что касательные к обоим отрезкам вала, встречающимся на данной опоре, должны лежать на одной прямой. Для того чтобы учесть влияние колена, поступаем, как было описано выше, и определяем для каждого от-

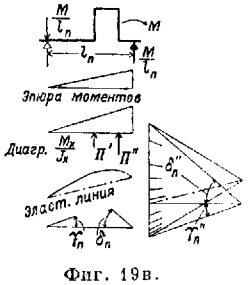


Фиг. 19а.



Фиг. 19б.

резка по способу Мора углы, получающиеся на концах его: 1) от действительной нагрузки +фиктивные усилия, соответствующие увеличению деформации вследствие существования колена, и 2) от произвольно выбранного момента на опоре, равного M + те же фиктивные усилия. Согласно правилу знаков, указанному на фиг. 19а, в первом случае прогиб будет направлен вниз (фиг. 19б), а во втором случае—вверх (фиг. 19в); для нахождения действительных углов наклона необходимо каждый раз приводить вере-



Фиг. 19в.

вочный м-к к горизонтальной замыкающей. Тогда окончательно для поля n имеем:

$$\gamma_n = \gamma'_n - \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{M_0}{M}\cdot \operatorname{tg}\gamma''_n\right) + \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{M_n}{M}\cdot \operatorname{tg}\delta''_n\right),$$

$$\delta_n = \delta'_n - \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{M_0}{M}\cdot \operatorname{tg}\delta''_n\right) + \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{M_n}{M_u}\cdot \operatorname{tg}\gamma''_n\right).$$

Составив подобные ур-ия для всех u полей и замечая, что $\delta_1 = \gamma_2$, $\delta_2 = \gamma_3$, ..., $\delta_{u-1} = \gamma_u$, а также, что моменты над крайними опорами равны нулю, получим сист. $u+1$ уравнений для определения $u+1$ опорных моментов. Если концы вала полагают заделанными, то те же $u+1$ ур-ий получим, считая $\gamma_1 = \delta_u = 0$ и определяя опорные моменты M_0 и M_u над крайними опорами.

3. Крутильные колебания К. в. Крутильные колебания возникают всегда в более или менее сильной степени при передаче коленчатым валом периодически изменяющихся моментов. В том случае, когда собственное число колебаний вала как упругой системы равно частоте внешних силовых импульсов или составляет одну из гармоник этой частоты, в результате получающегося резонанса могут возникать частичные деформации и, как следствие их, напряжения, на много превышающие нормальные, вызываемые действующими внешними силами. Поэтому при всякой новой конструкции коленчатого вала желательно определить собственное число колебаний коленчатого вала, чтобы убедиться, что оно не лежит в пределах нормальных чисел оборотов данной машины. Особенное внимание крутильные колебания привлекли к себе в последнее время в связи с созданием быстроходных автомобильных и авиационных моторов. Наиболее удобным способом изучения деформаций К. в. является приведение последнего к фиктивному (приведенному) валу постоянного кругового сечения, обладающего тем свойством, что равные моменты вызывают в нем равные с действительным К. в. углы скручивания. Постоянный, произвольно назначаемый полярный момент инерции поперечного сечения приведенного вала обозначим через I_0; тогда приведен. длина λ любой центральной цилиндрической части К. в. длиной l и диаметром d получится из соотношения:

$$\lambda = l\frac{32\,I_0}{\pi d^4} = l\frac{D_0^4}{d^4},$$

где D_0 — диаметр приведенного вала.

Приведенная длина круглого, центрального участка вала длиной l нецилиндрической формы получается из уравнения:

$$\lambda = I_0 \int_0^l \frac{dl}{I},$$

где I—полярный момент инерции соответствующего поперечного сечения рассматриваемого вала.

Приведенная длина λ_k колена между наружными плоскостями, ограничивающими плечи его, может быть получена из ур-ия:

$$\lambda_k = 2\frac{G}{E}\cdot\frac{I_0}{I_s}r + 7{,}2\frac{I_0(l_1^2+h^2)}{l_1^3h^2}b + \frac{I_0}{I_z}z - \frac{Ar}{M_0}\left[\frac{G}{E}\cdot\frac{I_0}{I_s}r + 3{,}6\frac{I_0(l_1^2+h^2)b}{l_1^3h^2} + \frac{I_0}{I_z}z + 2{,}4\frac{I_0}{bhr}\right],$$

где E и G—модули упругости первого и второго рода, r—радиус колена, l_1—полная длина плеча, h—высота плеча ($\perp$ оси К. в.), b—толщина плеча ($\parallel$ оси К. в.), z—длина цапфы кривошипа, I_z—полярный момент инерции поперечного сечения цапфы кривошипа, $I_s = \frac{bh^3}{12}$ — аксиальный момент инерции поперечного сечения плеча колена, M_0—скручивающий момент, действующий на вал, а величина A м. б. получена из уравнения:

$$A = \frac{M_0\left[\frac{r^2}{EI_s} + \frac{3{,}6(l_1^2+h^2)br}{Gl_1^3h^2} + \frac{zr}{GI_z}\right] - v}{\frac{2r^3}{3EI_s} + \frac{3{,}6(l_1^2+h^2)br^2}{2Gl_1^3h^2} + \frac{3{,}6r(b^2+h^2)(z+b)^2}{2Gb^3h^2} + \frac{2{,}4b}{Ghl_1} + \frac{2{,}4r}{Gbh} + \frac{zr^2}{GI_z} + \frac{z^3}{6EI_z} + \frac{1{,}186z}{GF_z}},$$

где F_z—площадь поперечного сечения цапфы кривошипа, а v—величина, на к-рую могут перемещаться концы цапф коренного вала в своих подшипниках при деформации К. в. Эта последняя величина вносит известный элемент неопределенности в вычисление значения A. Вообще говоря величина v довольно незначительна, хотя и колеблется в зависимости от величины игры в подшипниках и от жесткости основания машины в широких пределах. Предельные значения для нее будут, с одной стороны, $v=0$, т. е. предполагается совершенное отсутствие игры и абсолютно жесткий фундамент, а с другой —

$$v = M_0\left[\frac{r^2}{EI_s} + \frac{3{,}6(l_1^2+h^2)br}{Gl_1^3h^2} + \frac{zr}{GI_z}\right],$$

что равносильно тому условию, что подшипники не представляют никакого препятствия свободной деформации вала под влиянием чистого крутящего момента M_0. При этом последнем предположении A обращается также в 0 и приведенная длина колена получает следующее значительно более простое выражение:

$$\lambda_k = 2\frac{GI_0}{EI_s}r + 7{,}2\frac{I_0(l_1^2+h^2)}{l_1^3h^2}b + \frac{I_0}{I_z}z.$$

В этом выражении средний член имеет весьма малую величину и поэтому м. б. исключен, тем более, что этим отчасти компенсируется ошибка, получающаяся вследствие предположения свободной подвижности коренных цапф К. в.; т. о. с достаточной для практических целей точностью будем иметь:

$$\lambda_k = 2\frac{GI_0}{EI_s}r + \frac{I_0}{I_z}z.$$

Массы всех частей вала, неподвижно с ним связанных, для удобства вычислений также приводятся к фиктивной (приведенной) массе m, сосредоточенной на произвольно выбранном расстоянии R от оси вала; приведение отдельных масс совершают по ф-ле:

$$m_k = \frac{1}{R^2}\int_V \varrho_k^2\, d\mu_k = \frac{I_k}{R^2},$$

где интеграл распространяется по всему объему V приводимой массы μ_k, а ϱ представляет собой расстояние дифференциала массы от оси К. в., I_k является не чем иным как полярным моментом инерции массы μ_k относительно оси К. в.; полагая $R=1$, имеем упрощенное выражение $m_k = I_k$. Соединенные шарнирно с К. в. массы поршня и других движущихся прямолинейно-возвратно частей, а равным образом и шатуна, оказывают непрерывно изменяющееся влияние на участвующую в колебаниях массу К. в., причем это влияние изменяется от 0 в мертвых точках до полного соответствующего значения в половине хода поршня. Так. обр. участвующая в колебаниях масса, связанная с К. в., является переменной по времени. В виду того, что подсчеты при изменяющейся во времени фиктивной массе К. в. очень усложнили бы формулы, по почину Фрама массы частей, двигающиеся прямолинейно-возвратно, вводят в расчет в половинном размере. К этим массам (μ_r) причисляют массу поршня, поршневого пальца штока, крейцкопфа и определяемую обычным способом (см. *Динамика поршневых двигателей*) часть массы шатуна; другая часть массы шатуна (μ_s) считается сосредоточенной в центре цапфы кривошипа и совершающей лишь вращательное движение; т. о., обозначая через I_k момент инерции массы колена (т. е. двух плеч, противовесов и цапфы кривошипа) относительно оси К. в., получим следующее выражение для вычисления приведенной массы одного колена m_k со всеми связанными с ним частями:

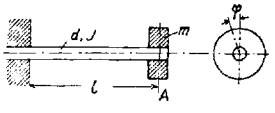
$$R^2 m_k = I_k + \left(\mu_s + \frac{\mu_r}{2}\right)r^2.$$

Массой центральных цилиндрич. частей самого вала обычно пренебрегают в виду ее ничтожного влияния на конечный результат.

Для возможности аналитического решения вопроса разлагаем кривую периодич. крутящих моментов $M = f(\omega t)$ в ряд Фурье:

$$M = A_0 + A_1\sin\omega t + A_2\sin 2\omega t + A_3\sin 3\omega t + \ldots + B_0 + B_1\cos\omega t + B_2\cos 2\omega t + B_3\cos 3\omega t + \ldots$$

Разложение диаграммы вращающих моментов для каждого колена с учетом влияния инерционных сил производят обыкновенно графическим способом, позволяющим по заданной графически кривой определить коэф-ты членов ряда Фурье. Можно принять, что действие отдельных гармоник на К. в. складывается; поэтому в дальнейшем будет рассмотрено лишь влияние одного гармонич. колебания порядка h; оба члена ряда Фурье, соответствующих этой гармонике, имеют вид:



Фиг. 20.

$$A_h\sin h\omega t + B_h\cos h\omega t.$$

Простейший случай крутильных колебаний, протекающих без затухания, представлен на фиг. 20: лишенный массы отрезок вала длиной l и постоянного диаметра d заделан одним концом; на противоположном конце закреплена нек-рая масса, к к-рой приложен периодически меняющийся момент, разложенный в ряд составляющих гармонических колебаний. Условия равновесия в плоскости

A (сумма силы инерции приведенной массы m, момента внутренних сил упругости скрученного вала и внешних сил должна быть равна 0) выразятся следующим диференциальным ур-ием:

$$-m\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}-c\varphi+\sum_{h=1}^{h=\infty}(A_h\sin h\omega t+B_h\cos h\omega t)=0,$$

где φ—угол скручивания вала в плоскости A и $c=\frac{GI}{l}$— постоянная, учитывающая упругость вала (постоянный член ряда отбрасываем как не участвующий в колебательном движении). Полное решение этого уравнения имеет вид:

$$\varphi=\alpha_0\sin\sqrt{\frac{c}{m}}\,t+\beta_0\cos\sqrt{\frac{c}{m}}\,t+$$
$$+\sum_{h=1}^{h=\infty}(\alpha_h\sin h\omega t+\beta_h\cos h\omega t),$$

где α_0 и β_0—произвольные постоянные интегрирования, выводимые из условий заделки концов вала, а коэфициенты ряда Фурье определяются по формулам:

$$\alpha_h=\frac{A_h}{c-mh^2\omega^2},\quad \beta_h=\frac{B_h}{c-mh^2\omega^2}.$$

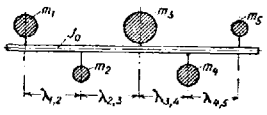
В выражении для φ первые два члена правой части выражают зависимость φ от собствен. колебаний вала, а вся дальнейшая часть— от вынужденных колебаний под влиянием внешних сил. Отсюда получаем угловую скорость частоты собственных колебаний вала:

$$\omega_0=\sqrt{\frac{c}{m}}=\sqrt{\frac{GI}{lm}},$$

откуда частота

$$n_0=\frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{GI}{lm}}.$$

Из выражения для α_h и β_h видно, что они, а следовательно и φ, обращаются в ∞, если для одной из гармоник конечной величины (A_h и $B_h\neq 0$ одновременно) $h\omega=\sqrt{\frac{c}{m}}=\omega_0$, т. е. если частота собственных колебаний вала совпадает с частотой одной из гармоник (случай резонанса); все эти формулы выведены для идеального случая К. в. из материала, лишенного внутреннего трения, при полном отсутствии всех внешн. сопротивлений; при этом условии декремент затухания $=0$, при всех же в действительности существующих веществах он $\neq 0$ и, как одно из следствий этого, φ не может ни при каких условиях принимать бесконечно больших значений. Решение задачи в общем виде сводится к нахождению в каждый данный момент угла отклонения любой из масс, жестко соединенных с К. в., относительно одной из масс, принятой за основную. Для этого сначала приводим К. в. со всеми связанными с ним массами к условной форме (фиг. 21) гладкого приведенного вала, имеющего произвольный, постоянный по всей длине момент инерции I_0, к которому на расстоянии приведенных длин $\lambda_{1,2}$, $\lambda_{2,3}$, ..., $\lambda_{k,k+1}$, ..., $\lambda_{n,n+1}$ расположены приведенные массы m_1, m_2, ..., m_k, ..., m_n. В плоскости



Фиг. 21.

вращения каждой из масс действуют изменяющиеся во времени крутящие моменты

$$M_1, M_2, \ldots, M_k, \ldots, M_n,$$

причем каждый из этих моментов разложен в ряд Фурье:

$$M_k=\sum_{h=1}^{h=\infty}(A_{k,h}\sin h\omega_k t+B_{k,h}\cos h\omega_k t).$$

Общий мгновенный угол вынужденных колебаний вала φ под влиянием этих моментов получаем в виде двойной суммы:

$$\varphi=\sum_{k=1}^{k=n}\sum_{h=1}^{h=\infty}(a_{k,h}\sin h\omega_k t+\beta_{k,h}\cos h\omega_k t).$$

Частоту собственных колебаний К. в. со многими массами находим, принимая внешние моменты $=0$ и находя условия равновесия для вала в плоскости каждой массы m_k. Условия равновесия всех n масс выражаются системой n диференциальных уравнений:

$$m_1\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial t^2}+c_{1,2}(\varphi_1-\varphi_2)=0$$
$$m_2\frac{\partial^2\varphi_2}{\partial t^2}+c_{1,2}(\varphi_2-\varphi_1)+c_{2,3}(\varphi_2-\varphi_3)=0$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$m_k\frac{\partial^2\varphi_k}{\partial t^2}+c_{k-1,k}(\varphi_k-\varphi_{k-1})+c_{k,k+1}(\varphi_k-\varphi_{k+1})=0$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$m_{n-1}\frac{\partial^2\varphi_{n-1}}{\partial t^2}+c_{n-2,n-1}(\varphi_{n-1}-\varphi_{n-2})+$$
$$+c_{n-1,n}(\varphi_{n-1}-\varphi_n)=0$$
$$m_n\frac{\partial^2\varphi_n}{\partial t^2}+c_{n-1,n}(\varphi_n-\varphi_{n-1})=0,$$

где φ_k — угол отклонения массы m_k от положения, занимаемого ею при недеформированном вале, а $c_{k,k+1}$ — упругая постоянная отрезка вала между массами m_k и m_{k+1}, причем

$$c_{k,k+1}=\frac{GI_0}{\lambda_{k,k+1}}.$$

Решая эту систему для угла φ_k отклонения любой массы m_k, имеем:

$$a_{n-1}\frac{\partial^{2(n-1)}\varphi_k}{\partial t^{2(n-1)}}+a_{n-2}\frac{\partial^{2(n-2)}\varphi_k}{\partial t^{2(n-2)}}+\ldots+a_q\frac{\partial^{2q}\varphi_k}{\partial t^{2q}}+\ldots+$$
$$+a_1\frac{\partial^2\varphi_k}{\partial t^2}+a_0\varphi=\alpha+\beta t,$$

где a_{n-1}, a_{n-2}, ..., a_q, ..., a_1, a_0—коэфициенты, получаемые по определенному закону [1] из соответственных значений m и c, а постоянные α и β выражаются суммами:

$$\alpha=\sum_{k=1}^{k=n}(m_k\varphi_{k\,0}),\quad \beta=\sum_{k=1}^{k=n}\left(m_k\frac{\partial\varphi_{k,0}}{\partial t}\right);$$

здесь $\varphi_{k,0}$ и $\frac{\partial\varphi_{k,0}}{\partial t}$ — заданные угол отклонения и угловая скорость массы m_k в начальный момент времени. Интегрируя диференциальные уравнения угла φ, получаем общее решение вида:

$$\varphi_k=\omega_0 t+\alpha_0+\sum_{x=1}^{x=n-1}[C_x\sin(\omega_x t+\varepsilon_x)],$$

где амплитуда колебаний массы C_x и угол сдвига фазы ε_x представляют $2(n-1)$ произвольных постоянных, полученных при интегрировании;

$$\omega_0=\frac{\beta}{\sum_{k=1}^{k=n}m_k},\quad \alpha_0=\frac{\alpha}{\sum_{k=1}^{k=n}m_k}.$$

а ω_x представляет собой модуль x-го мнимого корня $w_{(x)}$ характеристического ур-ия $2(n-1)$-й степени:

$$a_{n-1}w^{2(n-1)} + a_{n-}\,w^{2(n-2)} + \ldots + a_x w^{2x} + \ldots + a_2 w^4 + a_1 w^2 + a_0 = 0,$$ т. е. $w_{(x)} = \pm i\omega_x$.

Следовательно система вала с n массами имеет не одну, а $(n-1)$ различных частот собственных колебаний, равных $f_x = \frac{30}{\pi}\omega_x$ пер/мин. По уравнению для φ угол отклонения массы m_k состоит из постоянной части α_0, части $\omega_0 t$, происходящей от равномерного вращения К. в. с угловой скоростью ω_0, и из суммы собственно колебательных углов отклонения. Окончательно получаем в форме, удобной для вычислений, следующую систему уравнений для определения зависимости между собой амплитуд колебаний отдельных масс при заданной частоте ω возмущающего момента (углы сдвига фаз для всех масс равны между собой, т. е. $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \ldots = \varepsilon_x = \ldots = \varepsilon_n = \varepsilon$):

$$C_2 = C_1 - \frac{\omega^2}{c_{1,2}} m_1 C_1$$

$$C_3 = C_2 - \frac{\omega^2}{c_{2,3}}(m_1 C_1 + m_2 C_2)$$

. . . . . .

$$C_k = C_{k-1} - \frac{\omega^2}{c_{k-1,k}} \sum_{k=1}^{k=k-1} (m_k C_k)$$

. . . . . .

$$C_n = C_{n-1} - \frac{\omega^2}{c_{n-1,n}} \sum_{k=1}^{k=n-1} (m_k C_k).$$

Кроме того в случае резонансной частоты ω_r имеем следующее равенство:

$$\sum_{k=1}^{k=n} (m_k C_k) = 0.$$

Практически всего удобнее поступать след. образом: сначала находят приближенную величину ω^2, сводя число масс к минимуму путем сведения их в группы с массой, равной сумме рядом стоящих масс и расположенной в их общем ц. т.; сведя так. обр. число масс к трем (m_1', m_2' и m_3', с соответственными значениями $c_{1,2}'$ и $c_{2,3}'$), получаем для ω биквадратное ур-ие вида:

$$\omega^4 - \omega^2\left(c_{1,2}'\frac{m_1'+m_2'}{m_1'm_2'} + c_{2,3}'\frac{m_2'+m_3'}{m_2'm_3'}\right) + c_{1,2}'\,c_{2,3}'\frac{m_1'+m_2'+m_3'}{m_1'm_2'm_3'} = 0;$$

затем для полученных приближенных значений ω производят точный расчет по следующей схеме:

№ массы k	Приведенная масса m_k	Приведенная длина $\lambda_{k,k+1}$	$\frac{\omega^2}{c_{k,k+1}} = \frac{\omega^2}{Gl_0}\lambda_{k,k+1}$	C_k $(C_1 = 1{,}000)$	$m_k C_k$	$\sum_{k=1}^{k=k}(m_k C_k)$	$\frac{\omega^2}{c_{k,k+1}}\sum_{k=1}^{k=k}(m_k C_k)$

При ω, равном в точности частоте собственных колебаний ω_r вала, $\sum_{k=1}^{k=n}(m_k C_k)$ должна равняться 0; при первом подсчете, вообще говоря, получим величину, отличную от нуля; проделав вычисление для немного разнящейся величины ω путем интерполирования, сможем найти значение ω_r с любой степенью точности. Величина действительных колебаний вала под действием ряда n моментов, приложенных по длине его, сводится по предыдущему к суммированию влияния отдельных гармонических моментов равного периода. Разлагая действующие моменты в ряды Фурье и отбирая моменты равного периода $\omega l = l\omega t$, равные

$$M_{l,1},\ M_{l,2},\ldots,\ M_{l,k},\ \ldots,\ M_{l,n}$$

и действующие соответственно в плоскостях вращения приведенных масс $m_1, m_2, \ldots, m_k, \ldots, m_n$, получим для моментов соответственно выражения:

$$M_{l,1} = A_{l,1}\sin\omega_l + B_{l,1}\cos\omega_l$$

. . . . . .

$$M_{l,k} = A_{l,k}\sin\omega_l + B_{l,k}\cos\omega_l$$

. . . . . .

$$M_{l,n} = A_{l,n}\sin\omega_l + B_{l,n}\cos\omega_l.$$

Амплитуды колебаний отдельных сечений вала $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_k, \ldots, \gamma_n$ под действием всех моментов данных периода и фазы получим путем последовательных вычислений по следующим формулам для каждой фазы A и B; обозначаем амплитуды, вызываемые фазой A, через $C_1', C_2', \ldots, C_k', \ldots, C_n'$, а фазой B—через $C_1'', C_2'', \ldots, C'', \ldots, C_n''$, тогда получаем:

$$C_2' = C_1' - \frac{m_1\omega_l^2 C_1' + A_{l,1}}{c_{1,2}}$$

. . . . . .

$$C_k' = C_{k-1}' - \frac{\sum_{k=1}^{k=k-1}(m_k\omega_l^2 C_k' + A_{l,k})}{c_{k-1,k}}$$

. . . . . .

$$C_n' = C_{n-1}' - \frac{\sum_{k=1}^{k=n-1}(m_k\omega_l^2 C' + A_{l,k})}{c_{n-1,n}}.$$

Ф-лы для C_k'' отличаются лишь тем, что в них $A_{l,k}$ заменено $B_{l,k}$, а C' и C_{k-1}'— соответственно через C_k'' и C_{k-1}''. Полагая $C_1' = x$ и $C_1'' = y$, получим в конечном счете выражение всех C через x и y. Для свободных концов вала сумма всех моментов $= 0$; вследствие этого суммы моментов в последнем свободном отсеке вала по обеим фазам приводятся к виду $a_1 x + b_1 = 0$ и $a_2 y + b_2 = 0$, откуда получаем действительные значения для амплитуд C_1' и C_1''; общая амплитуда γ_k в данной точке k вала получается из ур-ия:

$$\gamma_k = \sqrt{C_k'^2 + C_k''^2};$$

угол сдвига фазы колебания в той же точке $\varepsilon_k = \operatorname{arc\,tg}\frac{C_k''}{C_k'}$. Обозначим через $\gamma_{k,k+1}$ разность между двумя соседними углами скручивания в точках k и $k+1$; значение ее может быть получено из формулы:

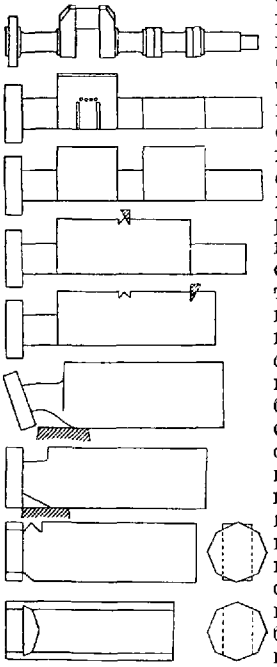
$$\gamma_{k,k+1} = \pm\sqrt{\gamma_k^2 + \gamma_{k+1}^2 - 2\gamma_k\gamma_{k+1}\cos(\varepsilon_{k+1} - \varepsilon_k)}.$$

Тогда максимальное значение касательного напряжения $\tau_{k,k+1}$, возникающего на дан-

ном участке (от точки k до точки $k+1$) вала диаметром d с действительным полярным моментом сопротивления $W=\frac{2I}{d}=\frac{\pi d^3}{16}$, получим из уравнения:

$$\tau_{k,\,k+1}=\frac{GI_0}{W}\cdot\frac{\gamma_{k,\,k+1}}{\lambda_{k,\,k+1}}.$$

4. Производство К. в. Изготовление составных К. в. и кривошипов ничем не отличается от производства нормальных машинных частей. Отдельные составные части отковывают или отливают, обрабатывают на нормальных станках соответствующей мощности и затем собирают на гидравлич. прессах или, при посадке в горячем виде, также на винтовых прессах. Цельн. К. в. крупных размеров обыкновенно изготовляются из больших болванок, при этом сначала все колена отковывают в одной плоскости (последовательные фазы отковки двухколенного вала изображены на фиг. 22), а затем особым рычагом их поворачивают на требуемый угол. Для последующей обработки кривошипных шеек часто применяют специальные *токарные станки* (см.). Производство К. в. автомобильных моторов имеет ярко выраженный характер массового производства. Отрезанные до требуемой длины заготовки нагревают до ковочной $t°$ в газовых или коксовых муфельных печах, отковывают в специальных штампах и затем подвергают термическ. и механическ. обработке. С целью уменьшения до минимума числа нагревов при отковке часто ковочный штамп делают двойным (фиг. 23): в части *а* предварительно изгибают заготовку до формы, приблизительно напоминающей К. в., затем рабочий переворачивает изогнутую заготовку на 90°, кладет в форму *б* и отковывает вал

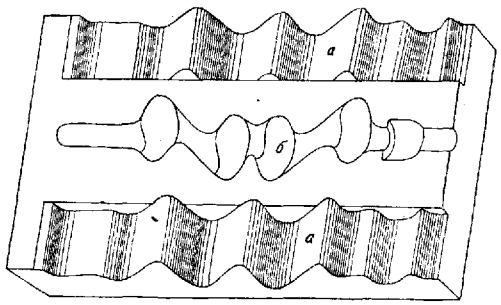


Фиг. 22.

начерно. Чистовую отковку производят в особом штампе после повторного нагрева. Механическ. обработка автомобильных К. в. производится на специальных *токарных станках* (см.), шлифовальных и полировальных станках (см. *Шлифовальные станки*); для предупреждения дрожания, происходящего от недостаточного *уравновешивания* (см.) масс К. в., их подвергают статической и динамической балансировке на специальных уравновешивательных машинах.

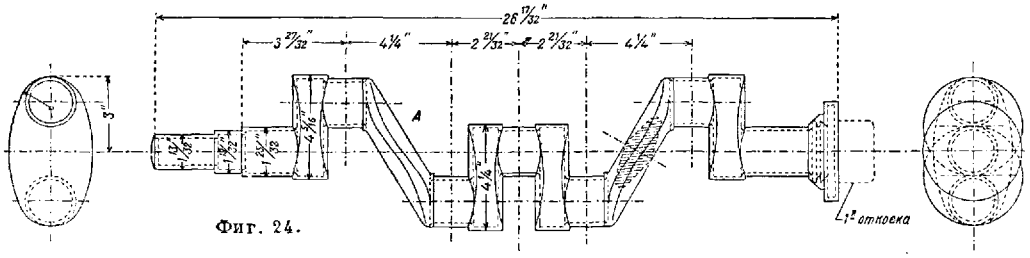
В качестве примера последовательного хода всей обработки К. в. ниже приведена схема производства К. в. мотора автомобиля «Форд» мод. А 1928 г. (фиг. 24; сплошными линиями изображена форма поковки, пунктирными—окончательная форма обработанного вала).

Материалом для производства этих К. в. является углеродистая сталь следующего химич. состава: 0,35—0,40% C, 0,7—0,9% Mn, 0,07—0,15% Si, <0,04% P, <0,05% S. Отковка производится в четыре приема: 1) заготовка изгибается в боковой части *а*



Фиг. 23.

чернового штампа (фиг. 23), 2) в средней части *b* того же штампа ей придается предварительная форма, 3) после нового нагрева заготовку отковывают начисто в особом, чистовом штампе и 4) после удаления заусенцев на осадочно-ковочной машине отковывают фланец вала. Длинные плечи К. в. *а* (фиг. 24), остающиеся в дальнейшем необработанными, д. б. откованы с особой тщательностью, чтобы не нарушать уравновешивания всего вала; колебания размеров по ширине и толщине в любом, симметричном относительно оси К. в. сечении допускаются не свыше 0,75 *мм*; пересечение осей симметрии длинного плеча не должно лежать дальше 0,5 *мм* от оси К. в. Штампы делаются из специальной стали, отжигаются после обработки при 850°, протравляются в разведенной H_2SO_4, закаливаются с $t°$ в 815° в растворе едкого натра и затем отпускаются при 525°. Штампы первоначально имеют 305 *мм*



Фиг. 24.

высоты и обычно до окончательной негодности 4 раза идут в перегравировку; при изготовлении их 80% работы совершается на автоматич. гравировальных машинах систе-

мы Keller; широко применяются также для отделки фрезеры с гибким валом; количество чисто ручной работы при этом сведено до минимума. Черновые штампы выдерживают 15 000—20 000 отковок, чистовые—ок. 3 000. Горячая обработка состоит из 10 операций, приведенных в таблице 6. Детализированный план холодной обработки приведен в табл. 7.

Табл. 6.—План горячей обработки коленчатого вала.

№ опер.	Наименование операции	Тип и размер машины	Произв. (штук в час)
A	Отрезка от штанги по длине	Ножницы Hilles a. Jones, № 5	300
B	Отковка начерно	Паромолот 2 200 кг сист. Erie	40
C	2-й нагрев и отковка начисто	» 2 200 » » »	40
D	Удаление крупных заусенцов в горячем виде	Пресс Bliss № 207	40
E	Окончательное удаление заусенцов в холодном виде	Пресс Bliss № 76½	75
F	3-й нагрев и отковка фланца	Осадочно-ковочная машина Aiax, 4 дм.	100
G	Зачистка заусенцов (необходима лишь у ~10% валов)	Наждачный круг Norton, модель D	40
H	Отжиг	Тоннельная печь с толкачом	24
I	Протравка в растворе H_2SO_4	Резервуары с конвейерной установкой	80
K	Очистка проволочной щеткой	Шлифовальная машина Norton № 1½	60

Табл. 7.—План холодной обработки коленчатого вала.

№ опер.	Наименование операции	Тип и размер машины	Произв. (штук в час)
1	Выпрямление средней коренной цапфы	Пресс Ferracute, модель P-3	200
2	Выпрямление крайних коренных цапф	Тот же пресс	70
3	Центровка болванки одновременно с обоих концов	Специальный станок сист. Ford	100
4	Контроль выпрямления и центровки (ок. 40% брака)	*Особое приспособление*, вручную	—
5	Исправление брака операций 1—3	Пресс Ferracute, P-3	60
6	Шлифовка начерно средней коренной цапфы на центрах	Кругло-шлифовальный станок Landis, 12××30 дм.	65
7	Обточка начерно 3 коренных цапф, их фасок, плоскостей плеч и переднего конца К. в.	Специальный токарный станок для обточки К. в. сист. Wick, 34 дм.	25
8	Обточка начерно цапфы для переднего шкива	Токарный, двухсупортный многорезцовый станок Reed-Prentice, № 1, 6 фт.	40
9	Обточка начерно наружной цилиндрич. поверхности фланца и брызгательного кольца	Специальный токарный станок для обточки фланцев К. в. сист. Wick, 20 дм.×6 фт.	24
10	Обточка передней боковой поверхности фланца	Токарный станок Reed-Prentice, 14 дм.××6 фт.	100
11	Обточка задней боковой поверхности фланца	Токарный станок Reed-Prentice, №0, 6 фт., ручная подача, пружинный рейтшток	100
12	Вторичная центровка заднего центра	Сверлильный станок Foot-Burt, №25, 24 дм.	60
13	Выпрямление средней коренной цапфы	Пресс Ferracute, P-3	100
14	Сверловка и шарошение отверстия 0,375 дм. во фланце	Одношпиндельный сверлильный станок Foot-Burt, № 23, 20 дм.	60
15	Контроль коренных цапф и отверстия 0,375 дм.	Специальные калибры, вручную	—
16	Шлифовка начерно передней коренной цапфы	Круглошлифовальный станок Landis, № 22-A, 16×32 дм.	65
17	Шлифовка начерно цилиндрич. поверхности задней коренной цапфы	Тот же станок	65
18	Контроль размеров коренных цапф	Предельные калибры, вручную	—
19	Обточка начерно наружных цилиндрич. поверхностей плеч	Специальный токарный станок для обточки К. в. по шаблону сист. Melling	35
20	Обточка начерно шатунных шеек и боковых поверхностей плеч	Специальный токарный станок для обточки К. в. сист. Melling, тип CF	20
21	Контроль размеров и правильности положения осей	Особые приспособления и предельные калибры, вручную	—
22	Нагрев, закалка, отпуск	Специальные печи сист. Ford с конвейерной установкой	75
23	Очистка от окалины щетками	Шлифовальный станок Leland and Faulkner, № 1	375
23A	Испытание твердости по Бринелю	Пресс Бриннеля, автомат для всех 7 шеек	375
24	Выпрямление средней коренной цапфы на центрах	Пресс Ferracute, P-3	150
25	Выпрямление обеих крайних коренных цапф	Тот же пресс	50
26	Контроль правильности взаимного расположения осей	Особые приспособления, вручную	—

Табл. 7.—План холодной обработки коленчатого вала. (Продолжение.)

№ опер.	Наименование операции	Тип и размер машины	Произв. (штук в час)
27	Выпрямление оказавшихся при контроле неправильными К. в. (ок. 60% всего количества)	Пресс Ferracute, P-3	70
28	Очистка центровых отверстий от окалины	Специальный центровочный станок Ford, тип 18z—742	150
29	Сверление и шабрение отверстий во фланце	Специальный сверлильный станок Ford, тип 18z—734	68
30	Контроль отверстий	Предельные калибры, вручную	—
31	Обточка начисто переднего торца К. в.	Токарный станок Reed-Prentice, 16 дм.××5 фг., машинная подача	144
32	Повторная центровка переднего конца К. в.	Сверлильный станок Foot-Burt, № 23	100
33	Получистая шлифовка задней коренной цапфы	Шлифовальный станок Landis, 12×36 дм.	50
34	Получистая шлифовка средней коренной цапфы	Тот же станок	60
35	Выпрямление средней коренной цапфы	Пресс Ferracute, P-2	170
36	Шлифовка начерно цапфы ременного шкива	Круглошлифовальный станок Landis, № 23-A	87
37	Шлифовка начерно цапфы зубчатого колеса	Тот же станок	75
38	Получистая шлифовка передней коренной цапфы	Тот же станок	50
39	Получистая шлифовка задней коренной цапфы	Тот же станок	50
40	Контроль коренных цапф и положения их осей	Особые приспособления, вручную	—
41	Выпрямление средней коренной цапфы	Пресс Ferracute, P-2	150
42	Получистая шлифовка шатунных шеек 2-го и 3-го цилиндров	Шлифовальный станок с двумя головками Landis, 16×32 дм.	28
43	Получистая шлифовка шатунных шеек 1-го и 4-го цилиндров	Тот же станок	15
44	Выпрямление средней коренной цапфы	Пресс Ferracute, P-2	120
45	Шлифовка контуров шатунных шеек 1-го и 4-го цилиндров широкими наждачными кругами	Шлифовальный станок с двумя головками Landis, 16×32 дм.	20
46	Та же операция над шейками 2-го и 3-го цилиндров	Тот же станок	37
47	Выпрямление средней коренной цапфы	Пресс Ferracute, P-2	120
48	Контроль размеров и взаимного положения шатунных шеек	Специальное приспособление, вручную	—
49	Обточка закруглений и масляной канавки передней коренной цапфы	Токарный станок Reed-Prentice, 14 дм.××6 фг., ручная подача	100
50	Обточка начисто торцевой поверхности фланца	Тот же станок, машинная подача	30
51	Обточка начисто выемки во фланце	Токарный станок Reed-Prentice, № 0, 7 фт., машинная подача	45
52	Обточка начисто наружной цилиндрич. поверхности фланца, обточка фасок	Токарный станок Reed-Prentice, 14 дм.××6 фт.	60
53	Раззенковка 4 отверстий во фланце	4-шпиндельный сверлильный станок Cincinnati Drill Co., 21 дм.	190
54	Нарезка резьбы в 4 отверстиях фланца	4-шпиндельный сверлильный станок Cincinnati Drill Co., 24 дм.	65
55	Сверление отверстия для укрепления стартерного храповичка	Одношпиндельный сверлильный станок Cincinnati Drill Co., 21 дм.	55
56	Нарезка резьбы $^{5}/_{8}$ дм. полупроходным метчиком	Тот же станок	60
57	Нарезка резьбы начисто	Тот же станок	60
58	Шлифовка начисто наружной поверхности брызгательного кольца	Круглошлифовальный станок Landis, 12×××36 дм.	65
59	Шлифовка начисто средней коренной цапфы	Круглошлифовальный станок, Landis, 16×××36 дм.	30
60	Последнее и окончательное выпрямление средней коренной цапфы	Пресс Ferracute, P-3	85
61	Контроль размеров фланца, выточки в нем и брызгательного кольца	Специальные калибры, вручную	—
62	Шлифовка начисто задней коренной цапфы	Круглошлифовальный станок Landis, 16×××36 дм.	34
63	То же передней коренной цапфы	Тот же станок	38
64	То же цапфы для зубчатого колеса	Тот же станок	65
65	То же цапфы для шкива	Круглошлифовальный станок Norton, 10×××24 дм.	60
66	Фрезеровка шпоночной канавки в цапфе для зубчатого колеса	Фрезерный станок Pratt and Whitney, № 2	125
67	Контроль коренных цапф	Специальное приспособление и предельные калибры, вручную	—
68	Обточка фасок и удаление заусенцов на цапфах	Токарн. станок Reed-Prentice, 14 дм.×6 фт.	175

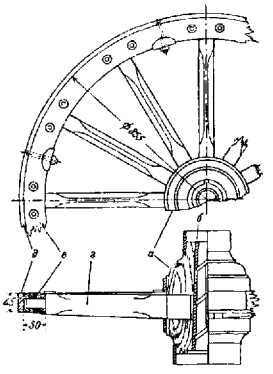
Табл. 7.—План холодной обработки коленчатого вала. (Продолжение.)

№ опер.	Наименование операции	Тип и размер машины	Произв. (штук в час)
69	Опиловка всех углов	Специальная машина для опиловки Schranner, вручную	150
70	Полировка упора на задней коренной цапфе	Круглошлифовальный станок Landis, 23-А, 16×42 дм.	65
71	Шлифовка начисто задней торцевой поверхности фланца	Круглошлифовальный станок Landis, 12×36 дм.	65
72	Очистка коленчатых валов	Специальная моечная машина Ford	300
73	Общий контроль размеров и взаимного положения цапф	Специальные приспособления и калибры, вручную	—
74	Предварительная полировка всех цапф	Специальная полировальная машина для К. в. Schranner	—
75	Окончательная полировка всех цапф	Та же машина	—
76	Окончательный общий контроль размеров всех частей К. в.	Специальные приспособления и калибры, вручную	—
77	Определение степени неуравновешенности	Специальный станок для уравновешивания Gisholt	—
78	Высверливание для уравновешивания отверстий в плечах на определенную при операции 77 глубину	Двойной одношпиндельный сверлильный станок Cincinnati Drill Co., 2×20 дм.	—
79	Проверка достигнутого уравновешивания (неудовлетворительные К. в. идут снова на операцию 78)	Специальный станок для уравновешивания Gisholt	—

Лит.: [1]) «Schiffbau», Berlin, 1906/07, p. 823.
Бобарыков И. И., Детали машин, Часть специальная, М.—Л., 1927; Тимошенко С. П., Курс сопротивления материалов, 6 издание, М.—Л., 1928; Наумов В. С., Примерный расчет коленчатого вала двигателя, М.—Л., 1928; Феппль О., Штромбек Г. и Эберман Л., Быстроходные дизеля, перевод с немецкого, М.—Л., 1928; Бах К., Детали машин, т. 2, Москва, 1929; Берлов М., Детали машин, вып. 7, Петербург, 1911; Сидоров А. И., Курс деталей машин, ч. 2, М.—Л., 1926; Шульц В. Ф., Цапфы, оси и валы, Киев, 1927; Гюльднер Г., Двигатели внутреннего сгорания, их работа, конструкция и проектирование, пер. с нем., т. 1, М., 1927; Дуббель Г., Двигатели внутреннего сгорания стационарные и судовые, перевод с нем., Л., 1928; Кернер К., Конструирование дизелей, пер. с нем., т. 1—3, Л., 1928; Ридль К., Новейшие быстроходные автомобильные моторы, пер. с нем., М., 1927; Бергман О., Горячая обработка металлов, т. 5, Кузнечное дело, М.—Л., 1928; Rötscher F., Die Maschinenelemente, B. 2, Berlin, 1929; Gessner A., Mehrfach gelagerte abgesetzte und gekröpfte Kurbelwellen, Berlin, 1926; Dubbel H., Öl- u. Gasmaschinen, Berlin, 1926; Polster H., Untersuchung d. Druckwechsel u. Stösse im Kurbelgetriebe von Kolbenmaschinen, «Forschungsarbeiten», B., 1915, H. 172/173; Ensslin M., Mehrmals gelagerte Kurbelwellen mit einfacher und doppelter Kröpfung, Stuttgart, 1902; Gompertz, Über abgesetzte und gekröpfte Wellen, B., 1913; Heidebrock, Berechnung von mehrfach gelagerten, schnellaufenden Wellen, «Maschinenbau», Berlin, 1922, H. 4; Föppl O., Grundzüge d. technischen Schwingungslehre, Berlin, 1923; Geiger J., Mechanische Schwingungen u. ihre Messung, Berlin, 1927; Roth P., Schwingungen von Kurbelwellen, «Z. d. VDI», 1904, B. 48, p. 564; Gümbel L., Verdrehungsschwingungen u. ihre Dämpfung, ibid., 1922, B. 66, p. 252; Drewes R., Neues graphisches Verfahren auf statischer Grundlage zur Untersuchung beliebiger Wellenmassensysteme auf freie Drehschwingungen, ibidem, 1918, B. 62, p. 588; Holzer H., Die Berechnung der Drehschwingungen und ihre Anwendung im Maschinenbau, B., 1921; Wydler H., Drehschwingungen in Kolbenmaschinenanlagen u. d. Gesetz ihres Ausgleiches, B., 1922; Liebhaber A., Anfertigung u. Bearbeitung von gekröpften Kurbelwellen, «Werkstattstechnik», Berlin, 1912, Jg. 6, p. 336; Meyer E., Über d. Einfluss d. Kröpfungsecken auf d. Formänderung von gekröpften Kurbelwellen, «Z. d. VDI», 1909, B. 53, p. 295; Diller H., Näherungsweise Bestimmung d. Auflagerkräfte an statisch unbestimmten Wellen. Dissertation, Aachen, 1926; Geiger J., Über Verdrehungsschwingungen von Wellen, insbesondere v. mehrkurbligen Schiffsmaschinenwellen. Disseriation, Augsburg, 1914; Tolle M., Regelung d. Kraftmaschinen (Kapitel: Torsionsschwingungen), 3 Auflage, Berlin, 1921; Purday H. F., Diesel Engine Design, 3 edition, London, 1928; Heldt P. M., The Gasoline Engine, v. 1, 7 edition, New York, 1926.

Л. Павлушков.

КОЛЕСНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. Предметом К. п. является колесо, самая ответственная часть экипажа, подвергающаяся сильному износу и часто сменяемая. Большой постоянный спрос на колеса давно вызвал к жизни К. п. как самостоятельную отрасль промышленности. Современ. К. п. характеризуется всеми признаками массового производства: а) типизацией моделей, б) механизацией процесса производства, в) специальными станками для производства отдельных операций. Колесо состоит из центральной части, к-рая носит название ступицы, из обода и спиц (фиг. 1). Через середину ступицы *а* проходит ось экипажа. Специальное назначение экипажа сказывается на конструкции подшипника *б* в ступице: у арбы или деревенской телеги подшипником служит сама ступица, снабженная отверстием, в к-рое входит с большой игрой ось, у более усовершенствованных экипажей и телег в ступице колеса имеются более сложные подшипники, в виде чугунного вкладыша (фиг. 1) или более сложной конструкции, до шариковых подшипников включительно. Наружная, катящаяся часть *в* колеса носит название обода; обод соединяется наглухо со ступицей при помощи спиц *г*. От быстрого разрушения обод предохраняется т. н. шинами *д*, к-рые м. б.

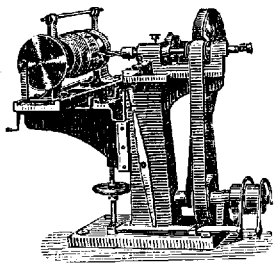


Фиг. 1.

железными и резиновыми. Иногда, при резиновых шинах, обод изготовляется из мягкой стали. Главное распространение имеет колесо, в котором ступица, спицы и обод изготовлены из дерева. Так как колесо несет всегда большую нагрузку и подвержено толчкам, то породы дерева для изготовления колеса берутся вязкие и твердые—дуб, ясень, бук, вяз.

Колесное производство распадается на следующие две фазы: обработка отдельных деталей и сборка их.

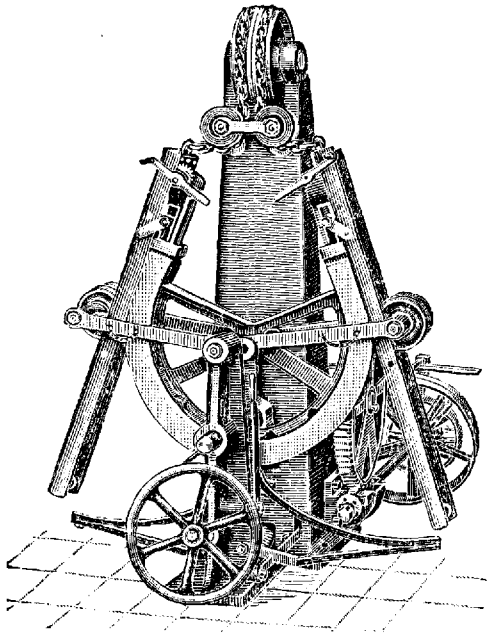
Обработка отдельных деталей. Ступица выделывается из кряжей и проходит следующий ряд операций. 1) Распиловка на отдельные болванки при помощи поперечной циркульной пилы, маятниковой или педальной (последняя дает более высокую производительность). Сырье поступает в производство в воздушносухом состоянии (33—38% абс. влажности), в окоренном виде. 2) На токарных станках болванке дают сначала грубую обточку по массиву, затем фасонную обточку по лекалу. 3) С токарного станка болванка поступает на сверлильный станок, на к-ром по оси ступицы высверливается центровое отверстие для облегчения процесса сушки болванки до т. н. производственной влажности (8—10% абс. влажности). 4) По высверловке отверстия болванка доставляется к долбежно-сверлильному станку (фиг. 2), где в ней выдалбливаются гнезда для спиц. Станки снабжаются делительным приспособлением для точности выборки гнезд. 5) Следующая операция заключается в выборке заплечиков у гнезд ступицы на фрезерном или фасонно-токарном станке по шаблону; эту операцию производят иногда после сушки болванки. 6) Приготовленные так. образ. болванки под ступицу поступают сначала в варочный чан, где при $t°$ 60—65° они провариваются в течение около 10 час.; оттуда они нагружаются на вагонетки и поступают в сушилку и далее на склад полуфабрикатов.



Фиг. 2.

Обод. Параллельным ручьем идет подготовка обода и спиц. Обод изготовляется либо цельногнутый либо т. наз. косяковый; последний применяется в последнее время гораздо чаще, т. к. получение заготовок для цельного обода, вследствие недостатка в подходящей древесине, затруднительно. Если в дело идет цельный обод, то операции проходят в следующ. порядке. Сначала срезают на ленточной пиле концы обода напет, затем обод застрагивают (на строгальном станке) по шаблону, сразу с трех сторон—с внутренней и двух боковых; после остружки производят сверление отверстий для спиц, а также отверстий на концах обода, для связки при помощи деревянных нагелей. Косяковый обод проходит следующие операции: 1) сырье поступает в производство в виде клепки сначала на обыкновенный фуговальный станок, где производится офуговка одной внутренней поверхности; 2) после офуговки клепка поступает на четырехсторонний строгальный станок для обрусовки клепки на косяковый брусок по шаблону; 3) косяковый брусок идет в парильный аппарат, где он выдерживается около 2 час. в атмосфере пара давлением до 1,5 *atm*, откуда брусок поступает непосредственно на специальный гнутарный станок для выгиба на косяк в шаблонах (фиг. 3), затем в сушилку и оттуда на склад полуфабрикатов.

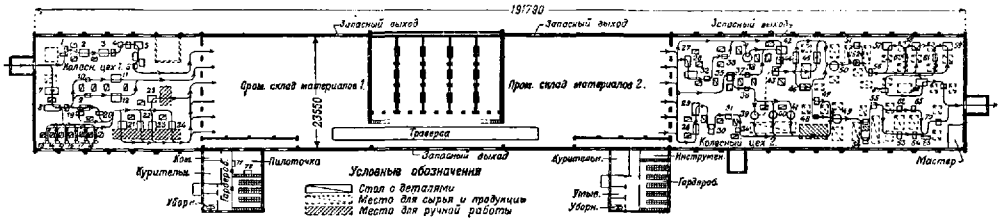
Спица проходит самостоятельный ручей: заготовка, в виде брусковой заготовки, сначала оторцовывается на круговой пиле по длине, а затем идет на укладку в сушильные вагонетки и дальше в сушилку для доведения заготовки до производственной сухости (8% влажности). Одновременно идет заготовка деревянных клиньев, идущих на закрепление спиц в ободе, и металлическ. частей колеса: колец, шпилек, шин, заклепок, болтов с гайками и втулок подшипников. Металлическ. части либо поступают на колесный з-д в готовом виде либо, в особо крупных производствах, изготовляются в специальном кузнечно-слесарном цехе, кроме втулок, которые всегда поступают в готовом виде, особенно если они сложны по конструкции. Кольца и шины на современных заводах не склепываются, а свариваются по шаблону на электросварочных аппаратах (см. *Сварка электрическая*). Деревянные клинья после вырезки на пиле (дисковой или ленточной) идут, так же как и все остальные деревянные детали, сначала в сушилку, а затем на склад полуфабрикатов, который в технологическом процессе играет роль промежуточного склада.



Фиг. 3.

Процесс сборки идет параллельно в три ручья, в следующем порядке. 1) Производится окольцовка ступицы двумя коль-

нами при помощи гидравлического пресса. 2) Бруски для спиц идут на копировальный станок для обработки по лекальному образцу. 3) Спицы поступают на шипорезный станок для зарезки нижнего прямого шипа (репье) для насадки на ступицу. 4) Далее они идут на горизонтальный ленточно-шлифовальный станок для зашлифовки фасона спицы. 5) Косяковый обод после сушки идет



Фиг. 4.

на круговую пилу для оторцовки по шаблону. 6) Оттуда обод поступает на сверлильный станок для одновременного высверливания двух отверстий для спиц. Далее производственный процесс охватывает три последовательные фазы сборки колеса: сборку репья (насадку спиц на ступицу), наводку обода на репье и ошиновку колеса. 7) Сборка репья производится на специальном станке-молоте, на котором и производится постепенная забивка спиц в тело ступицы. 8) После насадки спиц, на специальном застрижечном станке нарезают на верхнем конце спицы шип с заплечиками. 9) После этой операции репье поступает на фрикционный пресс, для набивки косякового обода на репье и загонки клиньев в расщепленные концы спиц, с последующей зачисткой. 10) Дальше идет ошиновка колеса путем насадки шины в холодном состоянии на обод при помощи гидравлическ. пресса. Если употребляется в производстве цельногнутый обод, то наводка его производится при помощи специального гидравлического пресса, к-рый осаживает обод на репье и в зажатом виде производит сращивание обода деревянными круглыми клиньями (нагелями), после чего колесо идет на остройку наружного края обода (на специальном строгальном станке) и на ошиновку. 11) При косяковом ободе колесо после ошиновки поступает на токарный лобовой станок, где производится обточка щек обода на конус в размер ширины шины. 12) Дальше следует операция засверловки и раззенковки отверстий в шине и ободе для пропуска болта с головкой впотай, т. е. вровень с поверхностью шины. Иногда засверловку отверстий в шине делают заранее, но это представляет некоторое неудобство при насадке шины на обод, т. к. требуется аккуратная пригонка шины «по месту», что замедляет процесс ошиновки. 13) После закрепления болтов колесо идет на штамповальный станок, который производит закрепление заклепок, попарно у каждой спицы, с расклепкой головки. 14) Собранное так. обр. колесо идет на токарный лобовой станок для расточки осевого отверстия в ступице для втулки или подшипника более сложной конструкции. 15) Далее колесо поступает на гидравлический пресс для запрессовки втулки или подшипника.

Этим операция сборки колеса заканчивается. Далее следует проверка правильности сборки и зачистка колеса на проверочном станке, после чего оно идет или на склад готовых изделий или в малярное отделение для олифовки и покраски погружением или пульверизацией.

На фиг. 4 приведен схематический план расположения станков на заводе производительностью 105 000 колес в год.

На фиг. 4 представлены: *1* — балансирная пила; *2* — *3* — токарные станки; *4* — сверлильный станок; *5* — долбежный станок; *6* — фрезерный станок; *7* — торцовка двухпильная; *8* — фуганок автоматический; *9*—*10*—ленточные пилы; *11*—*12*—копировальные станки; *13*—*20*—парильные аппараты; *21*—*25*—гнутарные станки; *26* — *27*—фуганки; *28* — *30*—фрезерные двухшпиндельные станки; *31*—*32*—торцовки; *33*—*34*—сверлильные станки; *35*—шипорезный станок; *36* — *37* — шлифовальные станки; *38* — пресс гидравлический; *39*—*41*—звездочки; *42*—молот; *43*—застрижечный станок; *44*—*46*—фрикционные прессы; *47*—*48*—сверлильные станки; *49*—*50*—гидравлический пресс; *51*—*54*—сверлильные станки по металлу; *55*—сверлильный станок; *56*—сверлильный двухшпиндельный станок; *57*—*59*—лобовые токарные станки; *60*—*66*—верстаки; *67*—штамповальный пресс; *68*—пресс для втулок; *69* — *70* — проверочные станки; *71* — *72* — точильные станки. **М. Квятковский.**

Авиационные колеса. Производство авиационных колес распадается на след. основные отделы: 1) изготовление обода, 2) изготовление деталей колеса, 3) сборка колеса.

1. Изготовление обода. Исходным материалом для изготовления ободов авиационных колес служит горячепрокатанная мягкая углеродистая сталь, хорошо сваривающаяся, в виде полос или лент (в рулонах), толщиной от 2 до 5 *мм*. Химич. состав стали марки М для ободов авиационных колес следующий (в %):

C	0,20—0,30	S	0,04
Mn	0,65	Ni	$\leqslant$ 0,25
Si	$\leqslant$ 0,25	Cr	$\leqslant$ 0,18
P	$\leqslant$ 0,04		

Механические свойства той же стали:

Сопротивление на разрыв, *кг/мм*²	40—50
Относительное удлинение, %	$\geqslant$ 22
Сужение площади поперечн. сечения, %	$\geqslant$ 45
Число загибов на 180°:	
на бруске ∥ прокатке	10
» » ⊥ »	5

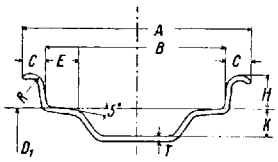
Сталь допускается к приемке при удлинении 20%, если при испытании на повторный загиб брусок, вырезанный по направлению прокатки, выдерживает не менее 14, а ⊥ к направлению прокатки не менее 7 загибов на 180°

Различают два типа ободов: 1) с прямыми закраинами для покрышек с проволочным бортом (фиг. 5) и 2) с загнутыми внутрь закраинами для покрышек с резиновым бортом (фиг. 6, *V*). Примерные размеры элементов профиля обода первого типа приведены в табл. 1 и показаны на фиг. 5.

Табл. 1.—Размеры элементов профиля обода (в мм).

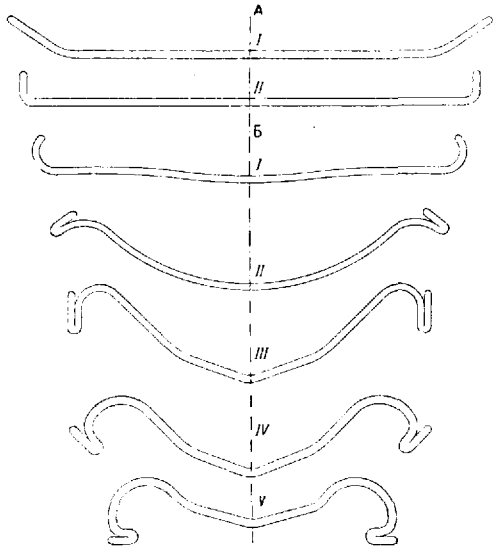
Размеры покрышки $D \times d$	⌀ обода D_1	A	B	C	E	H	K	R	T
550× 50	450	70	50	10	15	12	12	6	2
600× 75	450	70	50	10	15	12	12	6	2,5
700×100	500	90	70	10	20	15	15	8	2,5
750×125	500	100	80	10	20	15	15	8	2,5
800×150	500	130	100	15	20	20	20	10	3
900×300	500	170	130	20	25	20	20	10	3,5
1 000×200	600	170	130	20	25	20	20	10	4
1 100×250	600	210	170	20	30	25	25	12	4
1 350×300	750	250	210	20	35	25	25	12	5
1 600×350	900	290	250	20	40	25	25	12	5

Производство ободов состоит из следующих операций. 1) Разрезка стальной ленты требуемого сечения на куски нужной длины и ширины и одностороннее сужение концов для заправки в волочильный и профильно-прокатный станки. Операции эти выполняются на гильотинных или дисковых ножницах. В случае применения ленты точных стандартных размеров, разрезка по ширине отпадает.



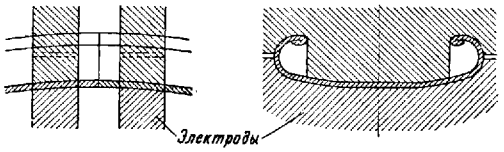
Фиг. 5.

Для обода, выбранного нами в качестве примера при изложении производственных операций и имеющего диаметр 500 *мм*, длина заготовки равна 2 000 *мм*, ширина — 148 *мм*. Сужение концов производится на длине 200 *мм*, причем ширина конца получается равной 25 *мм*.



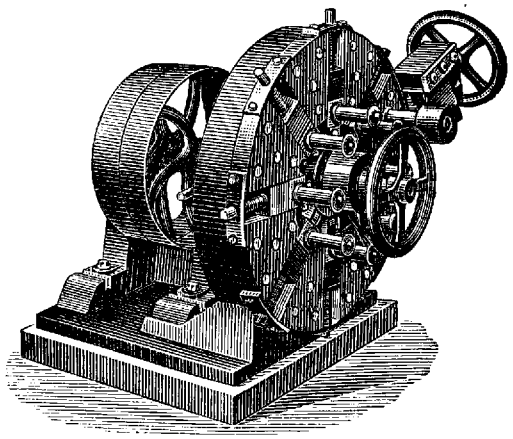
Фиг. 6.

2) Профилирование и сворачивание. Предварительная профилировка производится на волочильном станке через ролики в две стадии; изменение профиля показано на фиг. 6, А. Дальнейшая профилировка переносится на профильно-прокатный станок, где заготовка проходит через 5 пар фасонных вальцов со сворачиванием в обруч при выходе из последней пары вальцов. Для указанной цели к последней паре присоединяют еще один загибочный валок. Изменение профиля приведено на фиг. 6, Б. 3) Правка. Т. к. концы обода после профилировки скошены и не пригнаны в стык для сварки, то необходима еще окончательная отделка профиля обода с доведением



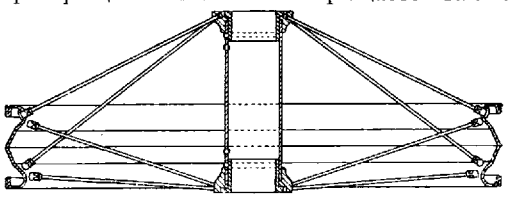
Фиг. 7.

его диаметра до надлежащего размера и пригонкой концов в стык для сварки. Это осуществляется правкой обода путем вальцовки на специальном трехвалковом станке. Для возможности хорошей пригонки необходимо пропускать обод через станок от 8 до 10 раз. 4) Сварка, зачистка и выверка. Выправленный обод сваривается по стыку электрическим путем при помощи специальных зажимных электродов (фиг. 7). После сварки обод снова проверяется на плите и выправляется деревянными молотками. 5) Пробивание дыр. Сначала пробиваются четыре отверстия для зажимов и одно для вентиля; дыры для спиц часто штампуются на специальных дыропробивных станках, однако в ободах тяжелых типов рекомендуется отверстия сверлить. Для этого часто пользуются нормальными сверлильными станками, причем для зажима ободов во время сверления пользуются специальными тисками с губками, приспособленными к профилю обрабатываемых предметов. Такой сверлильный станок значительно дешевле эксцентрикового пресса, расходует энергии примерно в 3 раза меньше, но требует большей затраты времени. В последнее время сконструированы *сверлильные станки* (см.) специального типа, в ко-


Фиг. 8.

торых операция сверления обода совершается вполне автоматически. Штамповка дыр часто изменяет также форму самого обода, что может при известных условиях потребовать дополнительной правки и выверки последнего. Дыра под вентиль сна-

чала штампуется, а затем распиливается напильником для придания ей точной формы и размеров. 6) Стабилизация или окончательная правка обода не всегда и не везде применяется, хотя, ее следует рекомендовать, так как она гарантирует окончательную отделку профиля обода и доведение его диаметра до надлежащих размеров. Для этой цели служат станки двух типов. а) В стабилизующих станках профиль уже готового обода еще раз начисто прессуется станком, состоящим из передней и задней бабок и станины с супортом. Шпиндель передней бабки несет фасонную шайбу с полупрофилем обода, а шпиндель задней бабки—вторую шайбу со второй половиной профиля. Обод вводится между обеими шайбами, из к-рых задняя поджимается к передней. При пуске в ход станка происходит вращение обеих шайб и обода и дополнительный обжим последнего. Стабилизация и выверка профиля достигаются сильным прижатием ролика, сидящего на супорте, к ободу, который зажат между фасонными шайбами. Нескольких полных оборотов обода достаточно для его стабилизации и выправки. б) В правильных станках (фиг. 8) обод, к-рый подлежит правке, надевается на 8 роликов, расположенных по периферии круга; эти ролики прижимаются к внутренней стороне обода. При вращении планшайбы вращается также



Фиг. 9.

и обод, на внешнюю сторону которого действует нажимной ролик, сидящий на супорте. 7) Обдувка и грунтовка олифой. Изготовленный и выправленный обод подвергается обдувке пескоструйным аппаратом и грунтуется олифой.

2. Изготовление деталей колеса (фиг. 9) изложено в табл. 2.

Табл. 2.—Изготовление деталей колеса.

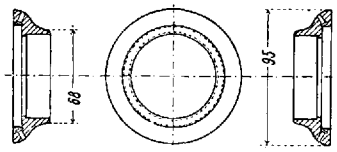
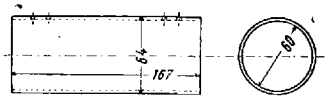
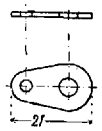
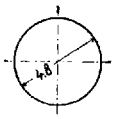
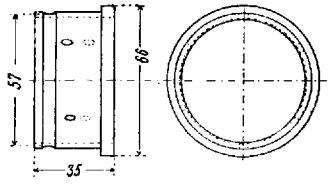
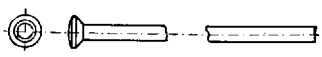
Наименование деталей	Чертеж	Производственные операции	Материал	Колич. на 1 колесо
1. Втулка а) Фланцы наружные и внутренние		Выточка заготовки на токарном станке Окончательная обточка на револьверном станке Сверление по кондуктору 32 дыр и зачистка заусенцов Лужение выточки подмуфту	Сталь ⌀ 100 *мм*	2
б) Муфта		Отрезка по длине Подрезка концов Лужение концов	Стальная труба, 60×64 *мм*	1
в) Пружина под шарик		Штамповка контура Пробивка отверстий Выдавливание углублений (на специальн. прессе все три операции м. б. соединены в одну)	Сталь пружин. толщ. 0,5 *мм*	2
г) Шарик			Сталь ⌀ 5 *мм*	2
2. Вкладыш		Обточка Сверление 6 дыр и зачистка заусенцов	Фосфористая бронза с 10% Sn и 2% Zn	2
3. Спицы		Правка и отрезка по длине Расклепка головки Обрезка по размеру Накатка резьбы	Стальная проволока ⌀ 3 *мм*	64

Табл. 2. — Изготовление деталей колеса. (Продолжение.)

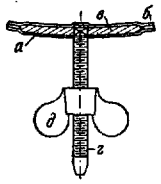
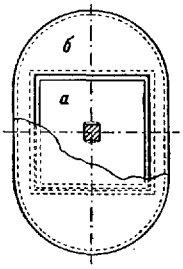
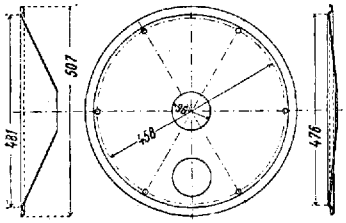
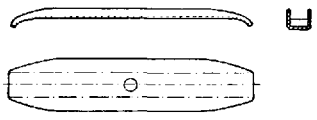
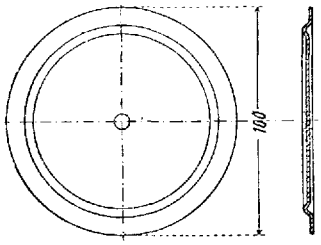
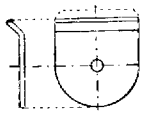
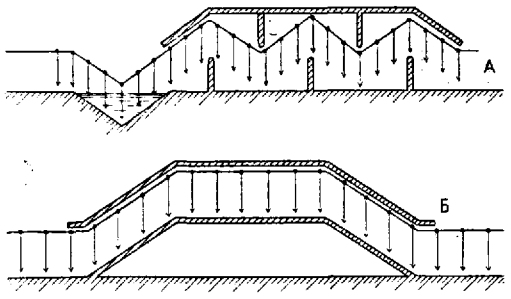
Наименование деталей	Чертеж	Производственные операции	Материал	Колич. на 1 колесо
4. Нипель		Обточка заготовки на автомате Сверление под резьбу и разенковку Обсечка под ключ на прессе Рассверливание на сверлильном станке Нарезка резьбы	Сталь ⌀ 10 *мм*	64
5. Зажим покрышки а) Пластина зажима		Штамповка контура Пробивка квадр. отверстий Обсечка фаски Загиб	Листов. сталь толщ. 3 *мм*	4
б) Наружная обтяжка		Вырезка полосы на 2 шт. Пробивка отверстий ⌀ 8 *мм* на 4 шт.	Брезент	8
в) Внутренняя обтяжка		Вырезка контура Вырезка квадр. отверстий	Брезент	
г) Стержень зажима		Обточка Нарезка резьбы на автомате Штамповка квадрата на ручном прессе	Прутк. сталь ⌀ 9 *мм*	4
д) Барашек		Разметка Сверление и зачистка Нарезка резьбы	Бронза с 10% Sn и 2% Zn	4
6. Щитки или обтекатели а) Диски наружные и внутренние		Разметка Штамповка Пробивка отверстий Установка на колесо	Листовой алюминий толщиной 0,4 *мм*	2
б) Шпильки для скрепления дисков		Правка и рубка Нарезка резьбы	Железная проволока ⌀ 3 *мм*	6
в) Поперечина крышки		Штамповка и пробивка отверстий Загиб Установка на колесо	Листовой алюминий толщиной 1,2 *мм*	1
г) Крышка в отверстии внутреннего щитка		Штамповка с одновременной выдавкой и пробивкой отверстий	Листовой алюминий толщиной 0,8 *мм*	1

Табл. 7.—Изготовление деталей колеса. (Продолжение.)

Наименование деталей	Чертеж	Производственные операции	Материал	Колич. на 1 колесо
д) Шайбы под болт для обоих щитков		Штамповка с одновременной пробивкой отверстий Загиб	Листовой алюминий толщиной 1 *мм*	12
е) Болты для соединения крышки с поперечиной и гайки к ним	см. *Болт*	см. *Болтовое производство*	Железо	2

3. Сборка колеса распадается на следующие 5 операций: 1) установка спиц на готовый обод и втулку; 2) проверка натяжения спиц на оправке и выправка обода; 3) подборка вкладышей и вставка во втулку; 4) окраска колеса и сушка; 5) снаряжение колеса с установкой покрышки, камеры и зажимов. Одним из основных препятствий для наиболее рентабельного метода изготовления колес является окраска и сушка, сильно тормозящие общий ход производства. В области лакирования за последний период времени появился ряд новых методов и средств, например быстро сохнущие лаки, методы погружения и пульверизации, тоннельные печи, высушивающие непрерывно проходящие через них ободa. Подвешивание лакированных ободов, в целях их сушки, на особом подвесном транспортере или укладывание их для той же цели на ленточный транспортер дают огромную экономию во времени, рабочей силе и рабочей площади. Расстояние между двумя соседними ободами д. б. таково, чтобы самые большие ободa не могли соприкоснуться ни при горизонтальном ни при наклонном направлениях движения транспортирующей ленты. Для того, чтобы капли лака, падая, не скоплялись на нижней части обода, последний держат при сушке несколько наклонно.

Формы сушильных печей, применяемых за границей, приведены на фиг. 10. В первой печи (А) обод, висящий на подвесном



Фиг. 10.

транспортере, погружается в ванну с жидкой эмалью, поднимается косо вверх (причем лишний лак стекает обратно в ванну) и наконец попадает в печь, к-рую проходит по зигзагообразному пути. Промежуточные стены в печи препятствуют утечке тепла и тем самым излишнему охлаждению сушилки (служат как бы гигантским лабиринтом), а наличие зигзагообразного пути укорачивает длину печи. Однако бо́льшим распространением пользуется вторая печь (Б). В этой печи после погружения в лак обод поднимается по наклонному коридору в сушильную печь, подогреваясь по пути; после прохождения горизонтальн. участка печи обод вновь опускается вниз. Так как современные методы эмалирования состоят из двух отдельных операций: 1) предварительной грунтовки и 2) лакировки, то необходимо иметь 2 отдельные печи, расположенные либо одна за другой либо параллельно.

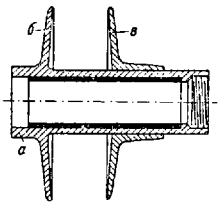
Испытание колеса. Собранные колеса подбирают в партии, в 100 шт. каждая. От каждой партии отбирают по 1 колесу для механического испытания. Шину испытуемого колеса накачивают до 3,5 *atm* и затем колесо подвергают сжатию в плоскости, перпендикулярной оси, до разрушения. Отмечаются следующ. нагрузки: 1) нагрузка при появлении первого дефекта; 2) при полном обжатии шины; 3) при промежуточных дефектах; 4) нагрузка максимальная. Для колеса описанного типа последняя должна быть не менее 4 300 *кг*.

Лит.: «British Engineering Standard», *5013*, L., 1924; ibid., Interim Report, *8564*, L., 1920; Society of Automotive Engineers, Handbook, New York, 1920; Provisional Standard, «Journal of Automotive Engineers», N. Y., 1924, *110*; Deutsche und internationale Motorradfelgen, «Motorwagen», Berlin, 1924, H. 32; Zur Frage der Ballonreifen, ibid., 1925, H. 5, p. 96; Normen f. d. Kraftfahrbau, B., 1926 u. 1927; Cleary C. J., Airplane Tires a. Inner Tubes, «Aviation», New York, 1928, March 19, p. 702—703, 732—735; Herstellung kaltgezogener u. kaltgewalzter Profile aus Blech, «Werkstattstechnik», Berlin, 1920, p. 375 u. 401; Prentiss F. L., Automobile Rims Made in thirty Minutes, «Iron Age», N. Y., 1923, v. 112, *19*; Mäckbach F. u. Rinzle O., Fliessarbeit, B., 1926; «Machinery», N. Y., 1923, v. 29, *10*, p. 757—761; Reed Rim Drilling Machine, ibidem, 1921, v. 27, *6*, p. 606; Koch und Klenzle, Markiervorrichtung für Felgen, D. R. P., 399371; Ballon Tire Situation, «Automotive Industries», N. Y., 1924, v. 51, *24*, p. 996. **С. Воронов.**

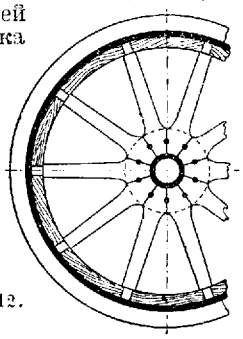
Автомобильные колеса по конструктивному выполнению можно разделить на след. пять основных типов: 1) с деревянными спицами, 2) с проволочными стальными спицами, 3) с прессованными спицами, 4) дисковые, 5) с литыми стальными спицами.

Колеса с деревянными спицами (фиг. 11). Стальная ступица *a* этих колес снабжена одним неподвижным флан-

цем *б* и одним подвижным *в*; между ними при помощи болтов зажимаются концы спиц, выполняемые в форме клина и плотно прилегающие друг к другу (фиг. 12). Для большей надежности соединения спиц со ступицей фланцам последней придают изнутри слегка

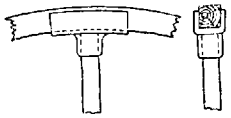


Фиг. 11.

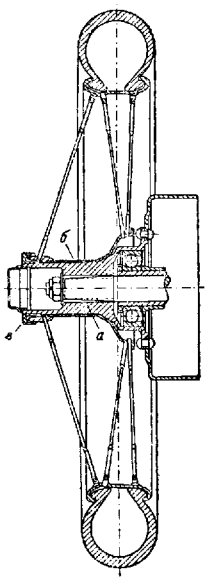


Фиг. 12.

вогнутую коническую форму и болты устанавливают так, чтобы каждый из них захватывал два смежных конца спицы. Наружные концы спиц врезают в деревянный обод, обхватываемый металлическ. ободом колеса. Для того чтобы избежать ослабления деревянного обода гнездами, нек-рые фирмы осуществляют соединение концов деревянных спиц с ободом при помощи специальных металлическ. башмаков (фиг. 13). Т. к. прикрепление тормозного барабана непосредственно к деревянным спицам может повлечь поломку последних, тормозной барабан следует прикреплять к фланцу ступицы. Деревянные колеса выполняются как со съемным, так и с одним, наглухо поставленным, металлическим ободом; в последнем случае часто все колесо выполняется съемным. Для изготовления деревянных колес применяют бук, акацию, гикори.

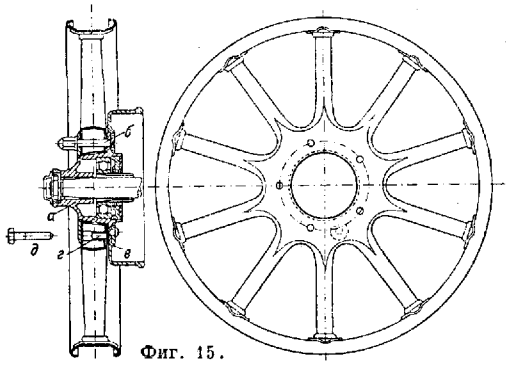


Фиг. 13.



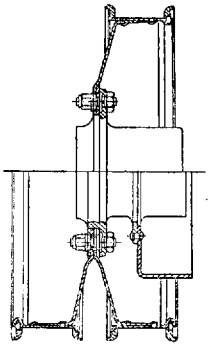
Фиг. 14.

Колеса со стальными проволочными спицами применяются для легковых автомобилей и выполняются в большинстве случаев съемными. Преимуществом этих колес по сравнению с деревянными являются: бóльшая прочность в отношении осевых сил, эластичность, лучший отвод тепла от нагревающейся шины и небольшой вес; последнее обстоятельство дает возможность иметь на автомобиле, без его перегрузки, два запасных колеса с надетыми на них автошинами, что исключает необходимость в случае прокола монтировать резину в дороге. Колеса этого типа (фиг. 14) делаются с двойной ступицей—внутренней ступицей *а* и наружной *б*. Внутренняя ступица укрепляется на оси, наружная насаживается на внутреннюю и закрепляется гайкой *в*; соединение между обеими ступицами осуществляется при помощи нарезанных на соприкасающихся поверхностях ступиц рифлей; гайка *в* имеет конич. проточку, в к-рую заклинивается конец ступицы *б*.

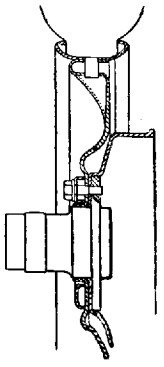


Фиг. 15.

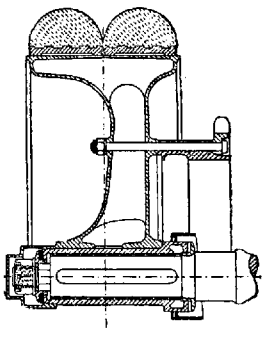
Колеса с прессованными спицами выполняются всегда съемными. Спицы колес этого типа выпрессовывают из стали в форме двух половинок, которые затем свариваются (фиг. 15). Соединение колеса со ступицей *а* осуществляется при помощи болтов *б*; для разгрузки последних от срезывающих усилий ведущие колеса снабжаются рифлеными шайбами *в*. Для того чтобы можно было легко снять колесо также и в том случае, когда оно заест, предусмотрены отжимные винты *д*, ввинчиваемые в снабженные нарезкой втулки *г*.



Фиг. 16.



Фиг. 17.

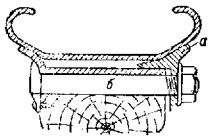


Фиг. 18.

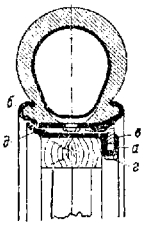
Вес колес этого типа относительно невелик, так что не встречается затруднений иметь при поездке два запасных колеса.

Дисковые колеса (фиг. 16) отличаются от других типов автомобильных колес отсутствием спиц, которые заменены сплошным диском. Диски выпрессовывают в горячем состоянии из стали; на загнутые борта диска под прессом насаживают обод колеса, к-рый кроме того приваривают или

приклепывают. С втулкой колеса диск соединяется болтами; гайки болтов обыкновенно выполняются из бронзы и имеют форму колпачка. На фиг. 16 даны конструкции ординарного и двойного колес. Дисковые колеса обычно выполняются съемными, но иногда они изготовляются со съемным ободом. Для увеличения прочности диска последний иногда делают волнистым (фиг. 17). Кроме колес с прессованными дисками, для грузовых автомобилей изготовляются также колеса со стальными литыми дисками. В последнее время диски колес начали изготовлять также из сплавов алюминия, что дает значительное уменьшение веса всего колеса.



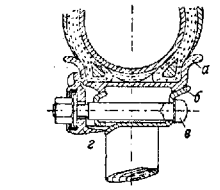
Фиг. 19.



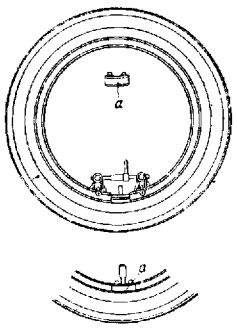
Фиг. 20.

Колеса с литыми спицами из стального литья применяются для тяжелых грузовых автомобилей или для автобусов. Спицы этих колес обыкновенно делают полыми. Одна из конструкций такого колеса изображена на фиг. 18.

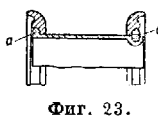
Съемные обода дают возможность быстрой смены резины в пути в случае ее прорыва. Конструкции съемных ободов весьма разнообразны. Съемный обод для бортовых покрышек обыкновенно укрепляется на колесе при помощи бокового вспомогательного кольца *а* (фиг. 19) с конической закраиной, к-рое затягивается болтами *б*. Закрепление съемного обода м. б. выполнено также пружинящим вспомогательным кольцом *в* (фиг. 20). Разрезное кольцо *в* помещается в выточке *а* обода колеса *д*; после того как шина с ободом *б* будет надета на колесо, ее закрепляют между коническим бортом обода *д* и кольцом *в* при помощи болтов *г*, распирающих кольцо *в*. Для безбортовых покрышек съемные обода выполняются с поперечным или продольным разрезом. На фиг. 21 представлена конструкция съемного обода с поперечным разрезом; съемный обод *а* укрепляется на конич. поверхностях обода *б* колеса при помощи болтов *в* и специальных шайб *г*. При монтировке резины на съемный обод разрезанные края последнего стягиваются при помощи стяжного аппарата, вследствие чего диаметр обода уменьшается и покрышка может быть легко снята. Для покрышек «Гигант» такие съемные обода выполняются с отдельным вставным замком *а* (фиг. 22). Когда покрышка надета, концы обода раздвигают и замок легко устанавливают на место, после чего смонтированный обод надевают на колесо. На фиг. 23 изображен съемный обод грузового автомобиля, борта которого выполнены в виде двух отдельных колец. Одно кольцо упирается в небольшой бортик *а* обода; другое, после того как покрышка будет надета, укрепляется разрезным кольцом *б*. Для легковых автомобилей съемный обод обычно выполняют с одним цельным бортом и другим — выполненным в виде отдельного разрезного кольца (фиг. 24).



Фиг. 21.



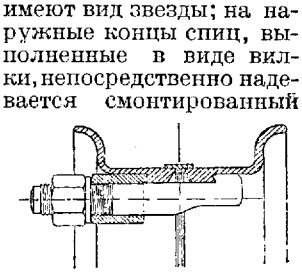
Фиг. 22.



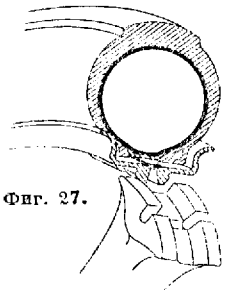
Фиг. 23.


Фиг. 24.

Одной из последних конструкций съемных колес для грузовых автомобилей и автобусов является конструкция, изображенная на фиг. 25. Съемный обод колеса разрезан в продольном направлении (фиг. 26) и перед надеванием покрышки стягивается специальным замком (болтом). Спицы, отлитые из стали как одно целое со ступицей колеса, имеют вид звезды; на наружные концы спиц, выполненные в виде вилки, непосредственно надевается смонтированный обод. При повороте обода его выступы входят в вилку на конце спицы (фиг. 27), после чего замок, стягивающий обе половины обода, снимается, и давлением воздуха в шине клиновидные выступы обода прижимаются к соответствующим поверхностям вилок спиц с такой силой, что при всех условиях движения обод оказывается надежно соединенным со спицами колеса. На случай прорыва покрышки или значительного уменьшения давления в камере, поставлены через одну спицу три вспомогательных клина, дополнительно соединяющие выступы обода со спицами колеса; при нормальной работе клинья разгружены. Преимуществом этой конструкции является возможность иметь для каждого колеса несколько различных по ширине ободов, в зависимости от желат. профиля шины.


Фиг. 25.

Фиг. 26.


Фиг. 27.

Лит.: Heldt P. M., Der Automobilbau, B. 2, Das Untergestell mit d. Kraftübertragung- u. Lenkgetriebe, B., 1922; Automobiltechnisches Handbuch, hrsg. v. R. Bussien, 12 Aufl., B., 1928. **Б. Шпринк.**

КОЛЛАГЕН, белковое вещество, образующее соединительную ткань и составляющее органич. часть (оссеин) костей и хрящей.

К. нерастворим в воде, разбавленных к-тах и щелочах и в соляных растворах. При долгом кипячении соединительной ткани и хрящей с водой К. воспринимает воду и растворяется, образуя клей (желатину) или глютин; при высушивании до 130° глютин вновь переходит в К. По Гофмейстеру, К. содержит 50,7% C, 6,47% H, 17,86% N, 24,72% O и 0,2% S. При действии крепких к-т и щелочей, а также при гниении К. образуются: аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, лейцин, лизин, аргинин и в большом количестве гликоколь.

КОЛЛЕКТИВИЗАЦИЯ, или обобществление, в настоящее время, в эпоху быстрого строительства социализма в СССР, является одним из самых популярных в рабочих и крестьянских массах понятий. Слово коллективизация встречалось в истории давно [1], однако только новейшая история, история пролетарской диктатуры, порожденной Октябрьской революцией, превратила это слово в могучее действие.

В истории человечества были такие примеры, когда отдельные теоретики иногда стремились воплотить в жизнь идею обобществления труда, обобществления средств производства и К. быта. Эти теоретики однако не замечали одного, что основным фактором, определяющим этапы развития общества, являлась и является классовая борьба, и поэтому ни в одной капиталистической стране попытки К. не могли привести к организации действительного обобществления. Начало настоящего развития К. поэтому стало возможно лишь в стране, где власть была взята пролетариатом, где пролетарская власть произвела национализацию земли, фабрик, заводов и транспорта и где, таким образом, основные средства производства перешли в полное распоряжение трудящихся.

В первоначальном наброске статьи «Очередные задачи советской власти» В. И. Ленин [2] подчеркивает, насколько нежизненными являлись попытки какой-либо организации коллективизации в условиях капиталистического строя.

«При капиталистическом обществе были неоднократно примеры устройства трудовых коммун со стороны людей, которые надеялись мирно и безболезненно убедить человечество в преимуществе социализма и обеспечить его введение. Со стороны революционных марксистов такая точка зрения и такие приемы деятельности вызывают вполне законные насмешки, потому что в обстановке капиталистического рабства достигнуть каких-нибудь коренных изменений путем изолированных примеров было бы действительно пустым мечтанием, на практике приводившим либо к безжизненным предприятиям либо к превращению этих предприятий в союзы мелких капиталистов».

Наоборот, в условиях строящегося социализма К. становится непосредственным жизненным процессом, захватывающим в переходный период все бóльшие и бóльшие массы трудящихся и обнимающим все общество в эпоху коммунизма. Коммунизм, в конечном счете, и является такой стадией развития человеч. общества, при которой все средства производства, все процессы производства, все распределение продуктов производства и весь быт обобществлены на основе свободного и равного участия во всем коллективном строе всех членов общества. Понятно поэтому, что коллективизация производства, коллективизация распределения и быта приобретают уже теперь, в переходную эпоху строительства социализма, гигантское значение.

К. есть высшая форма кооперации — ее производственная форма. Нельзя поэтому К. противопоставлять кооперации или рассматривать вне этой последней. Обратно—при изучении кооперативного движения следует помнить, что в эпоху строящегося социализма оно неизбежно должно завершаться коллективизацией, как формой, приближающей частнотрудовой сектор к непосредственному строительству социализма.

Кооператив как маленький островок в капиталистическом обществе есть лавочка. Кооператив, если он охватывает все общество, в к-ром социализирована земля и национализированы фабрики и заводы, есть социализм. Такими словами определял значение кооперативной организации Ленин еще в 1918 г. [3]. Кооперативный план Ленина и заключается именно в быстро развертывающемся охвате многомиллионных масс рабочих, бедняцко-батрацких и середняцких слоев крестьянства кооперативной сетью и в одновременном развертывании все в более и более крупных масштабах К.

Для кооперирования распределения продуктов предпосылки были наиболее просты и ясны каждому рабочему, и потому наиболее быстро развернулась потребительская кооперация. Все бóльшая и бóльшая активизация участия рабочих и трудящихся, объединенных в потребительские кооперативы, в контроле над распределением и в улучшении постановки дела создает предпосылки для превращения потребительских кооперативов в потребительские коммуны.

Гораздо сложнее обстояло дело с организацией коллективизации с.-х. производства. Веками существовавшие патриархальные обычаи в крестьянском быту, отсталость техники крестьянского хозяйства, сравнительно небольшой срок, отделяющий наше время от периода рабства, массовая неграмотность и наконец наличие в крестьянстве кулацких, эксплоататорских слоев—все это создавало трудности для быстрого внедрения в крестьянство задач и методов К. Именно этим объясняется, что за первые десять лет со дня Октябрьской революции на этом фронте достигнуты количественно небольшие результаты: на все стомиллионное крестьянство к концу 1926 года было объединено только 217 тыс. крестьянских хозяйств с 869 тыс. населения в них. Однако этот период характеризовался, с одной стороны, быстрым развитием с.-х. кооперации, которая и является основной базой для коллективизации с.-х. производства, и с другой стороны—накоплением большого опыта в деле организации коллективных объединений. Так. обр. к концу первого десятилетия со дня Октябрьской революции были созданы необходимые предпосылки для значительного ускорения К. крестьянских хозяйств. Для всех проду-

мавших основные принципы марксистско-ленинского понимания исторических явлений теперь д. б. ясно, что после Октябрьской революции, в условиях пролетарской диктатуры и в эпоху строительства социализма, крестьянские массы должны, ведя наступление против оставшихся пока еще в крестьянстве кулацких элементов, итти по пути организации крупных обобществлен. хозяйств.

И. В. Сталин [4], дав четкую характеристику капиталистич. пути развития крестьянского хозяйства,—через глубочайшую дифференциацию к усилению капиталистическ. хозяйства, с одной стороны, и к массовому обнищанию, с другой—подчеркивает, что в СССР «крестьянские хозяйства должны пойти в своем развитии по другому пути, по пути социалистич. строительства». «Это есть путь массового кооперирования миллионов крестьянских хозяйств по всем линиям кооперации, путь объединения распыленных крестьянских хозяйств вокруг социалистической индустрии, путь насаждения начал коллективизма среди крестьянства сначала по линии сбыта продуктов земледелия и снабжения крестьянских хозяйств городскими изделиями, а потом по линии с.-х. производства».

Именно по этому пути и ведет сейчас крестьянство коммунистическая партия, развивая кооперирование крестьянских хозяйств и К. с.-х. производства все ускоряющимся темпом. Партия ведет эту работу на началах, обеспечивающих развитие массовой самодеятельности крестьянства, помогая бедняцко-середняцким хозяйствам вести борьбу против кулацких и эксплоататорских элементов, оказывая могучую поддержку К. силами и средствами государства.

16-й Партийной конференцией (1929 г.) в целях еще большего развертывания К. с.-х. производства поставлены следующие задачи: 1) действительное развитие самодеятельности бедняцко-середняцких слоев, объединяемых в коллективы; 2) переход от простейших производственных объединений к более совершенным; 3) укрупнение существующих коллективных хозяйств и организация кустовых объединений мелких коллективов; 4) организация крупных обобществленных хозяйств и районов сплошной коллективизации; 5) обеспечение материального содействия коллективным хозяйствам как по линии снабжения их тракторами, комбайнами, с.-х. машинами, орудиями и другими средствами с.-х. производства, так и по линии финансового их обслуживания системой с.-х. кредита; 6) организация заготовок у коллективных хозяйств всей их товарной продукции; 7) развитие культурного обслуживания и обеспечение необходимых кадров работников. Все эти меры должны способствовать тому быстрому развитию К. с.-х. производства, которое намечено партией и правительством. 16-я Партконференция также подчеркнула, что «земельные органы должны стать организаторами крупного социалистического сельского хозяйства и руководителями агрикультурной революции в сельском хозяйстве, вовлекая в нее миллионы бедняцких и середняцких хозяйств и поставив ей на службу всех агрономов и землеустроителей».

Ноябрьский пленум (1929 г.) ЦК партии констатирует: «быстрый рост охвата крестьянских хозяйств колхозами, осуществление новых организационных форм и методов К., в частности на основе опыта машинно-тракторных станций; строительство крупных колхозов и усиление их роли; охват колхозами целых селений; переход к сплошной коллективизации районов и округов. Колхозное движение ставит уже задачу сплошной К. перед отдельными областями».

Действительно, последующее развертывание К. доказало возможность в Нижне-Волжском крае поставить задачу сплошной его К. к концу 1930 г., на С. Кавказе и в Средне-Волжской области—к концу 1931 года и на Украине—к концу 1933 г. В СССР организуется уже в 1929/30 г. 102 машино-тракторных станции и около 200 районов сплошной К., в том числе целые округа (Хоперский) и районы (Каширский).

Развитие простейших производственных кооперативов, к-рые в значительной части являются зачаточными формами для организации колхозов, и число колхозов в СССР за последние годы приведены ниже.

Форма коллективного хозяйства	На 1/X 1926 г.	На 1/X 1927 г.	На 1/X 1928 г.	На 1/VI 1929 г.
Простейшие произв. объединения [5] . .	11 981	18 555	48 848	—
Колхозы [6]	17 574	18 840	33 139	60 282

Эти цифры показывают, как бурно растет коллективное движение после 15-го Съезда партии, давшего ряд четких директив о необходимости ускорения темпа К. сел. х-ва. К 1 октября 1929 г. общее число колхозов по СССР уже превысило 75 тыс., а число районов сплошной К. достигло 138. Характерен рост количества населения, охватываемого колхозами по СССР, и числа крестьянских хозяйств, входящих в колхозы:

	На 1/X 1926 г.	На 1/X 1927 г.	На 1/X 1928 г.	На 1/VI 1929 г.
Количество населения в тыс. человек	869	1 186	2 535	4 815
Число крестьянск. хозяйств в тыс. . .	217	283	596	1 094

Этот рост дает все основания рассчитывать на то, что пятилетний план, первоначально намечавший охват колхозами к 1932/33 году 4 млн. крестьянских хозяйств, будет выполнен в значительно большей мере, и это дает возможность наметить план развития колхозов, по к-рому к осени 1933 г. должно быть охвачено 16 млн. крестьянских хозяйств на площади до 77 млн. *га* с общим населением свыше 65 млн. человек.

Коллективные хозяйства в настоящее время значительно отличаются по своим основным чертам от тех, которые организовывались в первые годы революции. Они гораздо организованнее, мощнее, хозяйственно крепче, сплоченнее. Однако виды коллективных хозяйств еще весьма многообразны. Не гово-

ря про первичные производственные объединения (машинные и мелиоративные товарищества, кустарнопромышлен. артели и т. п.), которые не причисляются к видам колхозов, а относятся к одним из зачаточных форм коллективных хозяйств, по степени обобществления следует различать три вида колхозов: 1) товарищества по совместной обработке земли (СОЗ), 2) с.-х. производственные артели и 3) с.-х. коммуны. Численное соотношение этих форм таково:

Форма коллективного хозяйства	На 1/X 1927 г.		На 1/X 1928 г.		На 1/VI 1929 г.	
	Кол	%	Кол.	%	Кол.	%
СОЗ	8 788	46,6	23 391	61,0	31 827	52,9
С.-х. артели	8 675	46,1	12 928	34,0	25 127	41,7
С.-х. коммуны	1 377	7,3	1 920	5,0	3 328	5,5

Самым распространенным видом колхозов так. обр. являются товарищества по совместной обработке земли (СОЗ), затем с.-х. артели и затем уже с.-х. коммуны. Об обобществлении средств производства см. табл. 1.

Табл. 1. — Обобществление средств производства у членов колхозов на 1/VI 1929 г. (в %).

Вид средств производства		СОЗ	С.-х. артели	С.-х. коммуны
Мертвый инвентарь	включая тракторы	80,6	98,7	100,0
	без тракторов	72,2	97,9	100,0
Животноводство	все	10,5	56,0	98,7
	раб. лошади	14,9	80,0	99,6
	коровы	3,9	25,8	98,3
Хозяйственные постройки		11,6	60,0	99,5
Основные средства производства		30,3	79,3	99,4

Из этих данных совершенно ясно, насколько еще неодинакова степень обобществления у коллективных хозяйств разного типа и насколько необходимо поэтому, одновременно с количественным развертыванием всей сети колхозов и вовлечением в нее все больших и больших бедняцко-середняцких масс крестьянских хозяйств, вести и качественную переработку колхозов с более слабым обобществлением средств с.-х. производства в колхозы с полным их обобществлением, т. е. в сел.-хоз. коммуны. По крупности колхозы также еще весьма разнообразны и м. б. подразделены на три типа: 1) небольшие и средние колхозы (пока главная масса колхозов), 2) крупные колхозы и 3) районы сплошной К. (кусты). Средний размер колхозов по количеству крестьянских хозяйств таков:

Форма коллективного хозяйства	На 1/X 1927 г.	На 1/X 1928 г.	На 1/VI 1929 г.
СОЗ	15,2	15,6	19,1
С.-х. артели	14,7	14,7	16,4
С.-х. коммуны	17,7	22,2	22,8

Эти средние числа указывают на то, что необходимо вести самую энергичную борьбу за укрупнение колхозов, за объединение мелких колхозов в более крупные и за вовлечение в колхозы значительно большего числа бедняцко-середняцких хозяйств. Средняя посевная площадь колхозов еще невелика, но за последние годы виден уже значительный рост, а именно, в среднем по СССР на один колхоз приходилось посевной площади: в 1927/28 г.—54,6 *га*, а в 1928/29 г.—80,6 *га*. Крупных колхозов, имеющих более 2 000 *га* посева или 500 голов крупного скота, на 1/IX 1929 года было 257, с общей посевной площадью в 525 000 *га*, при общей земельной площади в 1 440 000 *га*. Из этого числа крупных колхозов на 1/IX 1929 г. имелось: коммун — 69 (26,4%), артелей — 86 (33,9%) и товариществ СОЗ—102 (39,7%). Наконец районы сплошной К. охватывают уже свыше 1 млн. *га*, а к концу 1930 г. будут охватывать свыше 10 млн. *га*. В Справочнике Всесоюзного совета колхозов на 1929 г. приводится пока 9 районов сплошной К. (по сведениям до 1/VIII), с общей площадью земли 1 328 100 *га*, но уже к концу 1929 г. организовался ряд районов сплошной К. (как Хоперский округ, Каширский район). По данным на 20 февраля 1930 г. коллективизировано 50% крестьянских хозяйств по СССР.

Для полного охвата К. всех бедняцко-середняцких хозяйств в этих районах следует произвести в них большую организационную работу и обеспечить организацию в них машино-тракторн. станций или энергетич. центров (Каширский район, в частности, коллективизируется на базе электрификации сел. хозяйства). Организация коллективных хозяйств и районов сплошной К. должна производиться при этом с обязательным обеспечением твердой классовой линии. Ноябрьский пленум ЦК (1929 г.) дает в частности такую четкую директиву: «Продолжая и усиливая борьбу против капиталистических элементов деревни, развивая решительное наступление на кулака, всячески преграждая и пресекая попытки проникновения кулаков в колхозы, партия должна упорной и систематической работой обеспечить сплочение батрацко-бедняцкого ядра в колхозах. Это тем более необходимо, что в самых колхозах, особенно в колхозах простейшего типа, поскольку в них далеко еще не обобществлены все средства производства и вообще сильны мелкособственническ. интересы, остается значительная опасность кулацких влияний. В связи с этим особенно необходимо всемерное укрепление обобществленных фондов колхозов как основы роста колхозного движения, а также осуществление прочной связи колхозов со всей системой сов. хозяйства».

Эта директива дает решительный отпор всяким оппортунистич. шатаниям и колебаниям в вопросе об отношении к кулацким хозяйствам. Оппортунисты и правые уклонисты выдвигали идею «врастания» кулака в коммуны, а следовательно в социалистическое хозяйство, а практика показала, какую яростную борьбу кулачество ведет против коллективного движения. Борьба эта иногда принимает острые формы, вплоть до убийства активных организаторов колхозов, поджогов колхозных строений, порчи тракторов и другого инвентаря. Иногда эта борьба ведется путем агитации среди бедняцко-середняцких хозяйств путем лживых рассказов о возможном «закабалении» колхозами крестьян, о «новом крепостном праве» и т. п. Наконец наблюдались частые случаи вре-

дительства со стороны кулаков, входящих в колхозы с тем, чтобы их разложить. Коллективизация поэтому требует самой решительной борьбы с кулачеством вплоть до полной его ликвидации, до его раскулачивания. В районах сплошной К. кулак не только должен быть изгнан из колхозов, но и лишен средств производства и источников производственного и вообще хозяйственного преобладания. Эта задача довольно быстро и успешно разрешается в последнее время (начало 1930 г.). Хозяйственный эффект раскулачивание дает только там, где орудия производства, взятые у кулака, отдаются обобществленному хозяйству—в районах сплошной К.—и где сплочение широких масс рабочих, батраков и бедняцко-середняцкой части крестьян вокруг коллективного движения может обеспечить выполнение намеченного темпа К. и качественное укрепление коллективных хозяйств.

Бурный темп развития колхозов сделал своевременным и осуществимым лозунг партии «от ограничения кулака—к его ликвидации как класса» и поставил перед диктатурой пролетариата задачу непосредственного строительства социализма в деревне. Следует отметить, что колхозы уже доказали на деле свое преимущество по сравнению с индивидуальными крестьянскими хозяйствами. Об урожайности в колхозах см. табл. 2.

Табл. 2.—Урожайность в колхозах в 1928 г. в % к урожайности в единоличных хозяйствах.

Адм.-террит. единицы	Рожь озимая	Пшеница озимая	Пшеница яровая	Овес
Уральская область.	140,6	169,5	123,5	135,6
Центр.-Черноземная область	139,8	137,0	132,0	140,7
Средне-Волжская область	118,7	—	180,0	156,4
Нижне-Волжский край	128,8	210,3	169,6	133,3
С.-Кавказский край	155,8	163,6	167,6	107,9
Сибирский край.	112,8	—	135,5	132,9
УССР	118,2	118,8	103,7	107,9

Колхозы опережают крестьянские хозяйства и в других отношениях. Так, по данным Госплана СССР на конец 1928 г.:

В процентах	В колхозах	В крест. х-вах
Многопольного севооборота	60,0	15,0
Технических культур	10,0	6,6
Пропашных »	16,2	13,0
Трав	5,8	2,1
Товарной с.-х. продукции	37,5	18,4

В отношении товарной продукции колхозы начинают играть видную роль в снабжении с.-х. продуктами городов, армии и промышленности; так, по данным на конец ноября 1929 года, колхозы сдали свыше 1,5 млн. *т* хлеба, в то время как вся их товарная продукция в 1928 г. составляла лишь 680 000 *т*. Рост колхозов обеспечил и значительное расширение доли товарной продукции колхозов в общих заготовках с.-х. продукции.

Улучшение постановки производства в каждой коммуне, в каждом колхозе является одной из важнейших задач, от разрешения к-рой зависит и весь ход дальнейшего развития К. с.-х. производства. Ленин в 1919 году в речи на 1-м Съезде земельных коммун и с.-х. артелей говорил: «Лишь в том случае, если удастся на деле показать крестьянам преимущества общественной, коллективной, товарищеской, артельной обработки земли, лишь если удастся помочь крестьянину при помощи товарищеского, артельного хозяйства, тогда только рабочий класс, держащий в своих руках государственную власть, действительно докажет крестьянину свою правоту, действительно привлечет на свою сторону прочно и настоящим образом многомиллионную крестьянскую массу».

После 15-го Съезда и 16-й Партийной конференции вся партия, все советские органы уделяют настолько много внимания, средств и сил коллективному движению, что с каждым месяцем площадь колхозов ширится, приобретая новые сотни тысяч *га*, а в то же время значительно улучшается и постановка с.-х. производства. В частности, по проведению агрономических мероприятий (агроминимума) колхозы идут уже впереди, а по обеспеченности инвентарем начинают получать все бóльшую и бóльшую возможность механизации всех основных процессов производства. Большое значение в этом деле играет быстрое развертывание с.-х. машино- и тракторостроения. Если до революции в России было несколько десятков тракторов, притом исключительно в имениях крупных помещиков, то в 1929/30 году в СССР в сельском хозяйстве работало свыше 40 000 тракторов (в Германии в настоящее время около 15 000 тракторов, во Франции—30 000 и в Англии—25 000), значительная часть которых работает в колхозах (около 12 000), а остальные—в машино-тракторных станциях, колоннах и в совхозах.

По постановлению 2-й Сессии ЦИК СССР (в декабре 1929 года) к концу пятилетки (1933/34 г.) д. б. выпущено на заводах СССР 378 000 тракторов. Это число тракторов вполне обеспечит механическ. тяговой силой те 77 млн. *га*, к-рые намечены к охвату К. к концу пятилетки. Такое обеспечение тракторами, сопровождаемое столь же быстрым развертыванием и с.-х. машиностроения, дает полную возможность значительно повысить степень обобществления инвентаря крест. хозяйств, объединяемых вокруг колхозов.

Задача укрупнения существующих колхозов, задача организации крупных колхозов и районов сплошной К. требуют прежде всего правильного организационно-экономическ. подхода, безусловного осуществления твердой классовой линии и развития кооперативно-коллективистич. самодеятельности бедняцко-середняцких масс при одновременной борьбе со всяким кулацким влиянием. Колхозная политика партии и советской власти должна опираться «на добровольность колхозного движения и учет разнообразия условий в различных районах СССР» (Сталин). Поскольку товарищества по совместной обработке земли представляют пройденную стадию, а для коммун как преобладающей формы К. еще время не настало, основной формой К. на ближайшее время делаются с.-х. артели. Наряду с этим те же задачи требуют и повы-

шения качества руководства организацией процессов производства. Организация машино-тракторных станций и колонн, правильное распределение тракторов на производстве, составление необходимых комплектов других сельскохозяйствен. машин, механизация транспорта и основного хозяйственного обслуживания колхозов—таковы задачи в области механизации колхозов. Безусловное осуществление агроминимума и зооминимума, выбор наиболее подходящей системы хозяйства, переход везде, где возможно, на травопольную систему земледелия по методам проф. В. Р. Вильямса—и прежде всего в районах сплошной К. и в крупных колхозах — таковы задачи агрономического порядка. Тесная связь с окрестным крестьянством (его бедняцко-середняцкими слоями), обслуживание его и вовлечение в коллективное движение бедняков, батраков и середняков—таковы задачи в области содействия росту К. Необходимо четкое распределение труда, поднятие трудовой и производственной дисциплины «на основе действительно сознательного отношения членов колхозов к своим обязанностям, проводя при этом принцип ответственности за исполнение порученной работы и создавая личную материальную заинтересованность каждого колхозника в поднятии производительности труда (сдельная оплата труда, нормировка выработок, система премирования и т. п.)». «Для повышения производительности труда д. б. всемерно использованы методы социалистич. соревнования, развитие работы производственных совещаний и широкое развитие самокритики»(из постановления Ноябрьского пленума ЦК 1929 г.).

Таковы задачи каждого колхоза для улучшения своей работы и повышения производительности труда. Наряду с этим д. б. поднята и политико-просветительная работа в колхозах, улучшена постановка школ, подготовка кадров, подняты на надлежащую ступень здравоохранение, жилищное строительство и обслуживание культурно-бытовых нужд колхозов. К. производства и потребления превращается в одну из основн. баз для построения коммунистич. общества.

Индустриализация и электрификация в сочетании с диктатурой пролетариата, организующего промышленность, развивающего социалистич. соревнование и развертывающего коллективное движение,—таков подлинный фундамент здания коммунизма.

Лит.: [1]) Покровский М. Н., Русская история с древнейших времен, 7 изд., т. 1, Москва, 1924; [2]) Ленин В. И., Очередные задачи советской власти, Собрание сочинений, 3 изд., т. 22, стр. 413, М.—Л., 1929; [3]) то же, стр. 423; [4]) Сталин И. В., К вопросам ленинизма, 5 издание, стр. 53, М.—Л., 1928; [5]) Ратнер Г., Социально-экономическ. основы сельскохозяйственной кооперации и коллективистского движения, Москва, 1929; [6]) Колхозы СССР, под ред. Е. П. Терлецкого, Москва, 1929.

Бровкин Т. М., Библиографич. указатель литературы о коллект. х-вах, М., 1928; Биценко А. А., Хрестоматия-справочник по истории коллективного земледелия в СССР за годы 1918—24, М., 1925; Конюков И. А., Коллект. земледелие, 3 изд., М., 1927; Карнузи Д. А., Опыт исследования коллективного земледелия, М., 1928; Гойстер А. И., Достижения и трудности колхозного строительства, Москва, 1929; Митрофанов А. Х., Колхозное движение, 3 изд., Москва, 1929; За крупные колхозы, Материалы 1 Всероссийского совещания крупных колхозов, Москва, 1929.

М. Шефлер.

КОЛЛЕКТОРНЫЕ МАШИНЫ переменного тока, электрические машины, имеющие ротор (якорь) и связанный с ним коллектор и систему возбуждения переменной полярности.

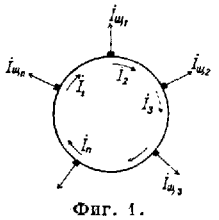
А. Общая часть. 1. Основные элементы К.м., их классификация и область применения. По своей конструкции ротор К. м. весьма сходен с якорем машины постоянного тока и отличается от последнего только тем, что впадины его, в которые укладывается обмотка, выполняются обычно полузакрытыми для уменьшения общего сопротивления магнитной цепи машины. Так как, кроме того, сопротивление этой цепи зависит в сильнейшей степени от величины воздушного зазора между статором и ротором, то для уменьшения этого сопротивления, оказывающего значительное влияние на коэфициент мощности ($\cos\varphi$) машины, зазор делают порядка от 0,5 до 2 *мм*.

К. м. находят применение гл. обр. в качестве двигателей, реже как возбудители синхронных и асинхронных машин и лишь в некоторых случаях в качестве генераторов и преобразователей частоты. Коллекторные двигатели могут быть построены как для однофазного, так и для трехфазного тока и разделяются по роду своих характеристик на две основные группы: 1) двигатели последовательные, которые резко изменяют свою скорость с изменением нагрузки и дают высокую скорость при малых значениях тормозного момента на валу, развивая в то же время большой начальный вращающий момент при относительно малом потреблении тока; 2) двигатели шунтовые, скорость которых меняется при изменении нагрузки весьма мало благодаря тому, что магнитный поток их, определяясь током ответвленной возбуждающей цепи, меняется при нагрузке незначительно. Скорость этих двигателей может быть изменяема вверх или вниз от синхронной в широких пределах. Нек-рые из них допускают вполне плавное изменение скорости, другие—лишь ступенями.

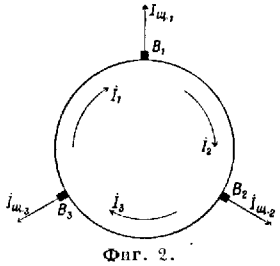
Коллекторные возбудители получают за последнее время широкое распространение под названием фазовых компенсаторов и служат для улучшения коэф-та мощности больших индукционных двигателей. Коллекторные генераторы и преобразователи применяются в каскадных схемах включения коллекторной и асинхронной машины и служат для регулировки скорости последней, повышая одновременно и ее $\cos\varphi$ (см. *Индукционные машины*).

К. м. могут найти применение лишь там, где необходимы те или иные из тех ценных свойств, к-рыми они обладают, как то: значительный пусковой момент, экономичное и плавное регулирование скорости, высокий коэф-т мощности, значительная перегружаемость. Относительно высокая стоимость этих машин и сложность схемы соединений не дает им возможности конкурировать в целом ряде областей с трехфазным индукционным бесколлекторным двигателем. Этот последний уступает однако К. м. в ряде перечисленных ценных свойств и оставляет поэтому за ними специальные области прак-

тич. применения. Сюда относятся: электрич. жел. дороги, подъемники, краны, насосы, компрессоры, станки для обработки металла и нек-рые машины текстильного и бумажного



Фиг. 1.



Фиг. 2.

производства. Все это в том случае, если для питания электродвигателей, обслуживающих данные механизмы, выбрана система переменного тока.

2. Подвод тока и распределение его в якоре. Якорь К. м. может иметь, даже при двухполюсной схеме, число мест подвода тока больше двух. Для того чтобы найти значения токов в отдельных частях такого якоря, можно воспользоваться уравнением:

$$nI_1 = nI_{щ\cdot 1} + (n-1)I_{щ\cdot 2} + (n-2)I_{щ\cdot 3} + \ldots + 2I_{щ\cdot (n-1)} + I_{щ\cdot n}, \quad (1)$$

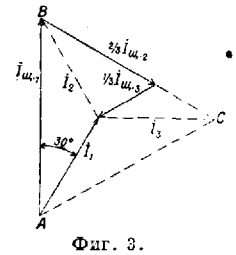
где I_1—ток данной части обмотки и $I_{щ}$—ток через щетки. Здесь принято, что токи $I_1, I_2, I_3, \ldots, I_n$ (фиг. 1) положительны при обтекании ими обмотки в направлении стрелки часов, токи же $I_{щ\cdot 1}, I_{щ\cdot 2}, I_{щ\cdot 3}, \ldots, I_{щ\cdot n}$ положительны при направлении их, соответствующем выходу из щетки во внешнюю цепь. В том случае, если токи щеток имеют разные фазы во времени, в уравнении (1) должен быть учтен их временный сдвиг. При трехфазном токе получается (фиг. 2):

$$3I_1 = 3I_{щ\cdot 1} + 2I_{щ\cdot 2} + I_{щ\cdot 3}. \quad (2)$$

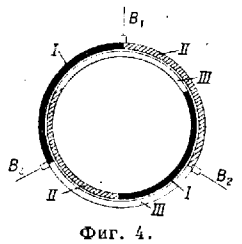
Учитывая временный сдвиг токов согласно диаграмме (фиг. 3), получают:

$$I_1 = \frac{I_{щ\cdot 1}}{\sqrt{3}},$$

причем ток I_1 отстает во времени на $\angle 30°$ от тока $I_{щ\cdot 1}$. Имея распределение токов, можно построить диаграмму магнитодвижущих сил (мдс). Для барабанного якоря при



Фиг. 3.



Фиг. 4.

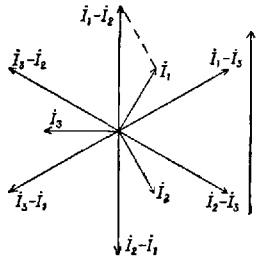
трехфазном токе получается распределение тока согласно фиг. 4, т. к. с каждым верхним стержнем обмотки, обтекаемым током какой-либо фазы, соединен нижний, расположенный по диаметру.

Геометрическ. сложение векторов мдс токов отдельных частей обмотки (фиг. 5) дает результирующую звезду мдс. В момент совпадения линии времени с вектором $(\bar{I}_1 - \bar{I}_2)$ ток $I_{щ}$. щетки B_1 (на фиг. 2) будет иметь максимальное значение. Если разделить в этот момент якорь прямой на две части, в к-рых токи будут иметь одинаковое направление, то линия раздела пройдет через щетку B_1. Прямая эта носит название магнитной оси якоря и совпадает всегда со щеткой, которая в данный момент несет наибольший ток; она определяет направление мдс ротора по отношению к мдс статора.

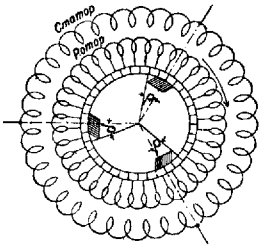
3. Коллектор как преобразователь числа периодов и фазы эдс. Если поместить якорь, снабженный коллектором во вращающееся магнитное поле, то в обмотке его при неподвижном якоре индуктируется эдс частоты

$$f_1 = \frac{p \cdot n_c.}{60},$$

где $n_c.$—число оборотов в минуту вращающегося поля. Волна этой эдс даст потенциальную волну, к-рая, двигаясь по коллектору со скоростью поля, перемещается с той же



Фиг. 5.



Фиг. 6.

скоростью относительно неподвижных, наложенных на коллектор щеток. На щетках получается эдс той же частоты, что и в статоре. Если привести ротор во вращение со скольжением s относительно поля, то в нем возникает эдс частоты sf_1. Волна потенциала по отношению к коллектору перемещается со скоростью скольжения

$$n_2 = n_c. - n_p. = \frac{60 sf_1}{p},$$

где $n_p.$ — число оборотов ротора в минуту. Скорость этой волны по отношению к неподвижным щеткам

$$n_c. - n_p. + n_p. = n_c.,$$

т. к. ротор сам двигается в направлении поля со скоростью $n_p.$. Частота эдс на щетках равна:

$$f_{щ}. = \frac{pn_c.}{60} = f_1.$$

Таким образом коллектор преобразует волну эдс частоты скольжения в волну частоты сети. Можно присоединить ротор, снабженный коллектором, к той же сети, к которой присоединен и статор К. м., и забирать или отдавать энергию также и через ротор при любой скорости вращения.

Роль коллектора не ограничивается преобразованием частоты; он может служить также для изменения фазы эдс. В двухполюсной трехфазной коллекторной машине с обмоткой статора, замкнутой на треугольник (фиг. 6), и ротором, снабженным коллектором, получится совпадение по фазе эдс,

индуктированных вращающимся полем в обеих обмотках, в том случае, если места подвода тока к статорной обмотке совпадают с теми местами коллектора, на которые наложены щетки. Если сдвинуть щетки на $\angle\varrho$, то каждая фазная обмотка ротора переместится в том же направлении, и линии магнитного поля будут перерезать ее раньше или позже на время, соответствующее данному сдвигу. При сдвиге щеток против направления вращения поля получится опережение эдс ротора по отношению эдс на статоре, при сдвиге по полю—отставание. Если приложить к щеткам извне напряжение строго определенной фазы, то путем их перемещения на тот или иной угол можно получить различный сдвиг между эдс ротора и этим напряжением. При помощи этого напряжения при соответствующем сдвиге можно влиять на скорость и коэфициент мощности К. м.

4. Момент вращения. Вращающий момент электрическ. машины появляется в результате взаимодействия тока и магнитного потока. Наибольший вращающий момент получится, если ось потока будет перпендикулярна к магнитной оси якоря, ибо только в этом случае токи всех стержней якоря создадут одинаково направленное вращающее усилие. Направление момента определится подобно тому, как это делается для машин постоянного тока. Сила взаимодействия между проводником длиной l *см* с током i и полем индукции B м. б. определена согласно формуле Био-Савара. Сила эта, будучи умножена на радиус вращения r, дает вращающий момент

$$M = \frac{B \cdot l \cdot i \cdot r}{9{,}81} \cdot 10^{-8} \text{ кгм.} \qquad (3)$$

При числе полюсов машины $2p$ и числе проводников якоря N получим, обозначая кроме того через da элементарную дугу якоря,

$$M = Np \frac{10^{-8}}{\pi \cdot 9{,}81} \int_0^{\frac{\pi}{2}} B \cdot l \cdot i \cdot r \cdot da \text{ кгм.} \qquad (4)$$

При синусоидальном изменении индукции и тока вдоль окружности якоря имеем следующие выражения:

$$\left.\begin{aligned} i &= i_0 \sin pa \\ B &= B_0 \sin pa \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Подставляя в ур-ие (4) значения тока i и индукции B из ур-ия (5) и вводя вместо максимального значения индукции полезный поток полюса Φ и вместо максимального значения тока i_0 действующее его значение I, получаем (в *кгм*):

$$M = \frac{\sqrt{2}}{4 \cdot 9{,}81} N \cdot I \cdot p \cdot \Phi \cdot 10^{-8} = k_1 \cdot I \cdot \Phi, \qquad (6)$$

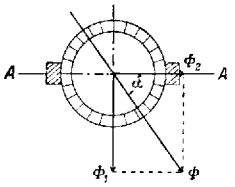
что дает выражение для момента многофазной машины. При сдвиге токов верхних и нижних стержней, лежащих во впадинах зубчатого якоря, надо под током I разуметь геометрич. сумму токов этих стержней. Для однофазной машины можно получить подобным же образом (в *кгм*):

$$M = \frac{1}{\pi \cdot 9{,}81 \cdot \sqrt{2}} N \cdot I \cdot p \cdot \Phi \cdot 10^{-8} = k_2 \cdot I \cdot \Phi_1. \qquad (7)$$

Приведенные выражения для моментов д. б. умножены на sin угла сдвига между осью поля и осью якоря в том случае, если оси эти не перпендикулярны:

$$M = k \cdot I \cdot \Phi \cdot \sin(I, \Phi). \qquad (8)$$

5. Эдс, индуктированные в якоре К. м. В якоре коллекторной машины, помещенном в переменном магнитном поле, могут возникать эдс двух родов: вращения и трансформации. Задавая направление вектора этого поля под $\angle a$ к магнитн. оси AA якоря (фиг. 7), разложим его на две слагающих, из которых одна Φ_1 перпендикулярна к магнитной оси якоря, а другая Φ_2 с ней совпадает. При пульсации потока Φ_1 в неподвижном якоре никакой эдс индуктироваться не будет, при вращении же якоря в этом потоке в обмотке появится некоторая переменная эдс, амплитудная величина которой будет определяться амплитудой поля и скоростью вращения, подобно тому как это получается в якоре машины постоянного тока. В виду того однако, что поле пульсирует, принимая при этом различные значения, эдс на щетках будет строго следовать за всеми изменениями поля. В тот момент, когда поле проходит через свое нулевое значение, эдс вращения никакого другого значения, кроме нулевого, иметь не может, так как поле фактически отсутствует и линий, к-рые резались бы проводниками якоря при его вращении, нет. Общее выражение для действующего значения этой эдс:



Фиг. 7.

$$E_{в.} = \frac{p}{a} \cdot \frac{n_p}{60} \cdot \frac{N}{\sqrt{2}} \cdot \Phi_1 \cdot 10^{-8} \text{ вольт;} \qquad (9)$$

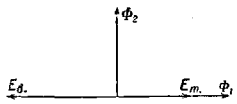
здесь: p—число пар полюсов, a—число пар цепей тока, N—число стержней обмотки, Φ_1—составляющая потока, перпендикулярная к магнитной оси якоря, n_p—число оборотов якоря в минуту. Вторая составляющая Φ_2 общего потока Φ никакой эдс при вращении якоря создать в обмотке его не может, т. к. она индуктирует в отдельных стержнях его параллельных цепей встречно направленные эдс, от пульсаций же этого потока в обмотке якоря будет индуктироваться эдс трансформации. Эта эдс не зависит от скорости вращения якоря и определяется выражением:

$$E_m = 1{,}11 \cdot \frac{N}{a} \cdot \frac{f_1}{100} \cdot \frac{\Phi_1}{10^6} \cdot c_e \text{ вольт,} \qquad (10)$$

где: f_1—частота пульсации потока, c_e—коэфициент, учитывающий форму кривой распределения поля и угол между щетками, если они расположены не по диаметру, а под некоторым углом.

Эдс E_m отстает во времени на 90° от потока Φ_1. Эдс вращения совпадает по фазе с потоком Φ_1, что не противоречит однако закону индукции, т. к. в этом случае должно рассматривать, благодаря вращению якоря, не поток в контуре витка, а мгновенное значение потока во времени по отношению к таковому же эдс. На векторной диаграмме эту эдс нужно отложить для двигателя под

углом в 180° к создающему ее потоку. Если предположить, что потоки Φ_1 и Φ_2 не являются слагающими поля Φ, а вполне самостоятельны и сдвинуты не только в пространстве, но и во времени на $\angle 90°$ и притом так, что Φ_2 опережает на этот угол Φ_1, то эдс вращения и трансформации будут направлены на векторной диаграмме (фиг. 8) одна по отношению к другой навстречу. На щетках получится лишь разность этих эдс. При скорости ротора, синхронной с частотой пульсаций полей, имеем:

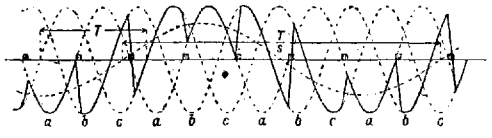


Фиг. 8.

$$E_{в.} = E_{т.},$$

что дает с нек-рым приближением: $\Phi_1 = \Phi_2$. При этой скорости получается, следовательно, круговое вращающееся поле и результирующая эдс ротора, равная нулю. Если поле является круговым при всех скоростях ротора, то вычисление эдс можно вести, рассматривая ее как разность эдс вращения и трансформации по формуле для $E_{в.}$ и вводя в нее вместо скорости $n_{р.}$ разность скоростей $n_2 = n_{с.} - n_{р.}$ и вместо потока Φ_1 полный вращающийся поток машины Φ.

6. К о м м у т а ц и я т о к а. Щетки, наложенные на коллектор якоря, фиксируют своим положением определенное распределение тока в обмотке независимо от того, вращается якорь или не вращается. При вращении якоря в любой из секций его обмотки протекает некоторый ток I_1 неизменного направления лишь во время движения места присоединения сторон секции к коллектору от щетки до щетки. В момент перехода под щеткой секция замыкается накоротко, а затем стороны ее переключаются в другую ветвь с иным значением и направлением тока. Этот процесс изменения тока носит название коммутации. В случае постоянного тока значение тока секции меняется на прямо противоположное, в случае же переменного наибольшее изменение тока имеет место лишь в некоторые моменты времени.



Фиг. 9.

При трехфазном токе картина изменения тока в отдельных фазах ротора представлена на фиг. 9. Три синусоиды *a*, *b*, *c* изображают изменение тока во времени во всех трех фазах. Ток каждой секции обмотки ротора следует за изменением тока какой-либо фазы только до тех пор, пока секция перемещается от щетки до щетки. При проходе под щеткой секция замыкается накоротко, после чего ток в ней начинает изменяться по другой кривой, соответствующей той фазе, в какую она перешла. Жирной линией нанесено изменение тока такой секции при ряде последовательных переключений. Картина меняется при переходе от одной секции к другой, при чем наибольшее изменение тока получается в той секции, которая коммутируется в момент, когда ток одной фазы равен $\frac{\sqrt{3}}{2}$ своей максимальной величины, а в другой $-\frac{\sqrt{3}}{2}$ той же величины. Картина фиг. 9 построена в предположении, что скорость ротора равна $^2/_3$ от скорости изменения питающего его тока. Полное изменение тока за период коммутации: $I_1 - I_2 = I_{щ.}$, равняется току через данную щетку $I_{щ.}$ При таком изменении тока меняется и магнитное поле, сцепленное с коммутируемым контуром обмотки. Это изменение поля создает в этом контуре электродвижущую силу самоиндукции, или так называемую р е а к т и в н у ю эдс

$$e_{р.} = c \cdot \frac{I_{щ.}}{b} \cdot v_{к.} \cdot 10^{-8} \text{ вольт}, \qquad (11)$$

где: *c*—постоянная, зависящая от размеров впадины, стержней и от положения их во впадине; *b*—ширина щетки в *см*; $v_{к.}$—окружная скорость коллектора в *см/сек*. По фазе эдс $e_{р.}$ совпадает с током $I_{щ.}$. При определении $e_{р.}$ надо учитывать влияние соседних с данной коммутируемой секцией сторон других секций в том случае, если они находятся также в коммутационном периоде. При четном числе фаз роторной обмотки и диаметральном шаге ее надо поэтому в выражение для $e_{р.}$ ввести коэфициент 2. Кроме этой эдс в короткозамкнутой секции машины переменного тока действует еще трансформаторная, которая обусловлена пульсациями в этом контуре внешнего магнитного поля. Выражение для этой эдс:

$$e_{т.} = 4{,}44 \cdot \frac{p}{a} \cdot \frac{N}{2K} \cdot f_2 \cdot \Phi \cdot 10^{-8} \text{ вольт}, \qquad (12)$$

где K—число коллекторных пластин, N—число активных проводников обмотки, f_2—частота изменения поля в контуре витка, p—число пар полюсов и a—число пар цепей тока. Эдс $e_{т.}$ отстает от потока Φ на $\angle 90°$. Результирующая эдс короткозамкнутого контура складывается из эдс реактивн. и трансформации и равняется их геометрической сумме. В том случае, когда внешнее поле и магнитная ось якоря перпендикулярны (условие максимума момента), эдс эти сдвинуты на $\angle 90°$ и результирующая

$$e = \sqrt{e_{т.}^2 + e_{р.}^2}. \qquad (13)$$

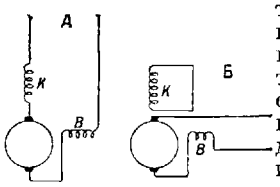
Эдс *e* может вызвать сильный дополнительный ток в замкнутом накоротко щеткой контуре в том случае, если ее величина будет превосходить то падение напряжения в этом контуре, которое имеет место в переходном слое между коллектором и щеткой. Падение это для современных угольных щеток лежит в пределах от 1 до 2 вольт. Опыт показывает, что величина эдс *e* не должна превосходить 3 вольт. Для уменьшения этой эдс иногда применяют добавочные полюсы, которые устраивают в коммутационных зонах на статоре; они создают при вращении якоря в короткозамкнутой секции эдс, эффективное значение которой таково:

$$e_{д.} = -B_{д.} \cdot 2l \cdot v \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 10^{-8} \text{ вольт}. \qquad (14)$$

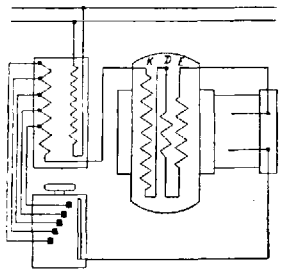
Здесь $B_{д.}$—индукция под добавочным полюсом, $2l$—активная длина двух коммутируе-

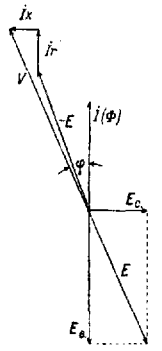
мых сторон, v—окружная скорость якоря. Эта эдс должна быть направлена встречно к e, для чего необходимо определенным образом подобрать фазу тока, питающего добавочный полюс, что достигается соответствующим включением его обмотки. Для того чтобы уничтожить e при различных условиях работы машины, применяют иногда две обмотки добавочного полюса; одну, включаемую последовательно со щетками и служащую для компенсации эдс $e_{p.}$, и другую — параллельно, для компенсации $e_{m.}$. В К. м., даже при наличии добавочных полюсов, не всегда удается добиться удовлетворительной коммутации в виду того, что в замкнутой накоротко секции существуют еще эдс, обусловленные высшими гармониками зубцов. Борьба с этими эдс чрезвычайно затруднена и может вестись лишь по линии правильного установления размеров зубцов машины, величины междужелезного пространства под добавочным полюсом, а также размеров и числа стержней обмотки.

Б. Однофазные коллекторные двигатели. 1. Последовательный однофазный коллекторный двигатель. Если к последовательному двигателю постоянного тока подвести переменный ток, то двигатель начнет вращаться в определенном направлении благодаря тому, что при изменении тока также одновременно изменяется и направление потока, почему вращающий момент сохраняет все время свое направление. Работа такого двигателя будет неудовлетворительна вследствие больших потерь в сплошных полюсах и ярме, а также вследствие низкого cos φ. Двигатель, который предназначен для работы на переменном токе, отличается от постоянного тем, что железо как ротора, так и статора его собирается из отдельных листов; междужелезное пространство двигателя делается возможно меньше; на статоре его, кроме возбуждающей обмотки B, укладывается еще компенсационная обмотка K, связанная с общей цепью двигателя электрически (фиг. 10, А) или магнитно (фиг. 10, Б). Роль компенсационной обмотки заключается в уничтожении поля якоря, которое требует для своего существования реактивного тока и уменьшает тем самым cos φ. В видах повышения cos φ возбуждающая обмотка статора делается с относительно малым числом витков. Отношение $\frac{\text{ампервитки возбуждения}}{\text{ампервитки якоря}}$ в этом случае получается порядка 1 : 3, тогда как в машинах постоянного тока это отношение доходит до 3 : 1.



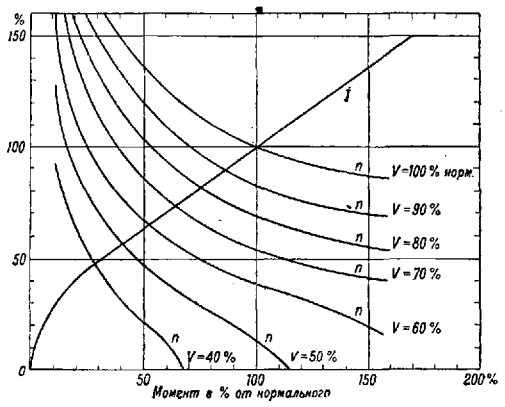
Фиг. 10.


Фиг. 11.



Фиг. 12.

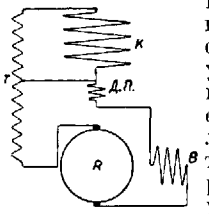
Общая схема включения последовательного двигателя дана на фиг. 11. Здесь T—трансформатор, питаемый от сети. Вторичная обмотка трансформатора имеет ряд выводов к *контроллеру* (см.) P, к-рый служит для пуска двигателя в ход постепенным повышением напряжения. На статоре двигателя расположены три последовательно соединенные между собой и со щетками обмотки: возбуждающая E, компенсирующая K и добавочных полюсов D. Общий ток I последовательной цепи двигателя создает магнитный поток Φ, пульсирующий с частотой тока (диаграмма, фиг. 12). При вращении ротора в потоке Φ в его обмотке индуктируется эдс $E_{в.}$. В обмотке возбуждения от пульсации поля Φ создается эдс $E_{c.}$. Результирующая эдс E, равная геометрической сумме эдс $E_{в.}$ и $E_{c.}$, уравновешивается слагающей напряжения сети—E. Приложенное напряжение V уравновешивает кроме того активное (Ir) и реактивное (Ix) падения напряжения, обусловленные сопротивлениями всей цепи двигателя. Ток двигателя I отстает от напряжения V на угол φ главным обр. благодаря наличию эдс $E_{c.}$. На фиг. 13 даны характеристики последовательн. двигателя $n=f(M)$ для различных напряжений V в % от номинального.



Фиг. 13.

Коммутация тока в последовательн. двигателе протекает в машинах малой мощности удовлетворительно даже без добавочных полюсов, в больших они необходимы. При включении этих полюсов последовательно в общую цепь двигателя уничтожается однако лишь реактивная электродвижущая сила $e_{p.}$. Для уменьшения трансформаторной эдс последовательные двигатели большой мощности строят исключительно для низкой частоты, в 25 и $16^2/_3$ пер/ск. Кроме того применяют особые схемы включения добавочных полюсов. Одна из этих схем состоит в том, что параллельно с обмоткой этих полюсов вводится активное сопротивление,

благодаря чему фаза тока в обмотке добавочного полюса получается отличной от фазы тока общей цепи. Путем подбора шунтирующего сопротивления фаза эта может быть установлена так, как это нужно для компенсации результирующей эдс короткозамкнутой цепи. Сопротивление это поглощает некоторое количество энергии, снижая кпд на 2—3%. Поэтому применяют также другую схему (фиг. 14), где эдс e_m. уничтожается добавочным полем компенсационной обмотки K; добавочн. полюса $Д.П.$ служат здесь только для уничтожения реактивной эдс. Полное уничтожение эдс коммутации имеет здесь место так же, как и в предыдущем случае, лишь при одной определенной скорости вращения ротора. Схема (фиг. 14) может быть применена не только в целях улучшения коммутации, но также и как особая схема двигателя с двойным питанием. В этом случае компенсационная обмотка служит не только для компенсации поля якоря, но, будучи питаема от сети самостоятельно, и для переноса энергии трансформаторным путем на ротор. Последний питается таким образом с двух сторон: непосредственно от сети и трансформаторно от компенсационной обмотки.



Фиг. 14.

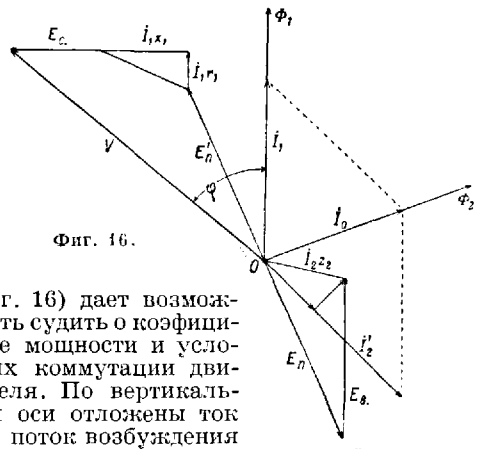
2. Репульсионный двигатель. Если в последовательном однофазном двигателе отъединить ротор R от общей последовательной цепи и замкнуть щетки накоротко между собой, то получится репульсионный двигатель. Две обмотки статора можно заменить при соответствующем положении щеток одной S, эквивалентной по своему действию двум обмоткам (схема, фиг. 15). Преимущество такой машины заключается в отсутствии непосредственного электрического соединения коллектора с сетью. При расположении подвижных щеток на коллекторе двигателя по оси X—X, перпендикулярной к оси обмотки статора ($\angle\alpha = 0°$, положение холостого хода), никаких эдс в обмотке ротора не будет. Двигатель подобен трансформатору в холостом ходу. Вращающий же момент отсутствует так же, как и при другом крайнем положении щеток ($\angle\alpha = 90°$, положение короткого замыкания). В этом последнем положении ток в роторе, а следовательно и статоре, может получить недопустимые значения вследствие того, что ток, который индуктируется полем статора в обмотке ротора замкнутой накоротко через щетки, будет велик. В любом промежуточном положении между $\angle\alpha = 0°$ и $\angle\alpha = 90°$ создастся некоторый вращающий момент. Наибольший момент получится при $\angle\alpha = 80$—$85°$, нормальный при $\angle\alpha = 67{,}5$—$77{,}5°$. Поток статора Φ может быть разложен на 2 слагающих: одну, совпадающую с магнитной осью ротора Φ_2, и другую, к ней перпендикулярную Φ_1. Поток Φ_2 индуктирует в роторе эдс, которая создает в нем ток I_2. Ток этот даст свое поле, направленное по оси щеток встречно к Φ_2. По этой оси установится некоторый поток, определяемый разностью обоих полей. Роль этого потока сводится к переносу энергии со статора на ротор. Ток ротора I_2 взаимодействует с полем Φ_1 и создает вращающий момент, характерный для двигателей последовательного возбуждения:



Фиг. 15.

$$M = k \cdot I_2 \cdot \Phi_1 = k \cdot I_1^2 \cdot \sin 2\alpha,$$

где I_1—ток статорной обмотки, α — угол сдвига щеток от положения холостого хода. В зависимости от относительного направления поля возбуждения Φ_1 и магнитной оси ротора, вращающий момент будет иметь то или иное направление. Реверсирование двигателя достигается простым смещением щеток в ту или другую сторону из положения холостого хода. Векторная диаграмма

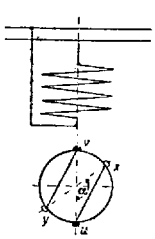


Фиг. 16.

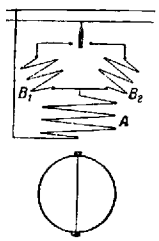
(фиг. 16) дает возможность судить о коэфициенте мощности и условиях коммутации двигателя. По вертикальной оси отложены ток I_1 и поток возбуждения Φ_1. Магнитодвижущая сила тока I_1 и приведенного роторного тока I_2' дадут результирующую магнитодвижущей силы I_0, создающую поток Φ_2. Этот последний индуктирует в роторе эдс E_{2i}, отстающую во времени от потока на $\angle 90°$. Эдс вращения ротора E_θ. в потоке Φ_1, сложенная геометрически с падением напряжения от тока I_2, уравновешивает E_n. В статоре тем же потоком Φ_2 индуктируется эдс E_{1i}', к-рая уравновешивает приложенное напряжение V совместно с эдс самоиндукции E_c. поля Φ_1 и падениями напряжения от тока I_1. Вектор тока I_1 оказывается согласно диаграмме сдвинутым на угол φ по отношению к напряжению V в сторону отставания. Потоки Φ_1 и Φ_2, сдвинутые в пространстве друг относительно друга на 90°, имеют временный сдвиг, также близкий к 90°, и поэтому создают вращающееся эллиптич. магнитное поле при всех скоростях ротора, кроме синхронной, когда поле становится круговым. Наличие вращающегося поля благоприятно сказывается на коммутации машины при скоростях, близких к синхронной. При пуске в ход из положения холостого хода трансформаторная эдс велика, и коммутация неудовлетворительна. Ухудшается коммутация и при превышении синхронной скорости более чем на 10%. Репульсионный двигатель применяется в кранах, подъемни-

ках, небольших электровозах, компрессорах, насосах и вентиляторах.

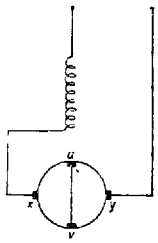
Кроме схемы Томсона значительно распространен двигатель системы Дери (фиг. 17). В этой машине неподвижные щетки u, v соединены с подвижными x, y. При пуске в ход щетки u и x, v и y попарно соприкасаются, выключая тем самым обмотку ротора. При сдвиге подвижных щеток из этого положения на $\angle \alpha$ ось каждой из обмоток, которые замыкаются парами соединенных друг с другом щеток, сдвигается на $\angle \frac{\alpha}{2}$, что облегчает регулирование. Коммутация протекает в этом случае легче, так как ток коммутируется только от 0 до I, а не от $+I$ до $-I$, как в двигателе Томсона. В применении к подъемникам более распространена схема (фиг. 18) с неподвижными



Фиг. 17.



Фиг. 18.

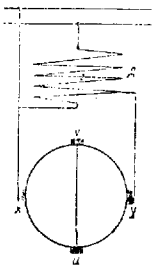


Фиг. 19.

щетками. Последовательно с главной, расположенной по оси щеток частью обмотки статора A включаются здесь дополнительные обмотки B_1 и B_2, которые сдвигают результирующую ось обмотки статора в ту или другую сторону от положения короткого замыкания, благодаря чему получается то или иное направление вращения двигателя.

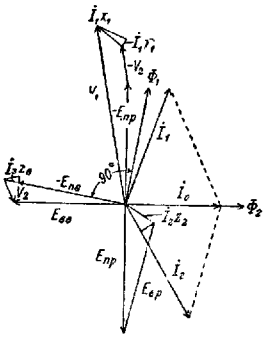
3. Компенсированный репульсионный двигатель. Большим недостатком репульсионного двигателя является низкий коэфициент мощности. Машина м. б. скомпенсирована в том случае, если цепью, создающей поток возбуждения, сделать ротор (фиг. 19). На роторе помещены две пары щеток, из к-рых x, y соединены последовательно со статорной обмоткой и имеют ось, перпендикулярную к оси этой обмотки, щетки же u, v, ось к-рых совпадает с осью статорной обмотки, замкнуты между собою накоротко. Ротор создает поток возбуждения по оси щеток x, y, а также участвует в создании трансформаторного потока Φ_2, направленного по оси щеток u, v. Диаграмма токов и эдс будет разниться от диаграммы для репульсионного двигателя только тем, что в первичной цепи имеется дополнительная электродвижущая сила вращения, направленная встречно к эдс самоиндукции, индуктируемой пульсациями поля возбуждения, и уменьшающая тем самым вредное действие последней эдс на $\cos\varphi$. При синхронной скорости результирующая этих двух электродвижущих сил будет равна нулю, поэтому $\cos\varphi$ имеет значение, близкое к единице.

При низких скоростях ротора $\cos\varphi$ получается того же порядка, что и для репульсионного двигателя. Характеристики скорости компенсированного двигателя сходны с характеристиками для последовательного и репульсионного. Условия коммутации тока различны для щеток возбуждающей и главной цепи. В возбуждающей трансформаторная эдс уравновешивает эдс вращения, поэтому остается лишь электродвижущая сила самоиндукции, небольшой величины, благодаря малому значению тока. Для щеток главн. тока u, v условия коммутации те же, что и в репульсионном двигателе. Для улучшения коммутации при пуске двигателя в ход уменьшают поток возбуждения, включая возбуждающую цепь ротора через автотрансформатор. Компенсированный репульсионный двигатель нашел себе одно время применение в электрич. тяге, но был затем вытеснен последовательным.



Фиг. 20.

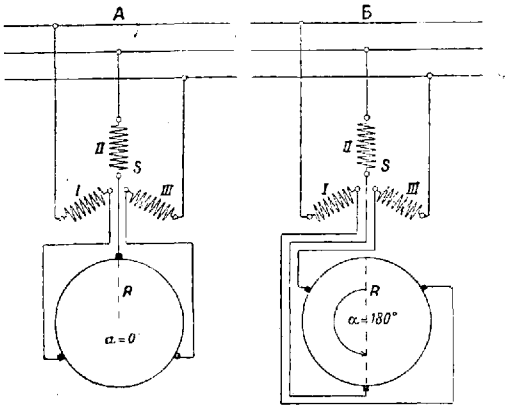
4. Однофазный шунтовой коллекторный двигатель. Шунтовой двигатель постоянного тока не может работать удовлетворительно при питании переменным током вследствие того, что ток и магнитный поток возбуждения значительно отстают во времени из-за большой самоиндукции возбуждающей обмотки от тока цепи якоря. Большой сдвиг между током якоря и магнитным полем ведет к малому значению вращающего момента. Для уменьшения указанного сдвига шунтовые двигатели переменного тока возбуждаются с ротора. При скоростях ротора, близких к синхронной, частота тока в его обмотке весьма мала, вследствие чего влияние самоиндукции этой обмотки оказывается незначительным. Ротор несет также и рабочий ток (схема, фиг. 20), получая его трансформаторным путем от обмотки статора A, к-рая присоединена к сети. Соединенные накоротко щетки u, v служат для замыкания роторной обмотки. Возбуждающий ток подводится к ротору помощью щеток x, y, присоединенных к части обмотки статора. В виду того, что якорь и цепь возбуждения питаются от цепей с постоянным напряжением, вращающий момент зависит линейно от рабочего тока машины, скорость же при изменении нагрузки почти не изменяется. Эту скорость можно регулировать. Рассматривая обмотку статора и ротор с его рабочими щетками u, v как трансформатор, можно отложить магнитный поток этого трансформатора Φ_2 по горизонтальной оси (фиг. 21). Поток этот переносит энергию со статора на ротор и создает своими пульсациями в обмотке ротора эдс $E_{пр.}$. Эта эдс уравновешивается геометрическ. суммой падения напряжения вторичной цепи $I_2 z_2$ и эдс вращения $E_{вр.}$, создаваемой потоком возбуждения Φ_1. Пульсации этого потока создают в роторе эдс



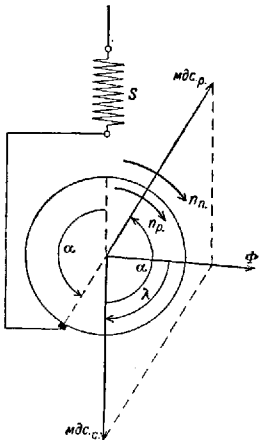
Фиг. 21.

$E_{пв.}$, при вращении же ротора в потоке Φ_2 получится эдс $E_{вв.}$. В многоугольник эдс возбуждающего контура входит также падение напряжения $I_3 z_в$. и напряжение V_2 части статорной обмотки, которая присоединена к цепи возбуждения. Вектор приложенного напряжения V_1 уравновешивается составляющей эдс $-E_{пр.}$, направленной обратно к $E_{пр.}$, слагающей напряжения $-V_2$, а также падением напряжения $I_1 r_1$. Токи будут определяться направлениями активных падений соответствующих цепей. Ток ротора и намагничивающий ток дадут как геометрическ. разность статорный ток I_1, направление которого в сильной степени зависит от величины напряжения V_2. Меняя это напряжение, можно влиять на cos φ. Для изменения скорости двигателя можно в цепь щеток главной цепи ротора ввести от особого трансформатора добавочное напряжение, ориентированное так же, как эдс $E_{пр.}$. Для того, чтобы восстановить нарушенное равновесие, должна измениться эдс $E_{вр.}$, что может иметь место только при изменении скорости. Другой способ регулирования сводится к изменению потока возбуждения Φ_1 путем включения в возбуждающую цепь добавочной, уложенной на статоре обмотки с осью, направленной по оси щеток возбуждения. Обмотка эта может иметь ряд ответвлений к переключающему контроллеру так. обр., что в цепь возбуждения м. б. введена бо́льшая или меньшая ее часть. Коммутация шунтового двигателя протекает совершенно подобно компенсированному репульсионному. Область применения данной машины весьма ограничена. Пусковой момент весьма мал.

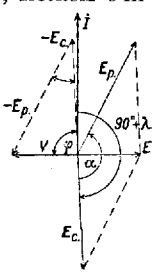
В. Многофазные коллекторные двигатели. 1. Трехфазный последовательный коллекторный двигатель. Трехфазный последовательн. двигатель имеет последовательно через щетки соединенные обмотки статора и ротора; иногда соединение это выполняется через трансформатор. При положении щеток согласно фиг. 22, А, магнитодвижущая сила статора и ротора складываются ($\angle \alpha = 0°$) и двигатель ведет себя как трансформатор в холостом ходу. Другое крайнее положение щеток получится при $\angle \alpha = 180°$ (фиг. 22, Б). В этом случае мдс статора и ротора направлены друг другу навстречу; поэтому магнитный поток весьма мал и двигатель подобен трансформатору в коротком замыкании. Вращающий момент будет отсутствовать как в том, так и другом случае, т. к. сдвига между полем и мдс ротора нет. Если сдвинуть щетки из пускового положения ($\angle \alpha = 0°$) против направления вращения поля и расположить их под $\angle \alpha \cong 150°$ (нормальный рабочий угол), то получится диаграмма мдс согласно фиг. 23. Мдс, будучи сдвинуты на $\angle \alpha$, дают результирующую мдс, которая обусловливает существование потока Φ. Направление вращения двигателя n_p. в данном случае совпадает со стрелкой часов. Если направление вращения поля $n_п$. совпадает с направлением сдвига щеток, то двигатель будет следовательно вращаться против поля, в противном случае—по полю. Последнее направление вращения выгоднее, так как ротор находится в лучших условиях с точки зрения потерь и коммутации. Задавая вектору потока Φ направление вращения, совпадающее с направлением вращения ротора, получим векторную диаграмму токов и эдс одной фазы двигателя. Откладывая вектор (фиг. 24) тока I по вертикальной оси, должно отложить вектор эдс статора E_c. под углом к нему $\lambda + 90°$ из тех соображений, что максимум этой эдс наступит лишь тогда, когда поток сдвинется на этот угол от того положения, когда он создавался током рассматриваемой фазы и совпадал с вектором I. Результирующую электродвижущую силу двигателя E найдем в виде геометрич. суммы эдс статора E_c. и отложенной к ней под $\angle \alpha$ в сторону опережения эдс ротора E_p. Пренебрегая падениями напряжения, можем считать, что эдс E уравновешивается приложенным к зажимам двигателя напряжением V. При вращении ротора вектор E_p. уменьшается, сохраняя свое направление. Угол между током I и напряжением V вследствие этого также уменьшается. При $E_p = 0$ (синхронная скорость) ток будет почти совпадать по фазе с напряжением. При дальнейшем повышении скорости эдс ротора меняет знак, поэтому ток может стать опережающим напряжение V. От векторной можно перейти к круговой диаграмме эдс, а затем и тока при постоянном $\angle \alpha$ (фиг. 25). Откладывая вектор V по вертикали, строим на нем треугольник эдс. При постоянстве угла между эдс статора и ротора ($180° - \alpha$) вершина треугольника эдс будет двигаться по кругу при изменении E_p., а следовательно и скольжения s. В точке B получится син-



Фиг. 22.

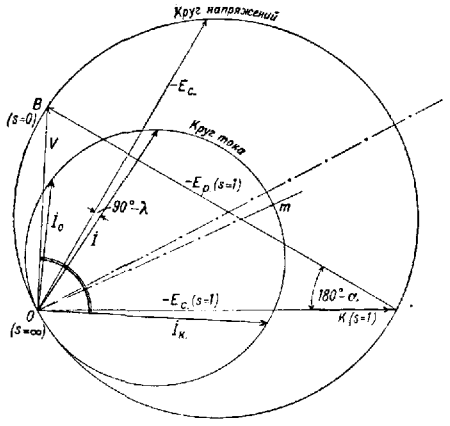


Фиг. 23.



Фиг. 24.

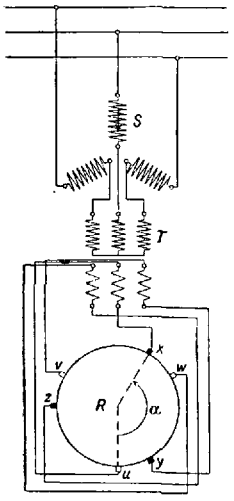
хронная скорость при эдс $E_p = 0$. В точке K при $s = 1{,}0$ двигатель будет неподвижен. Точка O (начало координат) отвечает бесконечному скольжению $s = \infty$. Диаграмма тока будет во всем следовать диаграмме эдс. Любому значению вектора E_c диаграммы напряжений соответствует вектор тока, сдвинутый согласно фиг. 25 на $\angle(90° - \lambda)$. Вра-



Фиг. 25.

щающий момент последовательной машины при неизменном $\angle\alpha$ может быть представлен так же, как для двигателя постоянного тока: $m = k \cdot I^2$.

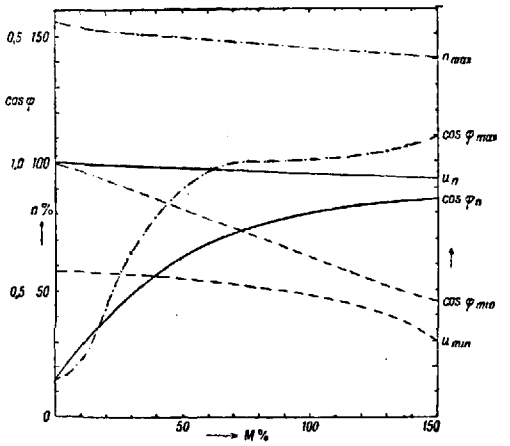
Из круговой диаграммы тока видно, что при уменьшении скорости момент будет нарастать до точки m. За этой точкой лежит область неустойчивой работы. Для того чтобы повысить устойчивость двигателя, применяют иногда двойной комплект щеток на коллекторе, включая промежуточный трансформатор (фиг. 26). Сдвиг щеток одного комплекта x, y, z при неподвижном другом v, w, u вызывает лишь относительное смещение двух составляющих эдс ротора при небольшом смещении результирующей мдс. Работа двигателя протекает поэтому устойчиво даже при изменяющемся в широких пределах угле сдвига щеток; cos φ в этом случае несколько ухудшается.



Фиг. 26.

Промежуточный трансформатор между статором и ротором применяют также и при наличии всего лишь одного комплекта щеток. Такой трансформатор служит гл. обр. для уменьшения напряжения на роторе при статоре, включаемом непосредственно в сеть высокого напряжения. Трансформатор д. б. рассчитан на часть мощности двигателя, пропорциональную заданной регулировке скорости. При регулировании на 25% вниз от синхронной скорости, мощность трансформатора должна составлять те же 25% от полной мощности двигателя. Удовлетворительная с точки зрения коммутирования работа двигателя получается при изменении скорости примерно от 40 до 100% от синхронной. Добавочные полюса благодаря переменному положению щеток обычно не применяются. Возможно применение обмотки статора с укороченным до половины полюсного деления шагом по Гейланду. В этом случае получается настолько широкая коммутационная зона, что представляется возможность в то же время передвигать в некоторых пределах щетки коллектора.

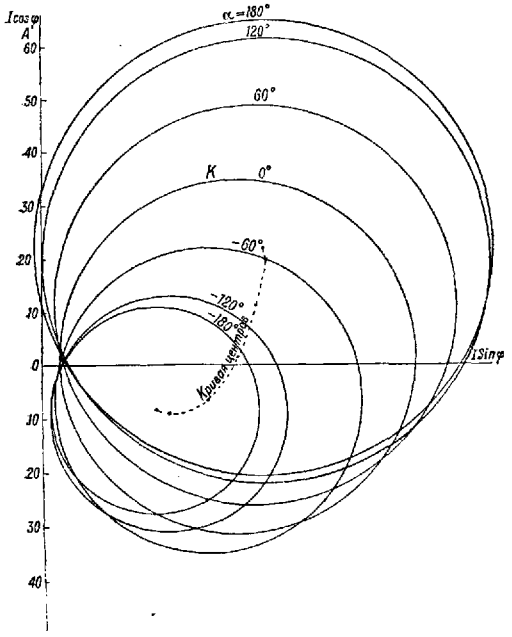
2. Трехфазный шунтовой коллекторный двигатель. Трехфазный шунтовой коллекторный двигатель представляет собою по существу асинхронный двигатель, у которого во вторичную часть, при помощи коллектора, введена добавочная эдс. Та дополнительная обмотка, в которой эта эдс индуктируется общим полем машины, укладывается во впадинах первичной части двигателя. Будучи более сложным и более дорогим по сравнению с нормальным асинхронным двигателем, шунтовой коллекторный обладает однако рядом ценных свойств, к которым следует прежде всего отнести возможность широкой и экономичной регулировки скорости, а также те высокие значения коэф-та мощности, которые м. б. получены при нек-рых режимах его работы. На фиг. 27 даны характеристики cos φ и скорости шунтового коллекторного двигателя



Фиг. 27.

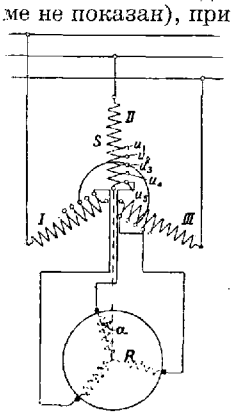
при трех начальных скоростях (n)—наибольшей, средней и наименьшей. При вышесинхронной скорости получается даже опережение при моменте большем половины нормального. Это же видно из фиг. 28, где приведены круговые диаграммы шунтового двигателя с питанием через ротор и при различных значениях добавочной, введенной во вторичную часть, эдс, изменяемой путем смещения щеток на коллекторе. Круг K отвечает работе двигателя в качестве обыкновенного асинхронного, при замкнутой следовательно накоротко вторичной его цепи. Все круги, имеющие центр вверх от центра круга K, отвечают работе на вышесинхронной скорости, остальные на нижесинхронной

Существует два типа шунтовых трехфазных коллекторных двигателей: один с питанием через статор и другой—через ротор. Первая из этих машин выполняется обычно по схеме фиг. 29. Обмотка статора S соединяется звездой и имеет ряд ответвлений в



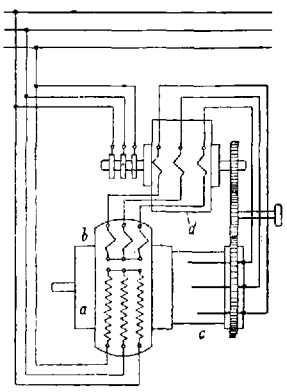
Фиг. 28.

части, близкой к нулевой точке звезды; ответвления эти u_1, u_2, u_3 и т. д. лежат по обе стороны этой точки так. обр., что при переходе контакта, соединенного с цепью ротора, через нулевую точку, меняется знак эдс, вводимой во вторичную цепь. Концы всех ответвлений выведены к контроллеру (на схеме не показан), при помощи к-рого они соединяются со щетками, наложенными на коллектор ротора. Щетки располагаются обычно т. о., что ось каждой фазы эквивалентной звезды ротора (изображена пунктиром) совпадает с осью соответствующей статорной фазы. В этом случае получается влияние добавочн. эдс только на скорость двигателя. При желании иметь и $\cos\varphi$ его достаточно близким к единице несколько смещают щетки по направлению вращения двигателя при вышесинхронной скорости ротора и против—при нижесинхронной. Т. к. при вышесинхронной скорости рассеяние вторичной системы играет роль емкости, то сдвиг этот м. б. сделан в этом случае меньшим для получения той же компенсации. Слабой стороной двигателя со статорным питанием является наличие переключающего контроллера.



Фиг. 29.

Фирма AEG сделала попытку избежать контроллера, заменив его потенциал-регулятором. На фиг. 30 представлена схема такого двигателя. Здесь a—главная статорная, питаемая от сети обмотка, b—добавочная обмотка статора, d—потенциал-регулятор (регулятор фаз), c—коллектор двигателя с наложенными на него щетками. Потенциал-регулятор питается от той же сети, что и двигатель, и имеет напряжение сети приложенным к кольцам ротора. Статор регулятора, будучи соединен с добавочной обмоткой и щетками, доставляет в эту цепь добавочную эдс переменной фазы так. образ., что результирующее, приложенное к щеткам напряжение может иметь различную величину и фазу. Регулировка ведется путем смещения ротора потенциал-регулятора, при одновременном смещении щеток, при помощи маховичка. Потенциал-регулятор обычно составляет с двигателем его неотъемлемую часть.

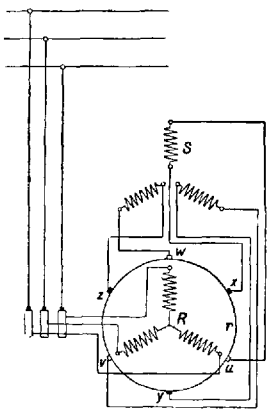


Фиг. 30.

В двигателе с питанием через ротор плавная регулировка скорости достигается путем смещения щеток на коллекторе (схема на фиг. 31). Первичн. обмотка R, присоединенная к кольцам, помещается на роторе и вращается вместе с ним. На роторе же помещена добавочная обмотка r (отделенная от первичной электрически или связанная с ней), присоединенная к коллектору. Три отдельные статорные обмотки замкнуты на коллектор через щетки. Три щетки, соединенные с началами статорных фаз, сидят на одной траверсе, а другие три, соединенные с концами этих фаз,—на другой. Траверсы могут перемещаться в различные стороны одна по отношению к другой, например при помощи зубчатки, связанной с ними и регулируемой автоматически или же от руки. Если сдвинуть траверсы так. обр., чтобы щетки, соединенные с каждой фазой, лежали рядом, замыкаясь через одну и ту же пластину коллектора, то двигатель ничем не будет отличаться от обыкновенного асинхронного, питаемого с ротора. Раздвигая щетки от этого среднего их положения в том или ином направлении, будем тем самым включать между ними нек-рое число витков дополнительной роторной обмотки, вводя во вторичный контур добавочную эдс переменной, зависящей от положения щеток, величины. При угле α сдвига щеток, равном 180°, получается максимальное возможное значение этой эдс. Ось введенной путем смещения щеток в цепь добавочной роторной обмотки сдвигаться при этом не будет. Если положение траверс выбрать таким образ., чтобы оси фаз статора и добавочной обмотки ротора совпадали, то получится влияние только на скорость. Сдвигая маховик, приводящий в движение траверсы в противоположные

стороны, в одном направлении от положения, отвечающего нормальн. асинхронному режиму, будем менять скорость вниз от синхронной, сдвигая в другом—вверх. Число витков роторной обмотки при $\alpha=180°$ выбирается обычно равным половине числа витков фазы статора. В этом случае пределы регулирования будут ~ 3 : 1.

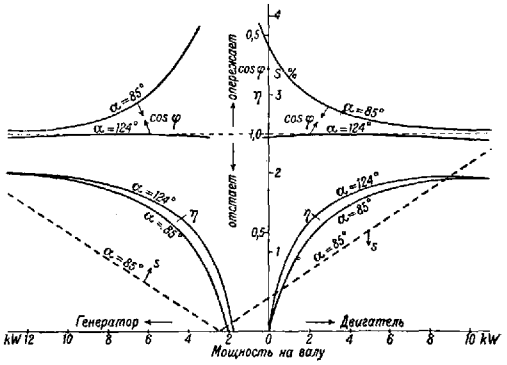
Если одновременно с регулировкой скорости желательно при нижесинхронной скорости иметь повышенное значение коэфициента мощности, то можно устраивать несимметричное движение траверс таким образом, чтобы при переходе от вышесинхронной на нижесинхронную скорость ось роторной обмотки смещалась несколько в сторону, противоположную направлению вращения. Смещение этой оси получается весьма небольшим, порядка 10 электрических градусов.



Фиг. 31.

Нек-рым недостатком шунтового двигателя с питанием через ротор является необходимость иметь при напряжении больше 500 V между ним и сетью трансформатор. Эти двигатели мощностью от 5 до 80 kW строятся в СССР на ленинградском заводе «Электросила», а заграничными фирмами выполняются двигатели до 150 kW. С точки зрения коммутации оба типа двигателей находятся в различных условиях. Машина с питанием через статор имеет эдс трансформации переменной величины, зависящей от скорости ротора. Наибольшая величина этой эдс получается при пуске двигателя в ход, а наименьшая — при синхронной скорости. Реактивная эдс растет с увеличением скорости и имеет относительно высокие значения вследствие большого тока и числа витков ротора. В двигателе с питанием через ротор трансформаторная эдс имеет постоянную величину независимо от скорости ротора, поэтому она определяет допустимую величину потока на один полюс машины. Реактивная эдс в этом двигателе невелика. В конечном счете надо признать, что двигатель с питанием через ротор находится в лучших коммутационных условиях. Размеры коллектора машин обоих типов при одинаковой мощности и пределах регулирования одни и те же, если только принять за допустимое напряжение между коллекторными пластинами одну и ту же величину при вращении ротора со скоростью, наиболее удаленной от синхронизма.

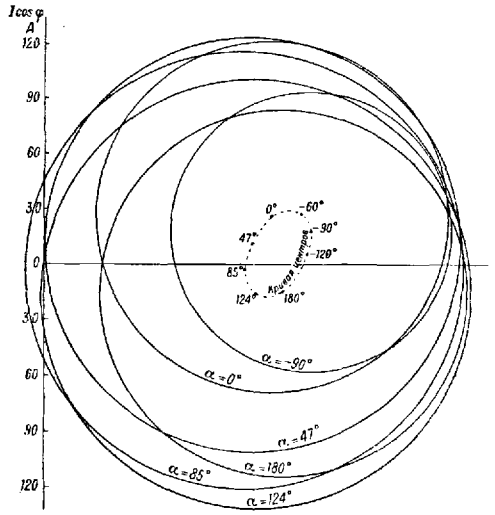
3. Компенсированный асинхронный двигатель. Компенсированный асинхронный двигатель весьма близок по схеме соединений к шунтовому коллекторному и составляет как бы своего рода переходную ступень от этого двигателя к обыкновенному асинхронному. Компенсированный двигатель дает $\cos\varphi=1{,}0$ или даже опережающий, что достигается введением во вторичную его цепь добавочной эдс, к-рая сдвинута на угол близкий к 90° по отношению к эдс скольжения этой цепи. В зависимости от положения щеток на коллекторе такого двигателя дополнительная эдс может быть ориентирована и иначе, что может повлечь за собой небольшое изменение скорости двигателя вверх или вниз от синхронной. Такая регулировка однако редко представляется необходимой, в виду чего основное свойство двигателей — высокий $\cos\varphi$, при отсутствии регулирования, выступает на первый план. Отличие компенсированного двигателя от шунтового коллекторного заключается в том, что величина добавочной эдс, а следовательно и размеры той добавочной обмотки, в которой она создается, получаются значительно меньшими для компенсированной машины. Характеристики компенсированного двигателя значительно отличаются от нормального асинхронного, как это видно из кривых для $\cos\varphi$, η и s (фиг. 32), построенных в функции от мощности на валу для двигателя по системе Осноса завода «Электросила» (10 kW, 230 V, 750 об/м.). На фиг. 33 даны круговые диаграммы той же машины, снятые для различных положений щеток на коллекторе двигателя. Теоретич. круговые диаграммы компенсированного двигателя так же, как и для других многофазных коллекторных машин, м. б. построены, если известны параметры машины.



Фиг. 32.

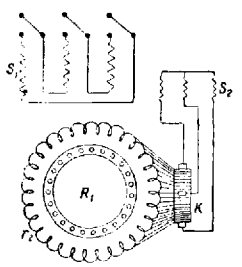
В соответствии с двумя возможными схемами шунтового коллекторного двигателя получаются две схемы компенсированного: 1) двигатель Гейланда с питанием через статор и 2) двигатель Осноса с питанием через ротор. Двигатель Гейланда (схема на фиг. 34) имеет на статоре обмотку S_1, присоединяемую к питающей сети, и дополнительную обмотку S_2 с относительно небольшим числом витков. Эта дополнительная обмотка присоединена к щеткам, наложенным на коллектор. На роторе помещены две обмотки, из к-рых одна замкнута накоротко (R_1), а другая присоединена к коллектору (r_2). Дополнительная обмотка статора S_2 создает нужную добавочную эдс частоты сети, к-рая при помощи коллектора преобразовывается в эдс частоты скольжения и дает во вторичном контуре добавочный ток, накладывающийся на общий ток этой цепи и сдвигающий результирующий вектор его

в сторону опережения, снимая тем самым со статора функцию намагничения машины. При соответствующем положении щеток можно распределить токи во вторичной цепи таким образом, чтобы обмотка R_1 несла по

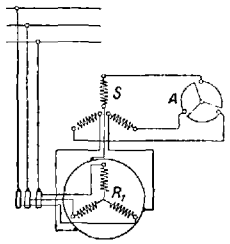


Фиг. 33.

преимуществу активный ток, а обмотка r_2— намагничивающий, реактивный. Двигатель Гейланда обладает одним весьма существенным недостатком, а именно неудовлетворительной коммутацией при пуске, так как в этот момент трансформаторная эдс имеет свое полное значение, подобно шунтовому двигателю с питанием через статор. Для уменьшения поля в момент пуска применяют переключение обмотки статора со звезды на треугольник, чем однако понижают пусковой момент. Реактивная эдс имеет в этом двигателе также относительно большую величину, т. к. с коллектором соединена возбуждающая обмотка, обладающая относительно большим числом витков, но эта эдс в сильной степени парализуется наличием короткозамкнутой обмотки. Для улучшения пусковых условий схему Гейланда можно несколько видоизменить, накладывая на коллектор шесть щеток вместо двух и размыкая



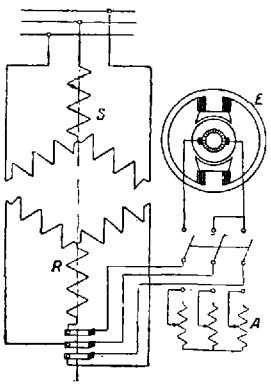
Фиг. 34.



Фиг. 35.

на время пуска соединение их со статорной добавочной обмоткой. За последнее время Гейландом применяется в двигателях его типа обмотка статора с укороченным до половины полюсного деления шагом, благодаря чему в коммутационной зоне получается коммутирующее поле. Условия коммутации такого двигателя значительно более благоприятны и позволяют строить машины до мощностей порядка 30 kW.

Компенсированный двигатель схемы Осноса получил большое распространение благодаря лучшим условиям коммутирования. На роторе этой машины (схема фиг. 35) располагается первичная обмотка R_1, присоединенная при помощи колец к питающей сети. В тех же впадинах ротора, в которых уложена первичная обмотка, располагается добавочная, соединенная с коллектором и далее через щетки с обмоткой статора, замкнутой на реостат, к-рый оказывается введенным в ее нулевую точку. По принципу действия эта машина ничем не отличается от предыдущей. Коммутация такого двигателя протекает весьма удовлетворительно. Трансформаторная эдс имеет постоянную величину независимо от скорости ротора. Она м. б. сильно ограничена путем укорочения шага обмотки, соединенной с коллектором. Реактивная эдс в этом двигателе невелика. Двигатель м. б. построен для значительных мощностей, до 1 000 kW. Кпд двигателя Осноса равен практически кпд нормальной асинхронной машины, т. к. потери в железе в первом меньше благодаря относительно небольшому объему железа первичной системы, помещаемой на роторе. Главный недостаток двигателя — невозможность включения в сеть с напряжением выше 500 V без особого трансформатора, к-рый д. б. рассчитан на полную мощность двигателя. По сравнению с нормальными асинхронными компенсированные машины обладают еще тем преимуществом, что перегружаемость их значительно выше и достигает $2^1/_2$—3-кратной от нормального момента. Это делает их пригодными для самых тяжелых условий работы.

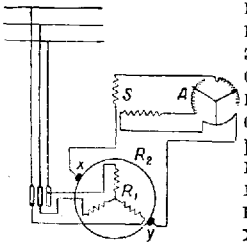


Фиг. 36.

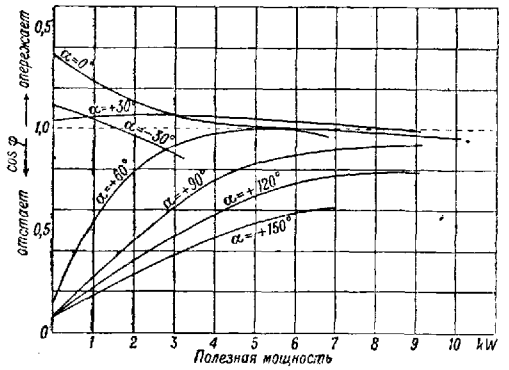
4. Синхронизированные асинхронные двигатели. В 1901 г. шведским инж. Даниельсоном была сделана попытка обратить асинхронную машину в синхронную путем введения в ротор постоянного тока от особого источника. На фиг. 36 дана схема такой машины. Статор S асинхронного двигателя присоединен к сети. Ротор R при помощи переключателя замыкается при пуске на сопротивление A, а затем переключается на возбудитель постоянного тока E. В его цепи появляется тогда постоянный ток, который существует в нем вместе с током частоты скольжения и создает поле, неподвижное относительно ротора. Последнее взаимодействует с вращающимся полем статора, создавая пульсирующий синхронный момент. При достаточно сильном поле постоянного тока двигатель ускоряется до синхронной скорости в те-

чение положительной полуволны момента и идет далее как синхронный. Асинхронный синхронизированный двигатель должен обладать увеличенным междужелезным пространством, для того чтобы перегружаемость его была достаточно высока. Преимущества данной системы перед нормальным синхронным двигателем заключаются в значительном пусковом моменте, а перед асинхронным — в высоком cos φ. Недостатки этой системы — относительно низкая перегружаемость и некоторые затруднения при пуске в момент перехода из асинхронного в синхронный режим, связанные с необходимостью увеличения возбуждения. Двигатели этого типа м. б. построены для мощностей до 2 000 kW и выше и служат для привода компрессоров, а также дефибреров бумагоделательных фабрик.

При мощностях ниже 50—60 kW синхронизированный двигатель с отдельным возбудителем себя не оправдывает, в виду чего применяют двигатель с самовозбуждением, предложенный герм. инж. Шюлером. Двигатель Шюлера (схема фиг. 37) несет на роторе обмотку R_1, питаемую от сети при посредстве колец. На ротор же наложена вторая обмотка R_2, соединенная с коллектором и электрически разобщенная от первой. На коллекторе имеются неподвижные щетки x и y, замкнутые на одну из фаз двухфазной статорной обмотки S. Вторая фазовая обмотка статора служит для получения двухфазной системы при пуске двигателя в ход в качестве асинхронного и замыкается в пусковом реостате A накоротко по достижении двигателем синхронной скорости. При синхронном ходе эта фазов. обмотка служит демпфером. При вращении ротора такой машины со скоростью, равной скорости поля, создаваемого его многофазной обмоткой, в сторону, противоположную последнему, получим неподвижное в пространстве поле. В этом неподвижном поле вращается ротор с его дополнительной обмоткой и коллектором. В цепи, замыкающей щетки, т. е. в статоре, получается постоянный ток, который создает мдс, ориентированную по оси обмотки S. Взаимодействие этой мдс с неподвижным полем ротора создает синхронный момент и определяет направление этого поля. При изменении нагрузки двигателя ось поля смещается по отношению к щеткам, благодаря чему эдс и ток возбуждения также изменяются. В зависимости от положения щеток на коллекторе можно получить различные условия компенсации двигателя, а также и различные значения его максимального момента. На фиг. 38 даны кривые cos φ для разных угловых положений щеток на коллекторе. Максимальный момент синхронизированного двигателя имеет величину 1,3—1,5 от номинального, что впрочем не представляет особых неудобств, ибо по выпадении из синхронизма, вследствие случайной перегрузки, двигатель идет как асинхронный, при некоторых, правда, колебаниях тока и скорости. Он вновь втянется в синхронизм, как только нагрузка упадет до значения, даже несколько превышающего нормальную. Рабочие условия двигателя м. б. проще

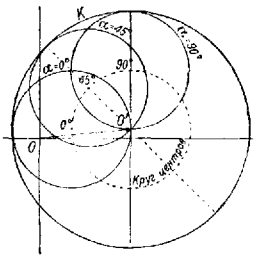


Фиг. 37.



Фиг. 38.

всего анализированы при помощи круговых диаграмм (фиг. 39). Все круги оказываются вписанными в один общий предельный круг K, к-рый получился бы, если бы возбуждение синхронизированного двигателя оставалось неизменным при изменении нагрузки и угла сдвига щеток. Этот круг представляет собою диаграмму тока компенсированной машины Осноса при изменении положения щеток на коллекторе ее так. обр., чтобы скорость оставалась синхронной. Для получения диаграмм синхронизированного двигателя с самовозбуждением достаточно построить этот предельный круг, принимая за точку его центра конец вектора намагничивающего тока машины, как нормальной асинхронной, а затем вписать в него малые круги, построив их на радиусах большего. Для построения предельного круга необходимо знать параметры машины, определив их расчетным или опытным путем.

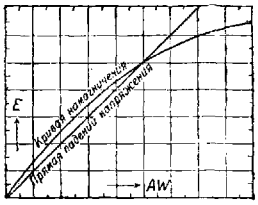


Фиг. 39.

Синхронизированный асинхронный двигатель с самовозбуждением обладает высоким cos φ и хорошими пусковыми характеристиками, но он уступает компенсированному двигателю в перегружаемости, не обладая никакими относительными преимуществами, помимо необходимого в некоторых случаях практики синхронного хода. Только в этих редких случаях он и может найти себе применение.

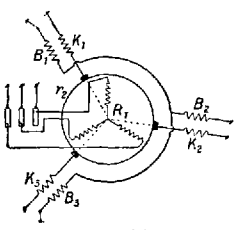
Г. Коллекторные генераторы. Любая из описанных выше К. м., обладающая вращающимся полем, может работать в качестве генератора переменного тока. Необходимо различать по роду возбуждения два случая такой генераторной работы. В том случае, если К. м. приключена к какой-либо сети, напряжение к-рой фиксируется каким-либо генератором переменного тока, то возбуждающий ток, необходимый для существования

в К. м. магнитного поля, может замыкаться через этот генератор, и поэтому возбуждение является независимым. В этом случае К. м. может быть переведена из двигательного режима работы в генераторный путем приложения к ее валу извне механич. усилия при соответствующем кроме того положении щеток. Путем смещения щеток можно добиться также того, чтобы генераторная работа протекала при отсутствии реактивного тока в линии, т. е. при $\cos\varphi=1$. В этом случае генератор будет самовозбужден, так как ток, необходимый для создания его магнитного поля, будет циркулировать лишь в нем самом. Питающая сеть может быть при этих условиях отсоединена от всех других источников энергии, кроме данной К. м., которая сможет питать ее самостоятельно. В виду наличия в машинах остаточного поля нет необходимости приключать К. м. предварительно к сети, питаемой другой машиной, так как она может самовозбуждаться и самостоятельно. Величина напряжения, к-рое при этом установится, определится, также как и в генераторе постоянного тока, пересечением кривой намагничения машины и нек-рой прямой, уклон к-рой зависит от величины активных сопротивлений всей цепи машины и способа соединения и положения обмоток (фиг. 40). Такое самовозбуждение переменным током мыслимо однако лишь в машинах, обладающих вращающимся полем. В каждый момент поле должно где-то существовать, так как, если оно исчезнет, то вновь может не возникнуть совсем. Последовательный однофазный двигатель работать генератором переменного тока при обычной схеме его соединения поэтому не может. Что же касается шунтовых К. м., как многофазных, так и однофазных, то самовозбуждение их, при соответствующем положении щеток и скорости вращения, в случае соединения с ними некоторой сети с определенной, фиксированной каким-либо генератором частотой, будет происходить с той же частотой и проявится лишь в отсутствии в сети тока, намагничивающего коллекторный генератор. При отсоединении синхронной машины, питающей сеть, частота эта почти не изменится. Иначе будет обстоять дело при последовательной многофазной или репульсионной машине в качестве генератора. Здесь возможно самовозбуждение машины с частотой совершенно отличной от частоты сети, к к-рой приключена машина. Частота самовозбуждения, вследствие большего по сравнению с активным реактивного сопротивления контура, на который замкнут генератор, обычно бывает значительно ниже частоты сети, ибо она определяется лишь параметрами того контура, на к-рый генератор замкнут. Сеть представит для этих токов низкой частоты весьма малое сопротивление, в виду чего токи при отсутствии насыщения К. м. могут быть очень велики и испортить коллекторный генератор. В этих случаях, для того чтобы потушить самовозбуждение, приходится всегда включать между сетью и машиной добавочные сопротивления, в которых поглощается значительное количество энергии. Последовательная многофазная и репульсионная однофазная К. м. служат поэтому в генераторном режиме скорее тормозом, чем генератором. Для перевода в этот режим последовательной машины необходимо сместить щетки от нулевого их положения в сторону, обратную той, в к-рую их смещают при двигательном режиме. Последовательный однофазный двигатель может самовозбуждаться только постоянным током. Это самовозбуждение весьма опасно и может получиться в том случае, если двигатель будет вращаться посторонним усилием в сторону, обратную его движению в двигательном режиме. При наличии индуктивной связи между главной цепью двигателя и его обмоткой возбуждения можно избегнуть возникновения постоянного тока и заставить машину отдавать переменный ток. Cos φ такой системы однако низок. Практического применения вышеописанные коллекторные генераторы почти не нашли. Некоторое применение генераторная работа этих машин находит лишь в электрич. тяге, скорее впрочем для торможения, чем для рекуперации энергии.



Фиг. 40.

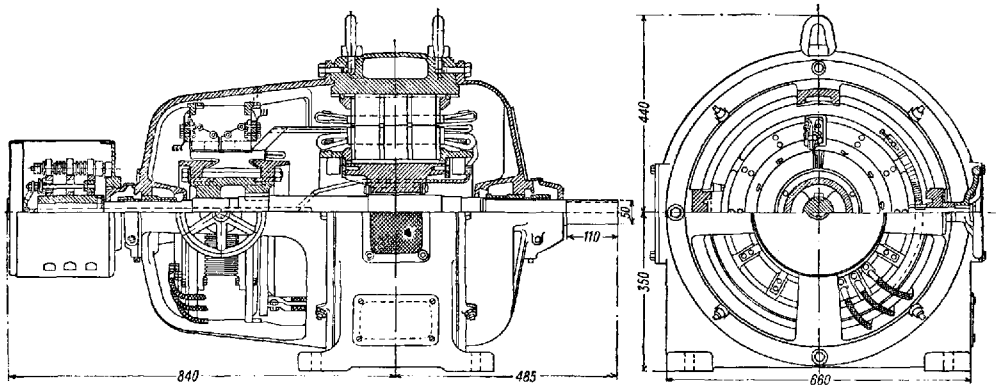
Особый тип коллекторного генератора представляет компенсированная К. м. Шербиуса, а также и ее видоизменение в виде машины Японьского и Костенко. Японьский и Костенко предложили вместо явно выраженных полюсов машины Шербиуса устраивать на статоре обычную трехфазную обмотку B_1, B_2, B_3 для получения вращающегося поля (схема фиг. 41). В этом случае обмотка ротора r_2 м. б. выполнена с диаметральным шагом, машина может иметь шесть добавочных полюсов на двойное полюсное деление на статоре и весьма простую компенсирующую обмотку K_1, K_2, K_3. Такой коллекторный альтернатор может применяться для нормальных частот и служить для питания переменной частотой асинхрон. двигателей, скорость которых регулируется в широких пределах изменением частоты. Скорость альтернатора будет оставаться неизменной, изменяться должна только частота возбуждающего тока, доставляемая особым небольшим возбудителем, напр. синхронным. Возбуждающая обмотка коллекторного альтернатора с вращающимся полем м. б. уложена также на роторе (обмотка R_1, фиг. 41). Статор несет в этом случае компенсирующую обмотку K_1, K_2, K_3, на роторе же расположены две обмотки: возбуждающая R_1 и рабочая r_2, присоединенная к коллектору. Такой машиной с роторным возбуждением пользуется Коцишек, включая ее в каскад с асинхронным двигателем для регулировки скорости последнего.



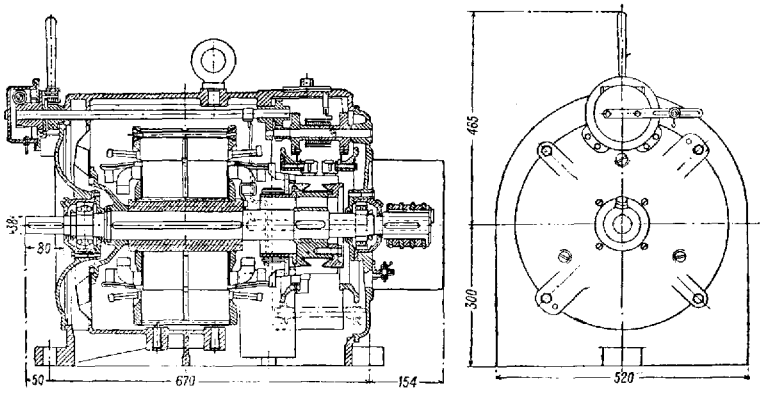
Фиг. 41.

Конструкция К. м. По своей конструкции К. м. обычно состоят из статора, по-

добного статору асинхронного двигателя, и ротора, подобного якорю машины постоянного тока. К. м. в большинстве случаев выполняются открытого типа, но в некоторых специальных случаях, как например в текстильной промышленности, применяются коллекторные двигатели закрытого типа с вентиляцией. На фиг. 42 представлены поперечный и продольный разрезы открытого шунтового двигателя с питанием через ротор фирмы British Thomson Houston с регулировкой скорости от 1 350 до 350 об/м. при 50 пер/ск. Двигатель развивает при наибольшей скорости 18 kW и при наименьшей—8 kW, изменяя мощность при промежуточных скоростях пропорционально скорости. На фиг. 43 представлены продольный и поперечный разрезы коллекторного шунтового двигателя с питанием через ротор закрытого типа с вентиляцией з-да «Электросила» для привода станков ватерного прядения. Двигатель позволяет регулировать свою скорость передвижением щеток от 1 200 до 650 об/м., изменяя при этом свою мощность пропорционально скорости от 8,8 до 4,8 kW. Однофазные коллекторные двигатели имеют наибольшее применение в электрической тяге и достигают весьма значительной мощности.



Фиг. 42.



Фиг. 43.

В СССР на заводе «Электросила» строятся коллекторные шунтовые двигатели с питанием через ротор.

Лит.: Шенфер К. И., Коллекторные двигатели переменного тока, Москва, 1922; Arnold E., Die Wechselstromtechnik, B. 5, T. 2—Die Wechselstrom-Kommutatormaschinen, B., 1923; Schenkel M., Die Kommutatormaschinen f. einphasigen u. mehrphasigen Wechselstrom, B.—Lpz., 1924; Olliver C. W., The A. C. Commutator Motor, L., 1927; Sallinger F., Die asynchronen Drehstrommaschinen, B., 1928. **Д. Завалишин.**

КОЛЛИМАТОР, часть оптическ. приборов, применяемая особенно часто в спектральных установках (спектрометрах), спектроскопах (спектрографах). К. состоит из ахроматич. линзы и щели, ширина к-рой может изменяться в широких пределах (от нескольких сотых *мм* до нескольких *мм*); щель устанавливается по возможности точно в фокусе линзы—т. обр. из К. выходит параллельный пучок света; щель и линза соединяются общей светонепроницаемой трубкой.

КОЛЛОДИЙ, раствор в смесях спирта с эфиром нитроклетчатки (см. *Нитроцеллюлоза*), содержащей от 11 до 12% азота и известной под общим названием коллодионного хлопка, или коллоксилина. По внешнему виду коллодий—бесцветная, совершенно прозрачная, вполне однородная густая сиропообразная жидкость, при испарении растворителя дающая нерастворимое в воде роговидное твердое вещество, а в тонком слое — прозрачную эластичную пленку; для придания этой пленке большей гибкости иногда прибавляют в растворитель 1÷2% касторового масла.

Коллодий есть раствор коллоида, частицы которого (из определений в ацетон. растворах) имеют размеры (66÷186) 10^{-24} *см*^{3} и мало отличаются по величине от молекул исходной нитроклетчатки. В зависимости от назначения К. концентрация растворенной нитроклетчатки в нем колеблется в значительных пределах. Продажный, применяемый в фотографии К. содержит 2÷4% нитроклетчатки; К., идущий на изготовление искусственного шелка,—15÷25%.

Для получения К. требуемых качеств в отношении содержания азота, растворимости, вязкости и т. д. необходимо точное со-

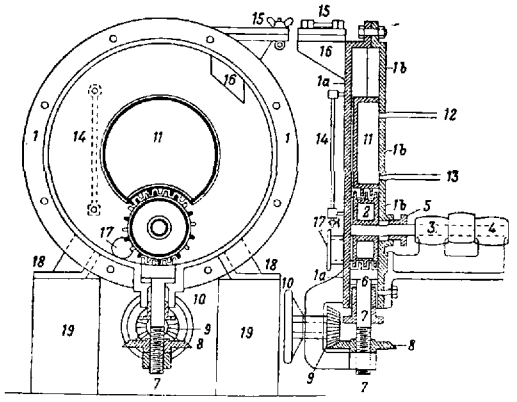
блюдение целого ряда условий при изготовлении как коллодионного хлопка, так и самого К. В качестве материала для нитрации следует брать хлопок, гл. обр. линтер — короткие волокна, остающиеся в коробочках хлопчатника после удаления длинного волокна, идущего на пряжу. В редких случаях используют древесную клетчатку (сульфитную целлюлозу). Хлопковое волокно перед нитрацией подвергают тщательной очистке от жиров и других посторонних веществ и, если нужно, отбеливанию. Иногда применяется дополнительная обработка материала нагреванием (лучше в атмосфере инертного газа) с целью деполимеризации молекул клетчатки, что улучшает в дальнейшем способность нитроклетчатки желатинироваться и повышает растворимость ее. Нитрование производят смесями азотной и серной кислот с большим содержанием воды (14,5÷19,5%), при повышенной $t°$ (40÷60°). Продолжительность нитрования от 10 мин. до 1,5 ч., в зависимости от состава кислотной смеси, $t°$ и метода нитрации. Из экономич. соображений стремятся применять нитро клетчатки, содержащие возможно меньшее количество азота, а также вводить возможно меньшее количество азотной к-ты в нитрующую смесь. Полученная нитроклетчатка в дальнейшем подвергается обычным операциям измельчения, многократного и тщательного промывания и отжимания на центрифугах.

Для изготовления К. служит обыкновенно влажная нитроклетчатка, содержащая не более 30% воды по весу. Для получения К. большей вязкости нитроклетчатку обезвоживают предварительно спиртом, до полного удаления воды, и затем уже растворяют. Состав спиртоэфирного растворителя не является постоянным: в зависимости от назначения К. количества спирта и эфира берут соответственно в отношениях 1 : 2, 1 : 3, 1 : 5, 1 : 7. При пользовании другими растворителями (амилацетатом, ацетоном, этилацетатом, ацетоуксусным эфиром, метиловым спиртом, нитрометаном и т. п.) нитроклетчатку перед растворением сушат в токе нагретого воздуха. Растворение коллодионного хлопка производят в медленно вращающихся железных барабанах-смесителях или просто в закрытых железных сосудах, причем и те и другие д. б. вылужены или бронзированы изнутри во избежание соприкосновения К. с железом. Полученный раствор, если нужно, фильтруют при помощи гидравлическ. фильтр-пресса, фильтрующий слой которого состоит из нескольких рядов металлической луженой сетки, хл.-бум. ваты и шелковой мешочной ткани. Концентрированные растворы большой вязкости требуют при фильтровании значительных давлений (до 70 *atm*), что д. б. предусмотрено при изготовлении аппаратуры. Профильтрованный раствор оставляют на нек-рое время стоять в закрытых сосудах-хранилищах, чтобы дать суспендированным твердым частичкам осесть, а пузырькам воздуха подняться на поверхность. По прошествии 10 дней даже наиболее густые растворы становятся совершенно однородными и прозрачными.

К. находит широкое применение в фотографии, хирургии, при изготовлении взрывчатых веществ, в производстве лаков, особых сортов клея, целлюлоида, кинематографических фильм, служит исходным материалом при изготовлении искусственных шелка и кожи и идет на приготовление мембранофильтров, получивших применение в ультрамикроскопии.

Лит.: Ост Г., Химич. технология, пер. с нем., вып. 4, Л., 1927; Седлис В. О., Химические товары и строительные материалы, М., 1928; Валента Е., Химия фотографич. процессов, ч. 2—Органич. химия, пер. с нем., Л., 1927; Lüger s Lexikon d. gesamten Technik, 2 Aufl., B. 5, Berlin—Leipzig, 1925; Chemische Technologie d. Neuzeit, hrsg. v. O. Dammer, 7 Aufl., B. 1, Stuttgart, 1925; Ullm. Enz., B. 7; Liesegang R. E., Kolloidchemische Technologie, Dresden—Lpz., 1926—27; Kast H., Spreng- und Zündstoffe, Braunschweig, 1921. **В. Карасев.**

КОЛЛОИДНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ, аппараты для приготовления тонких эмульсий и суспензий путем механического измельчения веществ. Как показывает практика, получение настоящих коллоидных растворов чисто механич. путем удается только частично (по опытам с К. м. в Институте народного хозяйства, количество коллоидных частичек, не превышающих величины 0,1 μ, составляет не более 1% всего материала). К. м., введенные в химич. практику инж. Плаузоном, работают по методу мокрого помола. Твердые вещества измельчаются в жидкой



Фиг. 1.

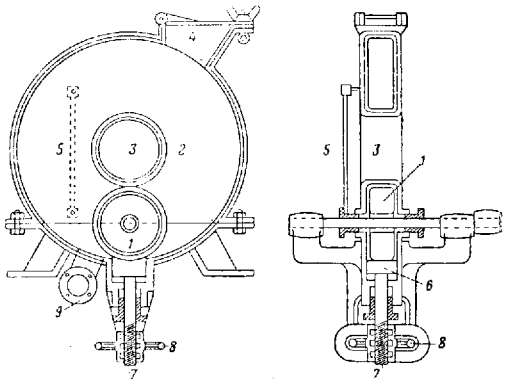
дисперсионной среде, а жидкие вещества — в среде другой жидкости, не смешивающейся с первой. На основании многих опытов было установлено, что первостепенное значение при измельчении имеет скорость движения рабочих частей в мельнице: для наиболее тонкого технич. размола скорость по окружности должна быть не менее 1 000 *м* в минуту, что при обычных размерах конструкций соответствует угловой скорости в 2 000—12 000 об./мин.

На фиг. 1 схематически изображена в разрезах К. м. Плаузона. Круглый кожух машины состоит из двух частей—*1a* и *1b*. Вращающийся ударный барабан *2*, снабженный зубьями, помещается эксцентрично внутри кожуха и приводится в быстрое вращательное движение на валу (подшипники *3* и *4*). Сальник *5* плотно закрывает кожух в месте прохождения вала. Внизу имеется неподвижное ударное сопротивление (за-

слонка) *6*, также снабженное зубьями или выступами, проходящими как раз в промежутках между зубьями вращающегося барабана. Мельница снабжена приспособлением (винт *7*), позволяющим увеличивать или уменьшать промежуток между ударным сопротивлением и ударными зубьями. Высшее или низшее положение ударного сопротивления устанавливается ручным маховиком *10* посредством зубчатой передачи *8* и *9*. Внутри помещается неподвижный цилиндр *11*, обеспечивающий равномерную циркуляцию жидкости и постоянно подводящий ее к месту удара. Нижняя часть цилиндра *11* также снабжена ударными зубьями в соответствии с зубьями у дробильного барабана. Через этот цилиндр можно подводить пар или охлаждающую воду (трубки *12* и *13*). Для той же цели и самый кожух машины может быть сделан с двойными стенками. Водомерное стекло *14* дает возможность наблюдать за уровнем жидкости и одновременно отбирать пробу. Введение подлежащего измельчению материала и дисперсионной жидкости производится через люк *16*, плотно прикрываемый крышкой *15*; опоражнивание К. м. производится через штуцер *17*. К фундаменту *19* машина прикрепляется болтами за опорные лапки *18*. Кроме эксцентрическ. расположения ударников, новым моментом в К. м. Плаузона является то, что в нее вделаны только два невращающихся ударных сопротивления, вследствие чего в этой мельнице в месте удара достигается повышенный силовой эффект и сила дробления сосредоточивается в одном определенном месте. Конструирование новых К. м. направлено в сторону приспособления их для непрерывной работы и уменьшения расхода энергии, потребной для приведения мельницы в движение.

К. м. представляют одно из новейших достижений современной аппаратурной техники и за короткое время нашли широкое применение в ряде отраслей химич. и пищевой промышленности. Из производств, наиболее широко пользующихся К. м., можно отметить: получение вискозы (в фабрикации искусственного шелка, изоляционных и поделочных материалов), получение легко осахариваемой целлюлозы, приготовление «регенерированного» молока из сухого молочного порошка, холодный способ выделения масел из битуминозных сланцев, фабрикация минеральных красок, ачесоновской графитовой смазки, смазочных материалов из минеральных масел, различных мазей, паст и кремов, кондитерских изделий и в ряде других производств. **Н. Масленников.**

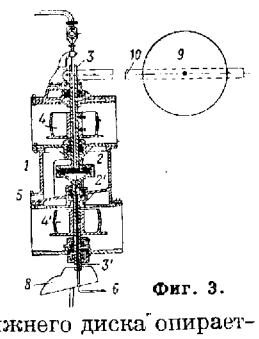
Фрикционные К. м. Кроме описанных выше К. м. типа плаузоновской, работающих по принципу ударного действия, в настоящее время строятся также фрикционные К. м., основанные на принципе трения. В этих мельницах вращающиеся рабочие части состоят из вальцов или дисков с гладко отшлифованной поверхностью, изготовленных из достаточно твердого и прочного материала. В системе К. м., изображенной на фиг. 2, вращающейся частью является барабан *1*, помещенный внутри цилиндрич. кожуха *2*, имеющего в центре сквозной канал *3* и снабженного водомерной трубкой *5*. Обрабатываемый материал вводится в кольцеобразное пространство кожуха *2* через люк *4*; труба *9* служит для выпуска готовой



Фиг. 2.

суспензии. Измельчение вещества происходит вследствие трения в местах соприкосновения барабана *1* с поверхностью неподвижного цилиндра *3* и с нажимной колодкой *6*; величина трения регулируется винтом *7* с маховичком *8*.

Другая конструкция К. м. этого типа представлена на фиг. 3. В камере *1* находятся два гладких соприкасающихся диска *2* и *2'*, укрепленные на концах трубчатых осей *3* и *3'* с передаточными шкивами *4* и *4'*. Диски могут вращаться в противоположные стороны, либо вращают лишь один из них, закрепляя другой неподвижно. Материал нагнетается насосом по трубке *7* через верхнюю полую ось *3*, диспергируется между дисками *2* и *2'* и по наклонному дну камеры *1* стекает в выводную трубку *5*, подающую его снова к насосу; такая циркуляция продолжается, пока не будет достигнута нужная степень дисперсности. Нижний диск *2'* во время работы охлаждается водой, подводимой через лежащую в канале оси *3'* трубку *6* и вытекающей по тому же каналу в жолоб *8*. Ось нижнего диска опирается на подпятник, а сила трения регулируется передвижным грузом *9*, действующим через посредство рычага второго рода *10* на верхнюю полую ось.



Фиг. 3.

В нек-рых новых типах К. м., еще не получивших распространения, измельчение вещества достигается проталкиванием предварительно изготовленных грубых суспензий или эмульсий через узкие скважины действием центробежной силы. Такие К. м. представляют собою центрифуги того или иного устройства, в стенках которых имеется ряд отверстий с диспергирующими приспособлениями, напр. сериями параллельных пластинок, зазоры между которыми не превышают десятых долей *мм*. Измельчаемое вещество, смешанное не менее как с 10-кратным

количеством жидкости, прорывается через эти зазоры со скоростью более 50 *м/сек*.

Измельчению в К. м. могут подвергаться следующие вещества: а) масла и всякого рода маслянистые жидкости (получение устойчивых эмульсий с водой), б) твердые органические коллоиды—гели (белковые или иные вещества, казеин, каучук, смолы) и в) минеральные вещества кристаллич. или скрытокристаллическ. сложения (минеральные краски, тальк, графит, уголь и т. д.). Материалы последней группы при измельчении их в водной среде часто образуют ионы, вследствие частичного растворения, либо реагирования с водой, либо выщелачивания растворимых примесей; это вызывает обратную *коагуляцию* (см.) частиц, вследствие чего тонкое дробление не может быть достигнуто. В этих случаях к смеси перед обработкой в К. м. добавляют вещества, осаждающие ионы электролита, либо вводят небольшие количества защитных коллоидов, как это практикуется при стабилизации настоящих коллоидных растворов.

Лит.: Ройтман Е. и Люльки А., «Химическая промышленность и торговля», Берлин, 1923, стр. 77 и 106; Bourdais J., Ан. П. 285258/ 927; Liesegang R. E., Kolloidchemische Technologie, Dresden—Lpz., 1926—27; Travis P. M., Mechanochemistry a. the Colloid Mill, N. Y., 1928; «Chemische Apparatur», Lpz.—Reudnitz, 1927, H. 13, 14; «Chemical Age», L., 1928, v. 18, p. 247. **В. Яковский.**

КОЛЛОИДЫ, системы из двух *фаз* (см.), одна из которых, т. н. дисперсная, или внутренняя, фаза находится в мелкораздробленном дисперсном состоянии; вторая, к-рая окружает отдельные частицы первой, называется дисперсионной, или внешней, фазой (средой). Под указанное определение подходят, кроме К., с одной стороны, истинные *растворы* (см.), называемые так в отличие от коллоидных растворов, в к-рых степень раздробления дисперсной фазы доходит до размеров одной молекулы или иона, и с другой стороны—грубо дисперсные *суспензии* (см.) и *эмульсии* (см.), содержащие относительно крупные твердые или жидкие частицы, иногда непосредственно видимые глазом. Поэтому в определение К. необходимо добавить средний размер частиц дисперсной фазы, к-рый у К. колеблется в пределах от 1 до 100 $m\mu$ (10^{-7}—10^{-5} *см*). Системы с более мелкими частицами относят к истинным растворам, с более крупными—к суспензиям или эмульсиям. Коллоидные частицы могут содержать весьма различное число молекул: крупные частицы неорганич. К. с простой молекулой содержат тысячи молекул; при переходе к органич. веществам с более сложными молекулами число последних в одной коллоидной частице уменьшается и для очень сложных соединений, например белков, может доходить до одной. В этом случае стираются границы между коллоидными и истинными растворами: те и другие молекулярно-дисперсны. Тем не менее они связаны с типичными К. рядом общих свойств, отличающих их от истинных растворов: высокой вязкостью, низким осмотическим давлением, медленной диффузией, оптическ. и электрическ. свойствами и др.

Классификация. Дисперсионная и дисперсная фазы коллоидов могут находиться в различных агрегатных состояниях, например:

Твердые частицы	в твердой среде (рубиновое стекло, опал)
Твердые частицы	в жидкой среде (суспензоиды)
» »	» газообразной среде (дымы)
Жидкие »	» жидкой среде (эмульсоиды)
» »	» газообразной среде (туманы)
Газообразные частицы	в жидкой среде (пены)

Другой принцип систематики К. основан на степени сродства между дисперсной и дисперсионной фазами, определяемой поверхностной энергией на границе раздела. Если сродство между обеими фазами мало, К. называется лиофобным, если же велико—лиофильным. Если дисперсионной средой является вода, коллоиды называют соответственно гидрофобными и гидрофильными. Коллоидные растворы называют также золями; водные коллоидные растворы называются гидрозолями, коллоидные растворы в органических растворителях—органозолями (спиртовые растворы—алкозоли). При известных условиях (см. ниже) коллоидные растворы способны выделять дисперсную фазу в виде осадка либо целиком застывать в эластичн. студень, называемый гелем; соответственно золям различают гидрогели, органогели (алкогели).

Образование К. Способы получения К. делятся на конденсационные и диспергационные.

I. Конденсационные методы основаны на том, что коллоидные частицы получаются путем конденсации, укрупнения или агрегации отдельных более мелких частиц. Так, при быстром охлаждении водяного пара в воздухе он превращается в мельчайшие жидкие капельки, составляющие туман; при охлаждении жидким воздухом слабого раствора воды в пентане получается коллоидный раствор льда в пентане. К этой же группе относится метод Бредига и Сведберга, заключающийся в том, что металлические электроды, погруженные в какую-нибудь жидкость, при помощи электрическ. разряда превращаются в пар; быстрое охлаждение паров металла в растворителе заставляет молекулы пара собираться в более крупные частицы, образующие К. (Pt, Ag и другие металлы в воде). На этом же принципе основан новый метод Шальникова и Рогинского, состоящий в испарении обоих компонентов коллоидного раствора в вакууме (посредством небольших электрич. печей) и конденсации паров на стенках сосуда, охлаждаемого жидким воздухом (щелочные металлы в эфире, ксилоле и пр.). Для ряда веществ общим методом получения их в коллоидальном состоянии является растворение вещества в подходящем растворителе (например спирте) и вливание этого раствора в воду. Так получаются коллоидные растворы серы, мастики, гуммигута и других смол; этот метод основан на том, что водный раствор соответствующего вещества является пересыщенным и поэтому оно конденсируется из молекулярно дисперсного состояния в большие агрегаты; при определенном подборе концентрации и других условий конденсация останавливается по достижении частицами коллоидных размеров. На том же принципе основано получение К. при образовании нерастворимых соединений из растворимых. Так, от прибавления к истинным растворам

хлорного золота восстанавливающих веществ (раствора фосфора в эфире, формальдегида, гидроксиламина и т. д.) выделяются кристаллы металлического золота, рост которых при определенных условиях задерживается в области коллоидных размеров частиц. Этим путем получаются очень устойчивые коллоидные растворы золота, красного цвета, который при коагуляции (см. ниже) переходит в синий. Путем химических реакций двойного обмена получается целый ряд нерастворимых в данной среде кислот и оснований, что также приводит к образованию коллоидных растворов. Так, реакция

$$Na_2SiO_3 + 2\,HCl = 2\,NaCl + H_2O + SiO_2$$

обычный метод приготовления коллоидальной кремневой кислоты. Этим же путем получаются коллоидные растворы солей, например галоидных соединений серебра,

$$AgNO_3 + MeX = AgX + MeNO_3,$$

дающих устойчивые золи в случае избытка одного из реагентов. Пропусканием сероводорода в раствор мышьяковистой кислоты получают коллоидальный сернистый мышьяк:

$$As_2O_3 + 3\,H_2S = 3\,H_2O + As_2S_3,$$

причем на частицах As_2S_3 всегда присутствует адсорбированный H_2S. Приготовленные таким способом золи сульфидов мышьяка и других металлоидов, принадлежащих к V группе, весьма устойчивы.

II. Д и с п е р с и о н н ы е м е т о д ы, в противоположность конденсационным, основаны на уменьшении величины частиц вещества вплоть до достижения ими коллоидных размеров. Иногда для этого бывает достаточно простого растворения. Таким путем переходят в К. те вещества, размеры молекул которых очень велики и совпадают с размерами коллоидных частиц, напр. белки, крахмал, многие органич. краски. Другие, менее высокомолекулярные вещества, например $K_4Fe(CN)_6$, образуют К. при растворении как промежуточную стадию между крупными кристаллами твердого вещества и индивидуальными молекулами истинного раствора. Нек-рые вещества для перехода в К. требуют механическ. измельчения; для этой цели применяются *коллоидные мельницы* (см.), получившие в последние годы широкое распространение; однако эти аппараты дают не очень высокую степень измельчения и во всяком случае не позволяют получить частицы тех размеров, к-рые характерны для коллоидного состояния.

С т а б и л и з а ц и я К. Многие вещества, проходя при увеличении или уменьшении размеров частиц через область коллоидных размеров, неспособны задержаться в ней на б. или м. продолжительное время. В таких случаях необходимо своевременно прервать дальнейший рост или, наоборот, растворение частиц. В ряде случаев это достигается путем «защиты», т. е. обволакивания частиц тонким слоем какого-нибудь другого вещества, обычно также коллоидной природы, называемого з а щ и т н ы м К. Этим путем получаются например коллоидные растворы серебра, защищенные протальбиновой или лизальбиновой кислотами, золи золота, защищенные желатиной, и т. д. Общие условия устойчивости коллоидных систем рассмотрены ниже.

Свойства К. 1. О п т и ч е с к. с в о й с т в а. Ц в е т. Если вещество само по себе не окрашено, и следовательно не имеет резко выраженного поглощения в видимой части спектра, то и коллоидные растворы его обычно получаются бесцветными или почти бесцветными. Цвет коллоидных растворов определяется не только поглощением света в золях, но и его рассеянием. Релей (Rayleigh) показал, что интенсивность света, рассеянного мелкими частицами, обратно пропорциональна четвертой степени длины волны. Поэтому, если на золь, содержащий коллоидные частицы, падает белый свет, то различные составляющие его лучи рассеиваются неодинаково: в рассеянном свете наибольшую интенсивность имеют лучи с наименьшей длиной волны, т. е. синие и фиолетовые. Действительно, большинство бесцветных коллоидов при рассматривании в отраженном, т. е. рассеянном, свете имеют синеватый отлив. В проходящем свете те же растворы имеют красноватый или оранжевый оттенок, т. к. прошедший сквозь них белый свет лишен своих синих и фиолетовых лучей, рассеянных во все стороны, и окрашен дополнительно к рассеянному свету. Эта окраска характерна для всех т. н. мутных сред. Если же самое вещество частиц имеет определенную окраску, то и весь коллоидный раствор получает яркий цвет, как например оранжевые золи As_2S_3, темнокоричневые золи $Fe(OH)_3$, ярко-синие—берлинской лазури и т. д. В нек-рых случаях цвет золя тесно связан не только с химическим составом, но и с размером частиц. Так например яркокрасные золи золота при коагуляции становятся синими—явление, позволяющее вести количественный контроль хода коагуляции (при помощи спектрофотометра). Другие золи, например $Fe(OH)_3$, многие коллоидные органические краски и защищенные К. при коагуляции своего цвета не изменяют.

Н е ф е л о м е т р и я и т и н д а л и м е т р и я. Как всякая мутная среда, К. рассеивают часть падающего на них света. Поэтому, если рассматривать в темноте узкий (конический) пучок света, проходящий через К., в направлении, перпендикулярном направлению пучка, то он выделяется светлым конусом на темном поле. Это явление, получившее название к о н у с а Т и н д а л я, является чрезвычайно характерным для К. В конусе Тиндаля рассеянный свет прямолинейно поляризован, что отличает это явление от флуоресценции. Количество света, рассеянного коллоидом, позволяет судить о концентрации последнего. Оно определяется различными приборами, называемыми н е ф е л о м е т р а м и, а наиболее точно—т и н д а л и м е т р а м и, например системы Мекленбурга и Валентинера.

У л ь т р а м и к р о с к о п и я. На рассеянии света частицами К. основана конструкция у л ь т р а м и к р о с к о п а — прибора, сыгравшего большую роль в коллоидной химии. Если конус Тиндаля, полученный от очень яркого источника света, рассматривать в микроскоп даже при небольшом увеличении, то диффракционные изображения отдельных частиц разделяются и каждая частица становится видимой как отдельное