ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАХ А.Н., БЕРНШТЕЙН-КОГАН С.В., ВЕЙС А.Л., 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., ХРЕННИКОВ С. А., ЧАРНОВСКИЙ Н. Ф., ШАТЕЛЕН М. А., ШМИДТ О. Ю., ЭССЕН А. М

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ВОСЬМОЙ

ЖИДКИЙ УГОЛЬ—ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»
МОСКВА ◇ 1929

Издание осуществляется Акционерным Обществом «Советская Энциклопедия» при Коммунистической Академии ЦИК СССР, пайщиками которого состоят: Государственное Издательство РСФСР, Государственное Медицинское Издательство РСФСР, Издательство Коммунистической Академии, 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. Сгунде, П. Г. Саратовцев, Л. И. Стронгин, Э. Ф. Розенталь.

Редакционная работа по VIII тому ТЭ закончена 15 сентября 1929 г.

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 36 931. Тираж 21 000 экз.

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

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

РЕДАКТОРЫ ОТДЕЛОВ

Авиация, воздухоплавание.
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.
Михайлов В. С., инж.
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 дорожное строительство.
Крынин Д. П., проф.
Железнодорожное дело.
Энгельгардт Ю. В., 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. И., проф.
Бурдянский И. М., инж.
Ноа Ф. Г., инж.
Высочанский Н. Г., инж.
Паровые котлы и машины.
Металлические изделия.
Саттель Э. А., инж.
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.
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.
Тищенко И. А., проф.
Церевитинов Ф. В., проф.
Физика.
Иоффе А. Ф., акад.
Лебединский В. К., проф.
Химич. промышленность.
Шеин С. Д., инж.
Химия (органическая, неорганическая, физическая химия и химич. 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. И.**; инж. **Мушенко И. Н.**; инж. **Павлушков Л. С.**; **Ракицкий Н. 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.-Тех. отд.: **Варшавский Л. Р.**; Тех. Ред.: **Волконский С. Н., Гришинский А. С., Гришинский В. С., Никаноров В. М.**; Пом. Тех. Ред.: **Лоховиц А. Б.**; Технич. Редакция при типогр.: **Малкин А. Д., Ошер А. Н., Ротштейн Н. А.**; Зав. Коррект.: **Колянковский Д. П.**

СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Метрические меры.

км километры (1 000 *м*).
м метры.
дм дециметры (0,1 *м*).
см сантиметры (0.01 *м*).
мм миллиметры (0,001 *м*).
μ микроны (0,001 *мм*).
mμ миллимикроны (0,001 *μ*).
μμ микромикрон (0,000001 *μ*).
км² квадратные километры.
га гектары (квадратные гектометры).
а ары (квадратные 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*).
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/ск метры в секунду.
п. м погонные метры.
рег. т регистровые тонны.

II. Математич. обозначения.

° градус.
′ минута, фут.
″ секунда, дюйм.
‴ терция, линия.
> больше (< меньше).
⊁ не больше (⊀ не меньше).
≅ приблизительно равно.
≥ больше или равно.
≤ меньше или равно.
≫ значительно больше.
≪ значительно меньше.
∢ угол, измеряемый дугой.
∥ параллельно.
⊥ перпендикулярно.
÷ от—до.
sin синус.
tg тангенс.
sc секанс.
cos косинус.
ctg котангенс.
csc косеканс.
arc sin арксинус.
arc tg арктангенс.
sh гиперболический синус.
ch гиперболическ. косинус.
th » тангенс.
⌀ диаметр.
e основание натуральных логарифмов.
lg логарифм десятичный.
ln » натуральный.
lim предел.
Const постоянная величина.
$\sum$ сумма.
$\int$ интеграл.
∼ приблизительно.
∞ бесконечность.
d полный дифференциал.
∂ частный »

III. Международные символы.

а) Единицы.

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

б) Величины.

t° температура 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.
P мощность.
T период колебания.
f, *ν* частота.
ω угловая скорость, угловая частота.
Ω боковая частота.
λ длина волны.
φ сдвиг фазы.
L самоиндукция.
C емкость.
R сопротивление активное (ваттное).
ε диэлектрич. постоянная.
μ магнитн. проницаемость.
ϱ удельное сопротивление.
σ удельная проводимость.
δ декремент затухания.
Φ магнитный поток.
H_{Br} твердость по Бринелю.
A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3} } критич. точки
A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3} } желез. 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.
фи. 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.

B.—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—коэффициент 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., тт.—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, Nefte.
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

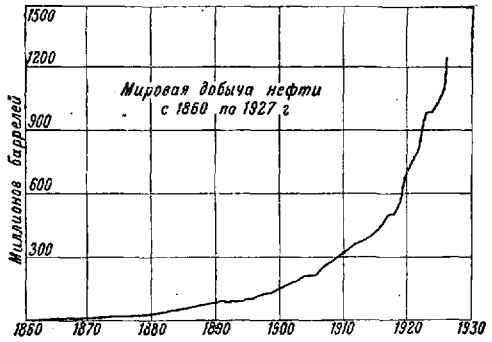
«АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
БМЭ—Большая медицинская энциклопедия, Москва.
БСЭ—Большая советская энциклопедия, Москва.
«ВВ»—Военный вестник, Москва.
«ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
«ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
«ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
«ВТ»—Вопросы труда, Москва.
«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 ин-та, Москва.
«Труды НИУ»—Труды Научного ин-та 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.
«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.
«M. Sc.»—Moniteur Scientifique du Docteur Quesneville, Paris.
«MuM»—Wochenschrift für die gesamte Müllerei und Mühlenbau-Industrie, München.
NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
«PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.
«RGE»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.
«Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.
«St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.
Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien — Berlin, 1 Auflage, 1915—23, 2 Auflage erscheint ab 1928.
«WeTeZ»—Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.
«Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.
«Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
«ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, München.

В восьмом томе ТЭ помещены: 770 иллюстраций в тексте и одна вкладка к статье «Изоляторы электрические».

Ж

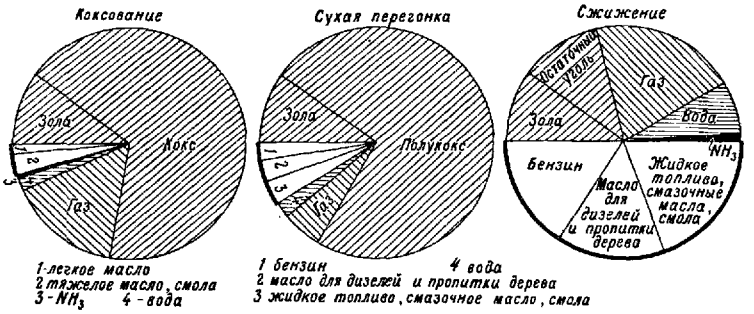
ЖИДКИЙ УГОЛЬ, термин, получивший широкое распространение, обозначающий жидкие продукты переработки различных сортов угля, применяемые в качестве горючего. Быстрый рост моторного движения



Фиг. 1.

всех родов значительно повысил за последние годы потребность в жидком горючем. В стремлении к наилучшему использованию горючего современная техника все больше переходит к нефтяному топливу и к дизель-моторам; при установке последних на судах некоторое значение имеет также и возможность лучшего использования трюмов для хранения горючего. Многочисленные преимущества нефти как горючего обусловили увеличение мирового потребления нефти с 1910 года в четыре раза (фиг. 1). В 1927 г. вся мировая добыча нефти выразилась в 1 242 500 000 баррелей (1 баррель = 163,65 *л*); из них С. Ш. А. доставили 900 млн. баррелей, СССР—70 млн., Румыния—28 млн. и Германия—700 000 баррелей. Таким обр., на С. Ш. А. падает 72,5, на СССР—5,6, на Германию—0,06%. Большая потребность в жидком горючем при незначительности или отсутствии собственной добычи нефти вызывает в большей части европейских стран необходимость широкого ее ввоза, к-рый, напр., для Германии выразился в 1927 г. в 1 684 187 *m* нефти на сумму 246 млн. марок.

Часть потребности в жидком горючем, особенно в Германии, м. б. покрыта бензолом, бензином, тяжелыми маслами и смазочными материалами, добываемыми посредством коксования или путем сухой перегонки местных углей. Но коксование и сухая перегонка каменного угля, а равно и сухая перегонка богатого битумами бурого угля не м. б. осуществлены в любом объеме, т. к. главн. продуктом по количеству и по стоимости в этих процессах является кокс, рыночный сбыт к-рого имеет определенные границы. Фиг. 2 показывает в круговых диаграммах, что при коксовании камен. угля получается 4—5% жидкого горючего, при сухой перегонке 10—12%, при современных процессах сжижения угля 50%, а по последним изысканиям—даже до 65% жидкого горючего. Несмотря на коксование и сухую перегонку, к-рые гл. обр. доставляют масла для топлива и для дизелей, ощущается острый недостаток в летучих углеводородах, вызываемый усиливающейся моторизацией промышленности и сельского хозяйства. Это явление даже в странах с богатыми источниками нефти привело к тому, что составные части ее с высо-



Фиг. 2.

кими точками кипения посредством дестилляции под повышенным давлением по различным запатентованным методам (Дуббс, Блюмпер) подвергаются крекированию (см. *Бензин-крекинг*), т. е. процессу разложения на соединения с более низкими точками кипения [1]. Для стран, которые не имеют собственных источников нефти, этот путь

закрыт; они должны использовать имеющиеся у них запасы угля для получения жидкого топлива. При этом нужно стараться, чтобы при процессе обращения весь уголь превратился в жидкое горючее, а также по возможности употреблять такие сорта угля, к-рые не поддаются облагораживанию путем коксования и сухой перегонки.

При искусственном добывании нефтепродуктов ценные жидкие углеводороды получаются посредством *гидрирования* (см.), т. е. введения водорода в молекулы углеводородов. Этот процесс, при наличии свободных или ненасыщенных единиц сродства, сводится к непосредственному присоединению водорода; в соединениях же, богатых кислородом (напр. водяной газ), кислород замещается водородом с одновременным образованием воды. Незначительная энергия водорода при обыкновенной $t°$ заставляет работать при высоких давлениях (100—200 *atm*) и $t°$ в 400—500°. Для дальнейшей активизации водорода прибегают обыкновенно к катализаторам с весьма большой полезной поверхностью действия (см. *Катализ* в технике). В качестве катализаторов для гидрирования при добывании жидкого горючего, наряду с Fe, Ni, Pt и Pd, оказались пригодными также окислы трудно восстановимых металлов. В некоторых случаях к катализаторам примешивают едкие щелочи. Активность контактных веществ м. б. значительно понижена т. н. отравляющими свойствами некоторых примесей. Особенно вредным каталитическим ядом является сера, к-рую поэтому еще до процесса следует удалять. Необходимо различать процесс непосредственного гидрирования угля и образование жидких продуктов от гидрирования углеродистых соединений. При непосредственном превращении угля в жидкое горючее по способу Бертело и Бергиуса задача заключается в получении масла путем присоединения водорода к самой молекуле угля, т. е. без предварительной переработки угля в газообразные продукты в особых генераторах. При добывании жидкого горючего по способу BASF, по Фишеру и по Патару, наоборот, уголь сначала перерабатывается в водяной газ и затем уже из содержащейся в последнем окиси углерода получают жидкое горючее путем гидрирования.

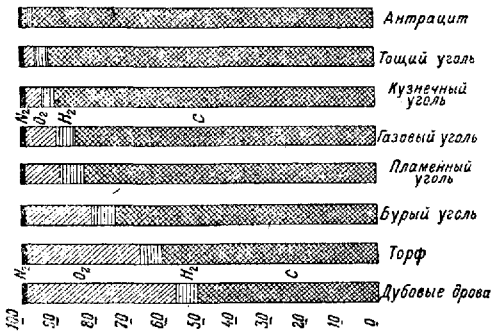
Научными предшественниками современных технич. способов переработки угля в большом масштабе в жидкое топливо д. б. признаны опыты Бертело (1869 г.), который при воздействии иодистоводородной к-ты HJ на органич. вещества при 270—280° получал жидкие углеводороды в количестве 67%; при этом остаток твердого угля равнялся 33%. При опытах с франц. каменным углем получалось до 60% жидких углеводородов. В виду дороговизны иодистоводородной к-ты все эти опыты имели только чисто теоретическое значение.

Бергиус заменил дорого стоящую иодистоводородную к-ту более дешевым водородом. Он исходил из того положения, что тот крупный молекулярный комплекс, который обозначается собирательным понятием «уголь», представляет собою целую группу молекул, с богатым содержанием углерода и малым содержанием водорода (не свыше 4% H_2). Этот комплекс можно путем присоединения водорода превратить в смесь жидких углеводородов. К этому заключению он имел полное право притти на основании целого ряда опытов, проведенных в его лаборатории и относившихся к процессу обугливания и расщепления тяжелых масел на легкие в присутствии водорода. Опыты показали, что тяжелые углеводороды, при достаточно высоком парциальном давлении водорода во время проводимого при 100—120 *atm* процесса их расщепления, способны присоединять водород даже в отсутствии катализаторов [2]. Исходя из этого вывода, был предпринят ряд планомерных опытов по непосредственному гидрированию угля водородом под давлением ок. 100 *atm*. Наиболее благоприятные для процесса $t°$ реакции оказались от 450 до 480°. Выяснилось, что бóльшая часть всех сортов угля пригодна для гидрирования, при чем переработка угля в жидкие продукты не наступала, если при тех же условиях опыта вместо водорода вводился азот или какой-нибудь другой инертный газ; в последних случаях, как и при коксовании каменного угля, получалось лишь 4—5% жидких продуктов дестилляции. Эти опыты с несомненностью показывают, что в изучаемом процессе происходило непосредственное присоединение водорода к молекуле угля, т. е. непосредственное гидрирование в истинном смысле этого слова. В виду того что величина зерен загружаемого для данного процесса угля не должна превышать 1 *мм*, вполне пригодными для гидрирования являются и дешевые сорта угольной пыли, к-рые в качестве обыкновенного топлива представляют небольшую ценность вследствие обилия золы.

Новейшие исследования Фишера и Фрея по гидрированию угля, в особенности полукокса из бурого угля по способу Бергиуса [3], показали, что тощий неспекающийся уголь и полукокс из бурого угля даже более пригодны для гидрирования, чем спекающийся каменный уголь. Абсолютная способность перехода в жидкие углеводороды различных сортов угля зависит от геологич. возраста последнего [4]. В общем, уголь позднейшей формации имеет бóльшую способность перехода в жидкие углеводороды, чем уголь более ранней формации. В то время как при газовом пламенном угле количество веществ, не могущих перейти в жидкие углеводороды, достигает 10%, а при обыкновенном пламенном угле—15%, исследованные Бергиусом сорта бурого угля давали содержание угольного остатка менее чем 1%. Эта более широкая способность перехода в жидкие углеводороды угля позднейшей формации станет сразу понятной, если ближе рассмотреть химическ. соединения, входящие в состав различных сортов угля, и соотношение в них между углеродом и водородом.

На фиг. 3 изображен в виде диаграмм ряд наиболее известных горючих материалов (расчет взят без содержащейся в них воды и золы), к-рые отчетливо показывают значительное количество водорода, содержащегося в природном топливе более поздней формации. Присоединение вводимого при гидри-

рования молекулярного водорода происходит, по Бергиусу, Клингу и Флорентину [5], в связи с тем, что применяемые $t°$ в 450—480° являются критическими, при которых прочная связь в углеродных молекулах ослабляется. При этой $t°$ распада угольных



Фиг. 3.

молекул водород имеет возможность тотчас же соединяться с осколками исходных молекул и таким путем предотвратить крекирование угля, идущее до образования кокса. Количество связываемого водорода колеблется между 3 и 5% от веса гидрируемого угля. Т. к. водород вводится в этом процессе в избытке, то часть содержащегося в угле кислорода переходит в воду, другая же часть участвует в образовании гидроксильных групп, т. е. фенола; при этом сера переходит в сероводород, а азот—в аммиак, при чем оба газа уходят вместе с реакционными газами. Общий выход аммиака при этом приблизительно в три раза больше, чем при процессе коксования. Этот процесс идет без добавления контактного вещества. Применяемая Бергиусом контактная масса, Luxmasse, состоящая главным образом из окиси железа, должна лишь связывать освобождающуюся при реакции часть серы, дабы воспрепятствовать нежелательной полимеризации тяжелых масел в присутствии серы. Продукт гидрирования не зависит от выбранного исходного материала и походит на сырую нефть; одна треть его состоит из легко кипящего бензина или родственных бензину веществ и гидроароматич. соединений с низкими точками кипения, затем идут вещества с более высокими точками кипения, похожие на керосин и другие нефтяные масла, и, наконец, составные части с самыми высокими точками кипения—смазочные масла и асфальт. Олефины или еще более ненасыщенные соединения, к-рые всегда находятся в бензине-крекинг, не встречаются в продуктах гидрирования по системе Бергиуса в виду избытка водорода при реакции. После того как многочисленными лабораторными опытами в автоклавах высокого давления с объемом в 40 *л* этот способ был вполне обоснован и были выяснены все условия для его успешного проведения, нужно было еще, для перевода его в форму, технически и хозяйственно приемлемую, создать непрерывный рабочий процесс. Для этого из мелко размолотого угля вместе с получаемым во время процесса маслом образуют пасту и эту пасту непрерывно вдавливают насосами в аппаратуру. Посредством пресса *a* особой конструкции (фиг. 4) паста вводится под давлением в 150 *atm* в сосуд с двойными стенками *b*, снабженный мешалкой, в котором паста вместе с нагнетенным в тот же сосуд при помощи компрессора *c* газообразным водородом нагревается до рабочей температуры. Отсюда смесь течет в реакционный сосуд *d*, и через трубопровод *e* продукты реакции уходят из этого сосуда. После пропуска их через охладительные змеевики *f* в вентиле *g* происходит расширение их с понижением давления до атмосферного; отсюда продукты направляются в приемник-сепаратор *h*. Газ, после удаления легкого бензина, вводится в газгольдер *i*, а твердые и жидкие части удаляются из сосуда *h* через вентиль. Во избежание местных перегревов, к-рые при применяемых высоких давлениях и $t°$ могут способствовать химич. реакции между H_2 и железом стенок, понижающей стойкость железных стенок и повышающей возможность несчастных случаев, применяют, по Бергиусу, наружное отопление посредством инертных газов,—напр. азота или свободных от кислорода топочн. газов. Газ подогревается сначала веществами, выходящими из реакционного сосуда с двойными стенками, а недостающее количество теплоты сообщается путем нагревания в отдельной печи. Отапливающий газ доводится

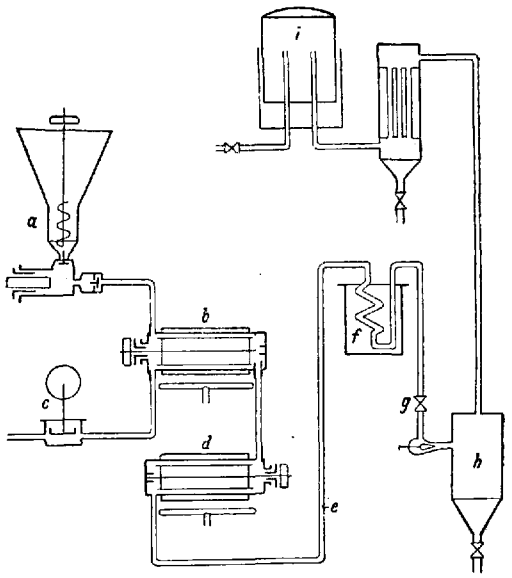


Схема промышленной опытной установки непрерывного процесса

Фиг. 4.

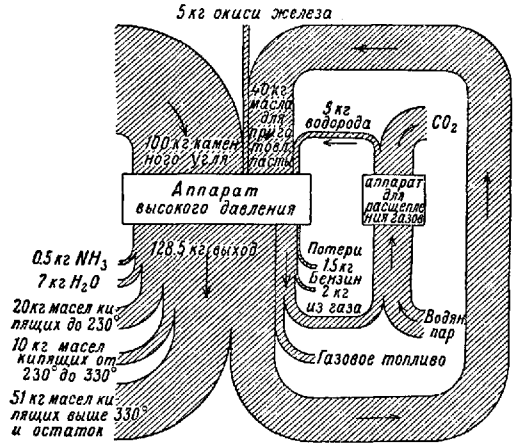
посредством сжатия до такой $t°$ и такого давления, что он становится в состоянии передать рабочему пространству необходимое количество теплоты. Благодаря тому что для отапливающего газа применяется высокое давление, стенки внутреннего сосуда *b* частично разгружаются.

Находящаяся в течение нескольких лет в работе большая испытательная станция в Маннгейм-Рейнау (Баден) работает с макси-

мальной расчетн. производительностью 20 *m* в 24 ч. Хозяйственное использование этого процесса зависит от возможности получения необходимых значительных количеств водорода независимо от остальных продуктов. Посредством соответственной обработки водяным паром при 1 100° получаемого при реакции газа, состоящего гл. обр. из метана, Бергиус разрешил также вопрос получения водорода при затрате небольшого количества топливного угля. Реакция протекает по следующим ур-иям:

$$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2;$$
$$H_2O + CO + H_2 = CO_2 + 2H_2.$$

Т. о., при этом процессе из одной молекулы метана образуются четыре молекулы водорода; другими словами, вес образовавшегося водорода равен приблизительно половине веса взятого метана. Образующаяся углекислота поглощается водой при повышенном давлении, и получающийся при этом газ с 85%-ным содержанием свободного H_2 обладает достаточно высоким для гидрирования парциальным давлением водорода. Схема непрерывного производственного процесса превращения угля в жидкий продукт



Фиг. 5.

представлена на фиг. 5. Выход жидких продуктов доходит у каменного угля до 50%, а по последним данным можно рассчитывать даже на получение 60—65% жидких продуктов [6]. Т. о., для получения 1 *m* сырого жидкого продукта было бы необходимо затратить ок. 2 *m* угля для самой реакции и, кроме того, 1 *m* угля для получения энергии для двигателей, а также на процесс расщепления газов и т. д., т. е. всего ок. 3 *m* топлива. Для переработки 1 *m* угля в час установка, в которой протекает процесс, должна располагать объемом реторты в 3 $м^3$. Рентабельность этого процесса подвергалась обследованию со стороны Бергиуса [7] и других авторов [8], которые пришли к заключению, что в некоторых определенных условиях он является вполне рентабельным.

По вычислениям же самого Бергиуса, лишь при понижении мировой рыночной цены керосина приблизительно на половину этот процесс перестал бы быть рентабельным. Вследствие необходимости значительных капитальных затрат полное оборудование для получения 40 000 *m* жидких продуктов в год обходится при 4 установочных единицах в настоящее время в 6 млн. марок; приходится признать, что для рентабельности метода Бергиуса большое значение имеет уменьшение амортизации всей аппаратуры, которая, однако, вследствие высоких *t*°, содержания серы и окиси углерода в газе, оказывается весьма значительной. Акционерное общество I. G. Farben (объединение крупнейших герм. фирм красочной и химич. промышленности) разработало способ Бергиуса, применяя и свой собственный технич. опыт работы с высокими давлениями, и построило у Мерзебурга, в Средней Германии, оборудование для добывания Ж. у. с годовым выходом жидких продуктов несколько более 100 000 *m*; в конце 1927 г. оно выступило на рынке со своей первой продукцией, и по данным к марту 1928 г. оно ежемесячно производит ок. 10 000 *m* жидких продуктов. Процесс гидрирования регулируется и проводится здесь с целесообразным изменением условий *t*°, давления и скорости течения водорода, а главное—в отличие от метода Бергиуса—при действии различных катализаторов, при чем, в зависимости от того продукта, получение к-рого является желательным, применяются различные катализаторы в различных стадиях процесса гидрирования. Благодаря этому становится возможным по желанию видоизменять характер получаемых при гидрировании жидких продуктов и вырабатывать, напр., такой синтетич. бензин, к-рый уже непосредственно содержит составные части, препятствующие стуку в двигателях [9]. Большое экономич. значение имеет тот факт, что получающийся при производстве искусственных фосфорных и азотных удобрений избыток водорода на фабрике Leunawerk этого об-ва м. б. применен для целей гидрирования, а также и то, что в распоряжении этой ф-ки находится богатый битумами бурый уголь. Общество красочной промышленности I. G. Farben имеет, т. о., возможность превращать в жидкие горючие продукты получающийся в большом количестве при сухой перегонке мелкий кокс, к-рый не имеет достаточно большого спроса на рынке, но к-рый, согласно исследованиям Фишера и Фрея, оказался особенно пригодным для реакции гидрирования с образованием жидких продуктов. Из этого мелкого кокса (Grudekoks) очень легко, а главное без необходимости шурования, образуется в генераторах газ. Генераторы работают поэтому лучше и дешевле генераторов для доменного кокса или каменного угля. Необходимо, наконец, отметить также и интересное сообщение Крауха (об-во I. G. Farben), сделанное им в комиссии экспертов Союза нем. деятелей металлургич. промышленности в Дюссельдорфе 22 мая 1927 г., в котором он указал, что наряду с обычными катализаторами, применяемыми на з-дах I. G. Farben, в настоящее время производятся опыты применения ускорителей реакции совсем другого рода, напр. электрич. поля и разрядов, а также действия лучистой энергии в точно определенной форме; в соответствии с этими опытами разрабатываются и технич. установки.

Методы получения из угля жидкого топлива непрямым путем по способу BASF (Фишер и Патар) заключаются, в отличие от метода Бергиуса, в том, что сначала разлагают природный уголь, получая водяной газ, и затем гидрируют этот водяной газ под различными давлениями, применяя соответственные катализаторы. Вследствие выбора различных контактных веществ, а также вследствие соблюдения различных, вполне определенных для обоих случаев условий $t°$, оба способа приводят к совершенно разным конечным продуктам. BASF работает по выданному уже в 1913 г. Г. П. 293787; он характеризуется применением водяного газа, содержащего избыток окиси углерода, и проведением реакции при давлении 130 *atm* и $t°$ 400°; применяемые при этом различные контактные вещества состоят главным образом из окиси цинка; вследствие этого процесс удается вести так, что образуется метиловый алкоголь по формуле:

$$CO + 2H_2 = CH_3OH.$$

Метиловый алкоголь можно получать из окиси углерода, смешанной с теоретич. излишком водорода, непосредственно в результате одного производственного процесса, почти без примеси воды и в очень чистом виде. Благодаря этому после поступления на рынок немецкого м е т а н о л а (так назвала Баденская ф-ка, в соответствии с рациональной женевской номенклатурой, искусственный метиловый алкоголь) цена на него оказалась на 60% ниже цены америк. натуральн. метилового алкоголя, получаемого при перегонке дерева. Эта исключительная дешевизна метанола обусловливается отчасти употребляемыми ф-кой Leunawerk новыми винклеровскими генераторами, к-рые ежедневно перерабатывают ок. 4 000 *m* бурого угля, в то время как прежние генераторы могли перерабатывать только до 100 *m* в день.

Опыты Фишера, предпринятые им отчасти под влиянием работ BASF, имели целью получение жидкого горючего из водяного газа [10]. Для этой цели метиловый алкоголь, содержащий ок. 50% кислорода и отличающийся незначительной теплотворной способностью всего только в 5 300 Cal, является мало целесообразным продуктом. Фишер (Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung в Мюльгейме-Рур) исходит также из водяного газа, но, в отличие от Баденской ф-ки, работает с избытком водорода. В качестве контактных веществ он употребляет элементы железной группы в смеси с сильными щелочами. Реакция протекает при давлении 100—130 *atm*, при чем водяной газ д. б. хорошо очищен от каталитических ядов, в особенности от сернистых соединений. Наиболее целесообразной оказалась $t°$ в 410°. Образующаяся при этом (вероятно, при промежуточном образовании формальдегида) смесь из высокомолекулярных алкоголей (вплоть до C_9), альдегидов и кетонов получила название с и н т о л а и имеет следующие свойства: светложелтая легкоподвижная жидкость, смешивающаяся с бензолом и бензином, точка замерзания —30°, удельный вес при 20° 0,829, теплотворная способность 7 540 Cal. В виду того что почти 88% сырого синтола перегоняется при температуре ниже 200°, можно признать синтол прекрасным легкокипящим горючим, в особенности для двигателей; этот продукт имеет преимущества перед бензолом, что и было доказано целым рядом опытных пробегов [11]. Посредством многократного пропускания водяного газа через контакт можно было ок. 30% теплотворной способности водяного газа получать в виде синтола; в остатке получается газ с высокой теплотворной способностью. Нагреванием синтола до 400° можно перевести спирты в бензиноподобные продукты; получаемому этим путем продукту Фишер дал название с и н т и н.

Основываясь на старых работах Сабатье и Сандерена, получавших количественно из окиси углерода метан при обыкновенном давлении, и применяя в качестве катализатора мелкораздробленный никель, Фишер совместно со своим сотрудником Тропшем нашел, что при соблюдении других условий и применении других катализаторов образуется не метан, а его высшие гомологи. В качестве катализаторов, наряду с металлами восьмой группы периодич. системы, Фишер применяет также окиси Zn, Be, Si, Mg, Mn, Cr, U и Al [12]. Существенной особенностью метода Фишера является применение не столь высоких $t°$ (200—300°), в то время как метан образуется при значительно более высоких $t°$. Образование углеводородов идет таким путем, что катализатор образует предварительно карбид с углеродом, принадлежащим окиси углерода. Затем углерод карбида гидрируется водородом водяного газа, и одновременно при этом катализатор восстанавливается [13]. Т. о., углеводород образуется при этом непосредственно, т. е. иным путем сравнительно с синтезом при высоком давлении, где предварительно происходит образование формальдегида. Углеводороды отделяются частью сами собой, частью же их необходимо выделять из газов путем адсорбции при помощи активного угля или силикагеля. Получающиеся жидкие продукты состоят из легкокипящих масел и из масел с более высокими точками кипения (парафин—в незначительном количестве), а равно из бензина с уд. в. 0,68. Выход по водяному газу составляет при многократном пропускании через катализатор ок. 52%, соответственно 100 *г* жидких и твердых углеводородов на 1 $м^3$ водяного газа. О рентабельности получения жидких продуктов по способу Фишера-Тропша пока никаких определенных данных не имеется, т. к. опыты производились до сих пор только на небольшой опытной установке. Во всяком случае приходится иметь в виду возможно большее удешевление исходного продукта—водяного газа. Весьма выгодным является то обстоятельство, что нет необходимости соблюдать в точности отношение $H_2 : CO = 1$ и поэтому представляется возможным применять для описанных процессов генераторный и доменный газы, в особенности, если их улучшить, добавив нек-рое количество водорода и освободив от каталитических ядов.

Метод франц. исследователя Патара имеет много общего с методом Фишера; он также основан на непосредственном взаимодействии CO и H_2 с применением катализатора и

высокого давления. Патар в продолжение нескольких лет испытывал на своей опытной установке с производительностью от 150 до 200 *кг* в 24 ч. свойства различных катализаторов и нашел (что было установлено также и BASF), что окиси цинка в определенных условиях наиболее способствуют образованию спиртов. Эти смеси из катализаторов оказываются сравнительно менее чувствительными к каталитическим ядам, и их регенерирование осуществляется очень просто. Этот метод связан с применением давлений до 300 *atm* [14]. Камера, в к-рой находится катализатор, не должна иметь железных частей, т. к. тогда реакция потечет в том направлении, что будут образовываться метан, вода и пентакарбонил железа. Патар проработал свой метод гл. обр. для получения метилового алкоголя, при чем он достиг почти теоретич. выхода. Из 1 *т* бурого угля он предполагает получать не менее 400 *кг* метилового алкоголя. Капитальные затраты на оборудование для ежедневного получения 20 *т* метилового алкоголя исчисляются, по Патару, в 1,7—2,1 млн. мар.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что пока только нек-рые нем. способы имеют шансы оказаться рентабельными в промышленном масштабе [15]. Технически наиболее успешно разработан метод Бергиуса и особенно метод I. G. Farben. В какой мере объединение I. G. Farben убеждено в рентабельности своего нового метода, введенного им недавно на практике на одном из его крупных з-дов, видно из того, что оно недавно решило закрыть свои з-ды сухой перегонки среднегерм. бурого угля, оборудованные по последнему слову техники, напр., установками для получения легких масел из остаточного газа посредством активирован. угля; это решение повидимому продиктовано стремлением использовать целиком этот ценный, богатый пирописситом уголь для процессов гидрирования. Интерес остальных европ. стран к работам Бергиуса виден из того факта, что целый ряд лицензионных об-в в Англии [16], Франции и даже в юж. Африке делает попытки организовать предприятия по гидрированию местных углей; эти страны стремятся создать собственные базы получения искусств. жидких горючих продуктов. Мировые нефтяные концерны, как Standard Oil и Royal Shell, также проявляют интерес к Ж. у., вкладывая капиталы в предприятия, осуществляющие метод Бергиуса [17].

Лит.: [1]) «Petroleum», B., 1928, B. 24, p. 175; [2]) «Z. ang. Ch.», 1921, Jg. 34, p. 341; [3]) «Brennstoffchemie», Essen, 1925, B. 6, p. 69; [4]) «Glückauf», Essen, 1925, B. 61, p. 1317; [5]) «CR», 1926, p. 182; [6]) «Petroleum», B., 1928, B. 24, p. 30; [7]) Wölbling H., Hydrierung, Halle a/S., 1926; [8]) «Braunkohle», Halle a/S., 1926, B. 25, p. 1068; [9]) «St. u. E.», 1927, B. 47, p. 1125; [10]) Die Umwandlung d. Kohle in Öle, «Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, 1915—1921», B., 1924; [11]) «Z. d. VDI», 1925, B. 69, p. 17; [12]) Naphtali M., Leichte Kohlenwasserstofföle, B., 1928; [13]) «Mining Journal», L., 1926, v. 155, p. 1040; [14]) L'alcool méthylique synthétique, «Bulletin de la Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale», P., 1925; [15]) «Petroleum», B., 1928, B. 24, p. 254; [16]) «Colliery Guardian a. Journ. of the Coal a. Iron Trade», L., 1927, 135, p. 1216; [17]) «Tägliche Berichte über d. Petroleum-Industrie», B., 1928, B. 22, p. 1. **Ф. Пронат.**

ЖИДКОСТИ, тела, находящиеся в жидком аггрегатном состоянии, характеризуемом легкой изменяемостью внешней формы тела (легкоподвижностью частиц) и весьма малой изменяемостью объема. Эти основные свойства Ж. обусловлены тем, что расположение их частиц не является определенным, как в твердых телах (кристаллах), и что в то же время их частицы расположены весьма близко друг к другу с малыми междумолекулярными промежутками. Жидкое аггрегатное состояние занимает среднее положение между твердым кристаллическим и газообразным; при сжатии газы при $t°$ ниже критической переходят в Ж. С точки зрения ур-ия состояния Ж. можно рассматривать как весьма сжатые газы (см. *Газ*), у которых поправки K и b в ур-ии

$$(p + K)(v - b) = RT$$

велики (т. е. Ж. ведут себя подобно газам под очень высокими внешними давлениями).

Вследствие легкой изменяемости формы все Ж. под действием собственных междумолекулярных сил принимают форму шара, отвечающую при постоянстве остальных условий (объема v и $t°$) наименьшей свободной (потенциальной) энергии жидкой массы. Форму шара надо рассматривать, по Плато, как собственную форму всех Ж. Эта форма изменяется под действием внешних сил (тяжести, смачивания), принимая, напр., форму сосуда или растекаясь по пластинке. Чем менее масса Ж., не смачивающей пластинку, тем более правильную сферич. форму она принимает и тем меньше искажает ее действие силы тяжести.

Молекулярное давление K и поверхностное натяжение σ—результат действия междумолекулярных сил—являются наиболее характерными свойствами Ж. Молекулярное давление представляет собой равнодействующую всех сил, втягивающих молекулы поверхностного слоя внутрь Ж., отнесенную к 1 *см*^{2}; оно равно $\frac{a}{v^2}$ (по Ван-дер-Ваальсу) и связано с существованием поверхностного натяжения σ, т. е. с работой изотермического и обратимого образования 1 *см*^{2} поверхности Ж.; $\sigma = \frac{K \cdot \delta}{\nu}$, где δ—толщина поверхностного слоя, равная радиусу сферы молекулярного действия (см. *Капиллярные явления*); δ близка к диаметру молекулы; ν—постоянное целое число, равное 3, 4, 5, зависящее от вида функции $f(h)$ в уравнении $\sigma = \int_\delta^\infty f(h)\,dh$, где $f(h)$—сила, которую необходимо преодолеть для извлечения изнутри Ж. на ее поверхность всех молекул, требующихся для образования 1 *см*^{2} поверхностного слоя. Величина δ—порядка $10^{-7} \div 10^{-8}$ *см*, $\sigma = 20 \div 100$ эрг/*см*^{2}, а $K = \frac{\nu \cdot \sigma}{\delta} = 10^9 \div 10^{10}$ дин/*см*^{2}, т. е. K есть величина порядка 1 000$\div$10 000 *Atm* (в полном согласии с величиной K, вычисленной из ур-ия: $K = \frac{a}{v^2}$). Уже этим огромным внутренним давлением все Ж. чрезвычайно сильно сжаты, чем и объясняется их весьма малая сжимаемость $\beta = \frac{1}{v_1}\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T$ под влиянием внешнего давления; β для разн. жидкостей

изменяется обратно пропорционально их молекулярному сцеплению, т. е. обратно пропорционально K или σ (см. табл. 1). По эмпирическому правилу Ричардса-Метьюза, $\sigma^{\frac{2}{3}} \cdot \beta = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ при обычной $t°$ (σ—в эрг/см², а β—в Atm^{-1}). Для всех Ж. β уменьшается с возрастанием p и возрастает с $t°$ (за исключением, напр., воды и глицерина, ведущих себя аномально, благодаря сильной ассоциации их молекул). Сжимаемость и другие свойства изучены Бриджменом при давлениях до 12 000 Atm.

Табл. 1.—Связь сжимаемости жидкостей с поверхностным натяжением ($t° = 20°$).

Жидкость	β в Atm^{-1}	σ в эрг/см²
Ртуть	$3{,}9 \cdot 10^{-6}$	470
Вода	$46{,}0 \cdot 10^{-6}$	72,8
Бензол	$90 \cdot 10^{-6}$	28,8
Гексан	$143 \cdot 10^{-6}$	18,5

Ассоциация и полярность Ж. Все Ж. характеризуются большей или меньшей степенью *ассоциации* (см.) их молекул. Т. о., частицы вещества в жидком состоянии представляют собою комплексы из большего или меньшего числа одинаковых молекул; все эти комплексы—A_2, A_3 и вообще A_n, A_m — испытывают взаимные превращения, распадаясь на простые молекулы A и вновь из них образуясь. В Ж. мы имеем картину динамич. (химического) равновесия таких комплексов. Так, *вода* (см.), типичная ассоциированная Ж., при обычных $t°$, кроме небольшого числа «моногидролей» (H_2O), состоит из «дигидролей» $(H_2O)_2$ и «тригидролей» $(H_2O)_3$ и содержит также «полигидроли» $(H_2O)_n$. С повышением $t°$ ассоциированные комплексы обычно распадаются, и Ж. становится все менее ассоциированной; но и в парах ассоциация молекул имеет место, и ее считают в этих случаях одной из причин отклонения паров и газов от законов идеально-газового состояния. Ассоциацией молекул и падением степени ассоциации с повышением $t°$ объясняются аномальные свойства многих сильно ассоциированных Ж., напр. воды, многих ожиженных газов (см. *Сжижение газов*), гелия. Понятно, что изменение величины z, характеризующей какое-либо свойство ассоциированной Ж., можно представить в виде такого соотношения:

$$\frac{dz}{dT} = \left(\frac{\partial z}{\partial T}\right)_x + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_T \cdot \frac{dx}{dT}.$$

Первый член этого соотношения дает чисто $t°$-ное изменение свойства z при постоянной степени ассоциации x, второй член определяет влияние изменения степени ассоциации x с изменением $t°$ и может совершенно исказить картину явления. Так м. б. объяснено аномальное тепловое расширение воды (максимум плотности) и других Ж.

По молекулярному состоянию Ж. можно разделить на 6 групп (по Кистяковскому). К 1-й относятся нормальные, неассоциированные Ж. (предельные углеводороды), ко 2-й—малоассоциированные Ж. (галоидопроизводные, эфиры, амины), к 3-й—сильно ассоциированные Ж. (вода, нитрилы, спирты), пары которых неассоциированы, и к 4-й—ассоциированные Ж. с ассоциированными парами (органич. к-ты, сера, селен, фосфор). Ж., относящиеся к этим группам (в чистом состоянии), являются диэлектриками и почти не проводят электрич. тока. Отдельно стоит 5-я группа—ионопроводящие Ж. (расплавленные соли)—и 6-я группа—расплавленные металлы, т. е. электронопроводящие Ж.

Интенсивность междумолекулярных сил в Ж. может быть определена как ее полярность; с возрастанием ассоциации (полярности) Ж. сильно возрастают поверхностное натяжение, молекулярное давление, скрытая теплота испарения, диэлектрич. постоянная ε и другие функции полярности (табл. 2). Так, жирные углеводороды (неполярные Ж.) дают наименьшие значения этих молекулярных величин, для воды же получаются наибольшие значения.

Одним из общепринятых способов количественного определения ассоциации Ж. является способ Этвеша-Рамзая и Шильдса. Для неассоциирован. Ж. имеет место установленное на обширном опытном материале соотношение, обоснованное и теоретически:

$$\sigma(Mv)^{\frac{2}{3}} = k(T_k - T), \text{ т. е. } \frac{d[\sigma(Mv)^{\frac{2}{3}}]}{dT} = -k,$$

где Mv—молярный объем, $\sigma(Mv)^{\frac{2}{3}}$—молярная свободная поверхностная энергия, T_k—абс. темп-ра, приблизительно на 6° ниже критической, а $k = 2{,}12$ эрг/град.—универсальная постоянная. Можно сохранить это значение k и для ассоциированных Ж., подставляя вместо M в Mv истинный мол. вес в жидком состоянии, т. е. средний мол. в. жидких комплексов, и понимая под T_k т. н. метакритическую $t°$ (по Бачинскому). Тогда отношение $\frac{M}{M_0} = x$, средний фактор ассоциации, будет мерой ассоциации Ж. (см. табл. 2; M_0—наименьший мол. в., определяемый химич. ф-лой). Полярным, ассоциированным Ж. присущ дипольный характер, т. е. молекулы их обладают значительным дипольным моментом (см. *Диполь молекулярный*); неассоциированные Ж. имеют дипольный момент, близкий к 0. Разность полярностей между двумя соприкасающимися жидкостями определяется величиной поверхностного натяжения σ_{12} на поверхности раздела между ними. Чем больше взаимная растворимость обеих Ж., тем меньше различие в их полярностях, тем меньше σ_{12} на границе между ними. Так, с повышением $t°$ взаимная растворимость двух жидких фаз обычно возрастает и обращается в ∞ при $T = T_{крит.}$ (критич. темп-ра смешения), когда σ_{12} обращается в 0. Так же определяется и $t°_{крит.}$ Ж. в собственном смысле слова, т. е. $t°_{крит.}$ смешения Ж. с ее насыщенным паром (см. *Капиллярные явления*, *Растворы*). Растворенные примеси (вещества, распределенные между двумя соприкасающимися жидкостями) адсорбируются на поверхности раздела между ними (см. *Адсорбция*) в том случае, когда полярность их лежит между полярностями обеих Ж. (правило уравнивания полярности Ребиндера). Это сопровождается уменьшением свободной поверхностной энергии системы (σ_{12}).

Табл. 2.—Свойства жидкостей, зависящие от полярности ($t°=20°$).

Название жидкостей	K в кг/см²	σ в эрг/см²	Диэлектрич. постоянная ε	Фактор ассоциации $x=\left(\frac{2,12}{k}\right)^{\frac{3}{2}}$	Коэфф. Рамзая и Шильдса k
Гексан	—	18,5	1,87	1,00	2,11
Бензол	3 800	28,8	2,29	1,01	2,10
Толуол	3 700	28,5	2,37	—	2,10
Амиловый спирт	—	22,3	16,7	2,0	1,35
Этиловый спирт	—	21,6	27,0	2,7	1,08
Гликоль	—	46,7	41,2	2,9	1,04
Глицерин	—	65,0	56,2	—	—
Вода	14 800	72,8	81,0	3,7	1,03

Отсюда следует, между прочим, что чем менее растворимо вещество в наиболее полярной из двух соприкасающихся Ж., тем оно более поверхностно активно, т. е. сильнее понижает поверхностную энергию на границе. Молекулярно-статистич. теория этих явлений развита Семенченко.

Тепловое расширение Ж. Изменение объема с температурой хорошо удовлетворяет (вплоть до нормальной $t°_{кип.}$) закону Менделеева:

$$v=\frac{v_0}{1-kt}, \qquad (1)$$

или

$$D=D_0(1-kt);$$

при этом Коновалов показал, что закон Менделеева получается теоретически из допущения, что работа расширения Ж. на 1° $\frac{dW}{dT}=(K+p)\frac{dT}{dv}$ не зависит от $t°$. Полагая $K=\frac{a}{v^2}$ и отбрасывая p (малое сравнительно с K), находим из условия (1):

$$\frac{d^2W}{dT^2}=0;$$

k в формуле Менделеева для различных Ж. меняется в пределах от 0,00080 до 0,00155.

При изучении теплового расширения Ж. важную роль играет «закон прямолинейного диаметра» Кальете и Матиа для двух сосуществующих фаз — жидкости и ее насыщенного пара:

$$\frac{D_1+D_2}{2}=A-at; \qquad (2)$$

здесь D_1 — ортобарическая плотность Ж., т. е. плотность Ж. под давлением насыщенного пара с плотностью D_2; при низких темп-рах $D_2\cong 0$, а D_1 можно считать обычной изобарич. плотностью, и формула (2) дает закон Менделеева. Чем выше $T_{крит.}$, тем меньше коэфф. расширения Ж. $a=\frac{1}{v_0}\left(\frac{dv}{dT}\right)_p$, при чем имеет место приближенное соотношение: $a\cdot T_{крит.}=0,34$. Клееман устанавливает связь между a, коэфф-том сжимаемости β и внутренним давлением K: $K=-T\frac{a}{\beta}$. Из обратной пропорциональности между a и $T_{крит.}$ видно, что чем полярнее жидкость, чем больше поверхностное натяжение σ, тем меньше коэффициент расширения a; приближенно для всех Ж. имеем: $a\cdot\sigma=0,032$. Общего ур-ия состояния (как и для газов) для Ж. не существует, если не говорить об ур-ии Ван-дер-Ваальса, количественно не удовлетворяющем экспериментальным данным для Ж. Для высоких внешних давлений p от 1 000 до 3 000 Atm хорошо применимо уравнение Таммана:

$$(v-v_{p=\infty})^{\frac{K+p}{K}}=A_T=C\cdot T,$$

где K — аналогично внутреннему давлению, C — константа, не зависящая от p и T, а $v_{p=\infty}=v_{T=0}$ — наименьш. объем, занимаемый жидкостью.

Собственный объем b молекул Ж., по Клаузиусу-Моссоти, м. б. вычислен для нормальных Ж. по соотношению:

$$b=\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2}\cdot Mv, \text{ или } b=\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot Mv,$$

где ε—диэлектрич. постоянная, а n—показатель преломления Ж. Для бесконечно длинных волн $\varepsilon=n^2$ (см. *Дисперсия света*). Р. Лоренц и В. Герц назвали «коэффициентом заполнения» (Raumerfüllungszahl) $\psi=\frac{b}{Mv}$ или $\psi=\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2}$, который при соответственных температурах одинаков для всех нормальных Ж. Так, при $T=T_s$ (нормальная точка кипения) $\psi_s=\frac{2}{3}$. Молекулярный критический объем $v_{крит.}$ (равный, по Ван-дер-Ваальсу, $3b$) обладает свойствами аддитивности. Траубе определяет Φ—«свободный молярный объем Ж.», считая, что объем, занятый молекулами b, всегда аддитивно слагается из атомных объемов v_a компонентов: $b=\Sigma nv_a$ и $Mv-\Sigma nv_a=\Phi$, где Mv—объем 1 $г$-мол. Ж. Оказывается, что для всех неассоциированных Ж. $Mv-\Sigma nv_a=25,9$ $см^3$/моль, для ассоциированных же всегда меньше; отсюда можно вычислить фактор ассоциации.

Внутренняя скрытая теплота испарения Ж. q_i дает изменение внутренней энергии при переходе 1 $кг$ (или 1 $г$-моля) Ж. в насыщенный пар. Из ур-ия Ван-дер-Ваальса имеем:

$$q_i=a\left(\frac{1}{v_1}-\frac{1}{v_2}\right),$$

где v_1 и v_2—объемы Ж. и насыщенного пара.

Изменение молекулярной энтропии при испарении, или т. н. коэфф. Пикте-Траутона, равно $\frac{qM}{T_s}=f(T_s)$, где T_s — нормальная темп-ра кипения, а $qM=q_iM+RT$—полная теплота испарения; для всех нормальных Ж., у к-рых $T_s=300\div500°$, этот коэфф. почти одинаков и равен 20,5 cal/град. Вообще же принимается (по Кистяковскому, Кирееву и другим), что $f(T_s)$ есть нек-рая мало изменяющаяся ф-ия T:

$$f(T_s)=R\ln R+R\ln T_s.$$

Давление насыщенного пара Ж. — быстро возрастающая функция T, достигающая наибольшего значения и обрывающаяся при $T=T_{крит.}$, когда $p=p_{крит.}$ (критич. давлению). По Карнену, для всех нормальных Ж. $\frac{K}{p_{крит.}}\cong 50$, т. е. $p_{крит.}$ составляет $^1/_{50}$ молекулярного давления.

Точка плавления T_s и нормальная точка кипения T_e для неассоциированной Ж. оказываются соответственными темп-рами; $\frac{T_s}{T_e}=0,64$ и $\frac{T_e}{T_k}=0,44$, следовательно $\frac{T_e}{T_s}=0,68$ (Гульдберг). Поэтому и для

других величин имеем аналогичные условия: $\frac{D_s}{D_k} = 2{,}68$, $\frac{\sigma_s}{\sigma_e} = 0{,}58$ (Р. Лоренц и В. Герц).

Теплоемкость Ж. при постоянном давлении C_p отличается от теплоемкости при постоянном объеме C_v на величину внешней и внутренней работы. Весьма значительна внутренняя работа, направленная против молекулярных сил, идущая на увеличение запаса потенциальной энергии Ж. при удалении их молекул друг от друга.

$$C_p - C_v = (K + p)\,\Delta v$$

(Δv—увеличение объема при нагревании на 1° при p=Const); это соотношение может служить для определения молекулярного давления K (см. *Теплоемкость*).

Вязкость Ж. (см. *Вязкость*). Для нормальных (неассоциированных) Ж. хорошо применимо ур-ие Бачинского: $\eta = \frac{C}{v - \Omega}$, в котором C—константа, v—молярный объем Ж., а Ω, аналогично вандерваальсовской постоянной b, измеряет собственный объем молекул Ж. Эта ф-ла может служить для определения изменения вязкости с $t°$ ($t°$ влияет на η через v) и для определения вязкости смесей нормальных жидкостей (зависимость η от концентрации). Для явной зависимости η нормальных Ж. от $t°$ Бачинским предложена эмпирическая формула: $\eta = \frac{E}{T^3}$.

Механика Ж., т. е. законы равновесия и движения идеальных и реальных Ж., рассматривается *гидростатикой* (см.) и *гидродинамикой* (см.). Межмолекулярные силы, действующие в Ж., изучаются теорией поверхностных явлений и капиллярности (см. *Поверхностное натяжение*).

В виду сложности теплового движения частиц в Ж., мы и до сих пор не имеем молекулярно-кинетич. теории жидкого состояния; в этом отношении газообразное и кристаллическое состояния теоретически гораздо лучше изучены. Относительно аморфного переохлажденного состояния Ж. см. *Аморфное состояние вещества*, *Стекло*.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 1, 3, Берлин, 1923; Бирон Е. В., Учение о газах и жидкостях, М.—П., 1923; Обреимов И. В., Состояние вещества, П., 1922; Иоффе А. Ф., Лекции по молекулярной физике, П., 1922; Бачинский А. И., «Временник об-ва им. Х. Леденцова», М., 1913, прилож. 3, стр. 23; «Изв. физич. ин-та», М., 1921, т. 1, вып. 5—6; Менделеев Д. И., «Ж», ч. хим., СПБ, 1884, т. 16; Коновалов Д. П., «Ж», ч. хим., СПБ, 1886, т. 18, стр. 395; Кистяковский В. А., Прикладная физич. химия, ч. 1 (описательная), Л., 1926; «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1913, B. 86, p. 82, 84, 90, 643; Kremann R., Mechan. Eigenschaften d. flüssigen Stoffe, Handbuch d. allgem. Chemie, hrsg. v. P. Walden u. C. Drucker, B. 5, Lpz., 1928; Bridgman, «Proc. of the Amer. Acad. of Arts a. Sciences», Boston, 1912—1913, v. 48—49; Tammann G., Kristallisieren und Schmelzen, L., 1927; Tammann G., Aggregatzustände, 2 Aufl., Lpz., 1923; «Ann. d. Phys.», 1912, 4 Folge, B. 37, p. 975; Jellinek K., Lehrbuch d. phys. Chemie, B. 1, 2 Aufl., Stg., 1928; Walden P., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1909, B. 65, p. 129; Bakker G., Kapillarität, Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. von W. Wiener und Fr. Harms, B. 7, Lpz., 1928; Rehbinder P., Grenzsflächenaktivität u. Dielektrizitätskonstante, «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1927, B. 129, p. 163; Sementschenko W., ibid., p. 178; Traube J., Über d. Raum d. Atome, «Sammlung chem. u. chem.-techn. Vorträge». hrsg. v. W. Herz, Stg., 1899, B. 4, H. 7—8; Lorenz R., Raumerfüllung u. Ionenbeweglichkeit, Lpz., 1922; Richards Th., «Am. Soc.», 1912, v. 34, p. 971.

П. Ребиндер.

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. Развитие капитализма в России около середины 19 в. вызвало рост городских и промышленных центров. Т. н. «освобождение крестьянства» от крепостной зависимости усилило этот темп, толкнуло государство к усиленному развитию фабрично-заводской промышленности, постройке жел. дорог и т. д. К концу 19 века число рабочих, занятых в промышленности, уже достигает 2 млн. чел. Все эти условия вызвали значительный приток населения в города и фабрично-заводск. центры. Как пример роста городов того времени можно назвать Москву, население которой с 1865 по 1871 г. возросло с 364 до 600 тыс. чел., т. е. почти удвоилось, давая прирост в 16,6% ежегодно, тогда как в период с 1882 по 1912 г. ежегодный прирост составлял лишь 2,4%, а в настоящее время 4%. Обострение жилищного кризиса в крупных промышленных центрах следует отнести к началу 20 в. Жилище рабочего класса довоенного времени представляло собою либо фабричную казарму либо ночлежку, где рабочие помещались на нарах, вповалку. Ограниченная часть рабочего класса имела возможность селиться в б. или м. культурных условиях. Нек-рые фабриканты, принадлежавшие к передовой буржуазии, пытались строить отдельные домики для рабочих (Раменская фабрика Бардыгина, Морозовская мануфактура в Твери и т. д.), но эти попытки ни в какой степени не изменяли тяжелых жилищных условий рабочего класса. Подавляющее большинство рабочих вынуждено было ютиться в жалких хижинах на окраинах, в темных и сырых клетушках, лишенных самых примитивных удобств. Имущие классы располагали большими избытками жилой площади, прочее же население теснилось на небольших площадях. Аналогичные условия имели место и за границей, где повсюду в больших городах среднее число комнат, находившихся в пользовании у одной семьи, неизменно уменьшалось. В 1910 г. в Москве 25% населения размещалось в квартирах в одну комнату, с числом обитателей в среднем 6,5 чел. на комнату; в Ленинграде в 1900 г. однокомнатных квартир было ок. 30%. В табл. 1

Табл. 1.—Жилищная нужда по данным 1910 г.

Города	Число обитателей в однокомнатной квартире	Колич. населения, размещ. в однокомн. квартирах (в %)*
Москва	6,5	25
Баку	4,5	91
Берлин	3,9	90
Вена	4,2	—
Лондон	4,5	—

* От всего населения в рабочем поселке в 1- и 2-комнатных квартирах.

приведены нек-рые цифры, характеризующие распределение жилищной площади по статистич. данным 1910 г. К этому нужно добавить, что во всех больших городах рабочие обитали гл. обр. в подвальных или

полуподвальных помещениях. В этих же квартирах было распространено проживание в т. н. коечно-каморочных помещениях, где сдавались внаймы каморка, угол или койка. Начиная с 1905 г. число коечно-каморочных квартир, в связи с притоком населения в промышленные центры, стало расти в ужасающей прогрессии. По данным бывшей Московской городской управы, в 1912 г. коечно-каморочное население Москвы составляло 276 тыс. чел., т. е. ок. 25% всего числа жителей (табл. 2).

Табл. 2.—Коечно-каморочные квартиры в Москве в 1912 г.

Род квартир	В городе		В пригородах	
	число квартир	число жильцов	число квартир	число жильцов
Каморочные	1 793	20 987	611	6 846
Коечные	18 040	203 884	1 816	22 073
Коечно-каморочные	2 599	38 381	325	4 819
Со сдачею нар . . .	890	12 707	715	9 570

Такие жилищные условия способствовали распространению эпидемич. и других заболеваний, вызывавших громадную смертность среди рабочего населения. Смертность в Москве доходила до 27,5 на 1 000, а детская смертность достигала 30—35%. Тем не менее, в дореволюционное время жилищная проблема в конкретной форме не выдвигалась. Буржуазия непосредственно не была заинтересована в разрешении жилищного кризиса. Городские думы, составленные из домовладельцев, ограничивались второстепенными мероприятиями по борьбе с жилищной нуждой. Буржуазия, вкладывавшая капитал в домовладение, подходила к этому делу с коммерч. точки зрения. Интенсивное развитие Ж. с. началось за несколько лет до войны 1914—18 гг. Основным источником строительного кредита в дореволюционной России были ипотечные учреждения, кредитные об-ва, земельные акционерные банки и городские банки долгосрочного кредита. Ссуды выдавались на срок до 66½ лет. Общая сумма находившихся в обращении на 1 января 1913 г. закладных листов по 36 городам составляла 1 213 млн. р. Вместе с другими банками меньшего масштаба общая сумма строительного кредита выражалась в 1 646 млн. р. Домовладение давало дохода не более 4%, этим и объясняется то обстоятельство, что в домовладения доходного типа капиталы были вкладываемы в незначительном объеме сравнительно с другими отраслями народного хозяйства. По данным Наркомвнудел РСФСР, в 1923 г. общая сумма национализированного жилищного имущества по РСФСР оценивалась в 12 млрд. р., а по всему СССР—не более 15—16 млрд. р. Война 1914—18 гг. усугубила жилищный кризис: с 1915 г. все Ж. с. приостановилось, между тем как население непрерывно увеличивалось и за счет естественного прироста и вследствие наплыва беженцев из оккупированных местностей. Домовладельцы, лишенные по обязательным постановлениям права повышать квартирную плату, стали уделять на ремонт лишь незначительную ее часть, и такой ремонт не мог предохранить здания от разрушения. После Февральской революции темп разрушения жилищ несомненно усилился, т. к. о состоянии жилищ мало кто заботился. В первые месяцы после Октябрьской революции было предпринято переселение рабочих из подвальных переуплотненных и других негодных для жилья помещений в благоустроенные буржуазные квартиры, что диктовалось необходимостью улучшения тяжелых жилищных условий рабочих. В результате этого передела жилищное положение рабочих масс значительно улучшилось, исключая, впрочем, фабрично-заводские поселки, где буржуазное население было незначительно и перераспределение жилищ не могло иметь места. Для примера можно указать, что в Москве в 1912 г. в рабочих кварталах приходилось на одну комнату в среднем 6,21 чел., а в 1923 г.—4,08 чел.; наоборот, в барских квартирах в 1912 г. было 1,08 чел., а в 1923 г.—2,57 чел. В период 1919—20 гг. переселения продолжались, но для других целей—для размещения многочисленных учреждений, при чем выселению подвергалась не только буржуазия, но и трудовая интеллигенция, а иногда даже и рабочие. Пользование жилищем было неустойчивым, что, в свою очередь, парализовало заботы о сохранности домов. Выселения были окончательно отменены декретом 27 апреля 1922 г., а 16 августа 1926 г. отменено и принудительное уплотнение в отношении излишков жилищной площади внутри комнат; запрещены также переселения жильцов внутри дома или квартиры. Насколько пострадал жилищный фонд в годы гражданской войны, видно из табл. 3.

Табл. 3.—Разрушение жилищной площади по городам.

Города	Число разрушенных жилых построек	Наличие жилых построек
Киев	13 109	22 027
Харьков	1 581	24 583
Ростов	2 023	21 934
Казань	1 755	12 585
Самара	1 260	15 394
Омск	1 101	17 842
Саратов	1 028	21 089
Кронштадт	1 651	15 856
Нижний-Новгород	1 201	10 952
Астрахань	1 784	15 431
Днепропетровск	2 251	10 592
Тула	1 310	15 069
Сталинград	2 105	17 094
Минск	700	8 883
Николаев	2 489	9 299
Уфа	994	9 236
Тверь	464	6 324
Томск	1 191	6 332
Иваново-Вознесенск	1 154	10 822
Пермь	1 329	6 863
Севастополь	1 092	8 048
Красноярск	1 400	6 842
Ставрополь	1 701	8 835

В Ленинграде число разрушенных и незаконченных построек равнялось 4 482, что составляло около 17% всего числа жилых зданий. Московский жилищный фонд, достигавший в 1915 году 13,86 млн. $м^2$, к 1924 году насчитывал только 9,79 млн. $м^2$, т. е. дал убыль около 30%.

Положение жилищного хозяйства начинает изменяться к лучшему только с 1921 г. Ряд декретов и постановлений, начиная с декрета СНК от 23 мая 1921 г. «О мерах борьбы с разрушением жилищ» (Собр. узак., 1921, № 49) и кончая постановлением Московского совета от 3 сентября 1921 г. «О жилищных товариществах», создал заинтересованность населения в сохранности жилищ и возложил на домовые управления заботу о них. Создание в Москве жилищных товариществ является первым шагом к организации управления жилищем на кооперативных началах. Дальнейшие меры борьбы с жилищным кризисом выражаются в декрете СНК СССР от 19 авг. 1924 г. «О жилищной кооперации». Согласно указанному декрету, жилищная кооперация разделяется на жилищноарендную, жилищностроительную и общегражданскую. В целях содействия рабочему Ж. с. устанавливается ряд льгот для рабочих кооперативов, создается сеть комитетов содействия кооперативному и рабочему Ж. с. и учреждается Центральный коммунальный банк для долгосрочного кредитования Ж. с. Согласно постановлению СНК от 15 ноября 1928 г., сроки погашения ссуд, выдаваемых на рабочее Ж. с., увеличены для каменных домов до 60 и для деревянных—до 45 лет, а равно понижены процентные ставки. Предусмотрены также различные льготы для частного капитала, с целью поощрения Ж. с., и приняты меры для привлечения иностранных концессионеров. Иностранным концессиям, обязующимся возводить на территории Союза новые постройки, предоставлен ряд льгот: 1) право участия в соревнованиях с существующими в СССР строительными организациями для заключения договоров на строительные работы; 2) право ввоза из-за границы и обратного вывоза инструментов и машин без уплаты таможенных пошлин, а равно право импорта недостающих строительных материалов; 3) право разработки карьеров и устройства з-дов для производства строительных материалов не только для собственных построек, но и для продажи; 4) право приглашения из-за границы определенного числа рабочих и технич. персонала; 5) льготная уплата налогов наравне с государственными строительными организациями; 6) право застройки и свободной эксплоатации возведенных зданий с использованием 25% кубатуры под торговые цели; 7) право устройства и право эксплоатации коммунальных предприятий общего пользования при поселковом или групповом строительстве и пр.

Одной из актуальных мер борьбы с жилищным кризисом является удешевление строительства путем рационализации, стандартизации, механизации, применения облегченных конструкций, употребления более дешевых материалов и суррогатов, финансирования предприятий по добыче и производству строительных материалов. Благодаря этому в пятилетнем перспективном плане Госплана намечается следующее понижение индекса по Ж. с. (за единицу принят индекс 1913 г.):

Годы . .	1913	1925/26	1926/27	1927/28	1928/29
Индекс	1,00	2,81	2,66	2,50	2,22
Годы . .	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33	
Индекс	2,00	1,82	1,67	1,55	

В результате всех перечисленных мероприятий жилищное хозяйство вступило на путь улучшения: с 1921 года прекратилось хищническое разрушение существующего жилищного фонда и было приступлено к ремонту зданий, а с 1923/24 года началось и новое строительство, которое выразилось в указанном году по всему Союзу ССР в 50 млн. р.; в 1924/25 г.—в 156,5 млн. р.; в 1926/27 г.—286,7; в 1927/28 г.—402,2; в 1928/29 г.—509,8; в 1929/30 г.—намечено в 555,0 млн. р. Тем не менее жилищный кризис не только не уменьшался, но продолжал увеличиваться благодаря резкой диспропорции между бурным приростом городского населения, вызванным индустриализацией и подъемом народного хозяйства, и увеличением жилищной площади. Перелом, по данным Госплана СССР, ожидается лишь во второй половине пятилетнего перспективного плана. Если темп прироста городского населения и жилищного фонда на вторую пятилетку принять таким же, как и на первую, то в конце второй пятилетки, т. е. в 1937/38 г., жилищный фонд будет составлять 362,6 млн. $м^2$, а население достигнет 40,44 млн. чел., и душевая норма, таким образом, составит 9,0 $м^2$. В табл. 4—6 приведены некоторые статистические данные, характеризующие состояние и распределение жилищного фонда в СССР.

Табл. 4.—Статистика жилищного фонда по республикам.

Республики	Число занятых квартир	В занятых квартирах				
		число жилых комнат	площадь жил. комн. в $м^2$	число жителей	жил. площ. на 1 жит. в $м^2$	число кухонь
РСФСР	2 884 075	5 970 644	94 938 000	16 208 670	5,9	2 107 685
УССР	987 472	1 870 594	29 185 600	5 031 590	5,8	762 167
БССР	137 377	285 107	4 850 800	774 430	6,3	98 275
Зак. СФСР	263 935	475 218	7 721 500	1 313 416	5,9	101 637
Узб. ССР	225 760	365 700	5 908 900	1 043 476	5,7	58 707
Турк. ССР	26 216	45 244	705 400	117 049	6,0	1 371
СССР	4 524 885	9 012 507	143 310 200	24 488 631	5,9	3 132 892

Жилищное строительство за границей. Война 1914—18 гг. создала жилищный кризис не только в странах, принимавших в ней непосредственное участие, не исключая и С. Ш. А., но и в нейтральных, так как во время войны Ж. с. почти совершенно остановилось: в воюющих странах все средства

Табл. 5.—Сравнительные результаты жилищных переписей 1923 и 1926 гг.

Данные по 1646 поселениям	1923 г.	1926 г.	Прирост	
			абс.	%
Число жильцов в квартирах	18 889 231	23 152 158	4 262 927	22,5
Число жилых строений	2 318 105	2 695 362	377 257	16,2
Число занятых квартир	3 677 695	4 264 087	586 392	15,9
Число жилых комнат в занятых квартирах	7 271 839	8 539 011	1 267 172	17,4
Жилая площадь занятых квартир, $м^2$	118 425 000	135 609 900	16 184 900	13,6
Число кухонь	2 348 204	3 016 385	669 181	24,1

Табл. 6.—Средняя жилая площадь на 1 чел. в крупных городах СССР.

Города	$м^2$	Города	$м^2$
Ленинград	8,7	Астрахань	5,3
Одесса	7,4	Тверь	5,2
Киев	7,1	Ярославль	5,2
Тифлис	6,9	Нижний-Новгород	5,1
Николаев	6,4	Баку	5,0
Владивосток	6,1	Оренбург	4,9
Воронеж	5,9	Омск	4,8
Днепропетровск	5,8	Самарканд	4,8
Минск	5,8	Свердловск	4,8
Казань	5,7	Сталинград	4,7
Москва	5,7	Ташкент	4,7
Харьков	5,7	Тула	4,5
Краснодар	5,5	Сталин	4,4
Ростов н/Дону	5,4	Иваново-Вознесенск	4,3
Самара	5,4	Новосибирск	4,1
Саратов	5,4		

были брошены на ведение войны, а нейтральные страны перешли на производство военных материалов для обслуживания воюющих. В послевоенные годы жилищный кризис продолжал усиливаться, так как общая экономическая разруха, расстройство государственных финансов и валютных систем и социальные неурядицы в империалистических странах исключали возможность реализаций капиталов, необходимых для жилищного строительства.

Разрушение жилищ в северных департаментах Франции и Бельгии и необычайный рост населения крупнейших городских центров создали во многих местах жилищный кризис небывалой остроты. Усиление Ж. с. как в Европе, так и в Америке начинается примерно с 1922 года (в Германии даже с 1920 г.), при чем характер массового крупного строительства получил в Европе и в Америке совершенно разные направления. В Европе Ж. с. после войны оказалось совершенно нерентабельным и перешло поэтому исключительно в руки государственной власти, муниципалитетов и кооперативных организаций. Причина заключается в том, что квартирная плата повсеместно в Европе нормируется на уровне, значительно более низком, чем общий уровень товарных цен; напротив, стоимость строительства вследствие вздорожания рабочих рук и строительных материалов значительно возросла почти во всех странах (кроме Франции). Широкое государственное и муниципальное регулирование строительства, а тем более непосредственное руководство им, создают, кроме понижения квартирной платы, также и радикальное улучшение санитарного состояния дешевых жилищ, оздоровление рабочих кварталов и ведут к плановому строительству новых пригородов и городов-садов.

Наоборот, в С. Ш. А. в настоящее время главную роль в жилищном строительстве, как и до войны 1914—18 гг., продолжает играть частная инициатива. Государственное и муниципальное строительства составляют не более 20%.

Германия. Послевоенное Ж. с. в Германии выражается в следующих цифрах:

1918/19 г.	56 714	квартир
1920 г.	103 092	»
1921 »	134 223	»
1922 »	146 615	»
1923 »	118 333	»
1924 »	106 502	»
1925 »	178 930	»
1926 »	204 670	»
1927 »	288 633	»
1928 »	307 683	»
Всего	1 645 395	квартир

Это строительство, однако, еще далеко не покрывает потребности в площади, и дефицит на 1 декабря 1928 г. составлял 900 000 квартир.

По данным 1925 г., в 13 больших городах Германии ок. 70% всех квартир представляют маленькие квартиры:

Квартиры с 1 комнатой-кухней	3,9%
» » 2 комнатами (вкл. кухню)	19,7%
» » 3 »	29 %
» » 4 »	15 %

При этом 0,4% квартир совершенно лишены наружного освещения; в Берлине ок. 2% населения живет в подвалах и 11,2%—в чердачных помещениях. Особенно плохи жилищные условия в промышленных округах. В среднем квартирная плата составляет 15,8% доходов населения, а отопление и освещение—5,3%. В абсолютных цифрах квартирная плата составляет от 0,8 до 1,2 мар. за $м^2$ полезной площади. Во вновь устраиваемых поселках площадь квартир колеблется обычно между 45 и 70 $м^2$, минимальною же площадью для малых семейств считается 36 $м^2$. Строительный индекс к концу 1928 г. составлял ок. 1,90. При осуществлении новых программ городских застроек основным типом при создании дешевых квартир является многоквартирный жилой блок в несколько этажей (в среднем 4). Высота помещений внутри зданий в провинции колеблется в пределах от 2,65 до 2,70 $м$; в Берлине—от 2,70 до 3,05 $м$. Глубина секций—от 10,0 до 12,0, снижаясь иногда до 8,4 $м$. Увеличение глубины удешевляет постройку: при глубине 14,0 получается удешевление на 6% по сравнению с глубиной в 11,0 $м$. Стоимость 1 $м^3$ нового жилищного строительства при выдаче ссуд на строительство расценивается (в марках) следующим образом:

Число этажей	Простейшая отделка	Средняя отделка	Лучшая отделка
5	28,5	29,5	30,75
1—2	30,2	31,0	32,00

При подсчете кубатуры включается объем подвала. Устройство центрального отопления повышает стоимость 1 $м^3$ на 0,50 мар., а центральное снабжение горячею водою—на 0,25 мар. Существующие строительные правила и приемы обусловливают: 1) прямой свет в уборной; 2) совмещение уборной и ванной в одном помещении; 3) размеры кухонь 8×10 $м$; 4) наличие одной жилой комнаты со значительно большею площадью сравнительно со спальными комнатами; 5) вынос лестничной клетки в сторону лицевого фасада строения; 6) отсутствие сквозного прохода при лестнице в 1-м этаже (при наличии подвала проход обычно устраивается на уровне подвала); 7) использование чердаков и подвалов для нужд жильцов (высота подвалов 2,40—2,50 $м$); 8) опоры междуэтажных перекрытий—на наружных стенах.

А в с т р и я. В Вене, по переписи 1927 г., небольшие квартиры в 1—2 комнаты с кухней составляли 73%; квартир в 4 комнаты и более насчитывалось всего 4,85%. Почти все небольшие квартиры были без элементарных удобств и переуплотнены. Квартирная плата составляла 25% доходов населения. После войны население Вены уменьшилось с 2 160 000 до 1 870 000 жителей, что значительно ослабило жилищный кризис. Кроме того, благодаря жестной политике правительства по ограничению квартирной платы, рабочий в настоящее время платит за маленькую квартиру ок. 8 шиллингов в месяц, что составляет 3—4% его заработка. Столь низкая квартирная плата сделала новое жилищное строительство совершенно нерентабельным, и крупное частное строительство совсем прекратилось. Строительство жилищ для рабочих взяли на себя муниципалитеты. В 1927 году Венский муниципалитет создал особое общество по строительству жилищ. Выстроенные рабочие дома в поселках передаются в эксплоатацию товариществ, при чем город остается владельцем этих поселков. По статистическим данным, послевоенное строительство Вены выражается в следующих цифрах:

1919 г. .	386	квартир	1924 г. .	5 729	квартир
1920 » .	105	»	1925 » .	12 892	»
1921 » .	137	»	1926 » .	6 379	»
1922 » .	658	»	1927 » .	5 000	»
1923 » .	2 256	»			

В пятилетие с 1928 по 1932 г. намечено строить ежегодно по 6 000 квартир. В настоящее время город владеет 1/4 всех земель, расположенных в пределах городской общины. Рабочие дома строятся преимущественно в 4—5 этажей. Квартирная плата в новых домах, как и в старых, настолько низка, что не окупает содержания домов; для амортизации же и уплаты процентов по ссудам ничего не остается. Т. о., средства на строительство новых домов получаются от квартирного налога, специально установленного на развитие жилищного рабочего строительства. В основу строительства 1927/28 г. положены в пригородах групповые многоэтажные секции в виде закрытой или полузакрытой застройки с сохранением обширных замкнутых внутренних дворов, связанных с окружающими проездами широкими арками. Некоторые группы включают до 80 секций на участке. Большинство типов представляет поэтажное расположение квартир при 3—4 квартирах в этаже. Квартира состоит б. ч. из комнаты, полукомнаты, кухни, и уборной. Ванные отсутствуют. Полезная площадь—40—45 $м^2$. Уборная освещается горизонтальной шахтой над кухонной нишей, вмещающей очаг. Стоимость строительства—45 шиллингов (27 мар.) за 1 $м^2$. Группы оборудованы детскими садами, а наиболее крупные—читальнями, банями, механическ. прачечными, столовыми и театральными залами. По сравнению с Германией и Францией, венское Ж. с. отличается исключительно высоким качеством работ, особенно в отношении лестниц, дворов и фасадных поверхностей, но вместе с тем оно имеет очень много недостатков во внутренней планировке квартир.

Ф р а н ц и я. После окончания войны все усилия были направлены на восстановление разрушенных областей. К настоящему времени эта грандиозная задача является разрешенной; вновь выстроено свыше 280 тыс. и восстановлено свыше 420 тыс. жилых строений. На всей остальной территории Франции Ж. с. после войны сильно сократилось. В Париже в 1926 г. количество разрешенных к постройке этажей составляло 3 тыс., а в 1927 г. менее 3 тыс., тогда как в 1913 г. их было 6,5 тыс. К концу 1928 г. дефицит в жилищах по всей Франции определялся примерно в 400 000 квартир, а в Париже и его окрестностях—в 85 000 квартир. По статистич. данным, 18% всех семей во Франции занимают квартиры не более одной комнаты. На долю частного капитала приходится лишь ок. 15% строительства. Квартирная плата в новых муниципальных домах Парижа составляет 2,4 фр. в месяц за 1 $м^2$, т. е. вдвое ниже, чем в Германии. Такая низкая плата объясняется, с одной стороны, более легким и простым типом постройки, а с другой — исключительной дешевизной строительных материалов и рабочих рук. Индекс стоимости квалифицированной рабочей силы в строительной отрасли составлял в 1927 г. 0,95 против довоенного, а общий индекс стоимости строительных работ—1,18. Строительство Парижа осуществляется в виде многоэтажных жилых домов в 2—4 квартиры на территории города и в виде кольца поселков-садов в пригородах, на расстоянии 1/4—1/2 часа автомобильной езды от города. Поселковые дома состоят б. ч. из блочных коттеджей с квартирами в 3 и 4 комнаты с кухней. В последнее время и в поселковом строительстве заметен переход на четырехэтажные дома с поэтажным расположением квартир, в целях уменьшения затрат на благоустройство. Бо́льшая часть квартир состоит из трех комнат с кухней. Средняя стоимость квартир, включая все затраты на благоустройство, равняется:

Площ.	45	$м^2$ из	3	комн. с кухн.	40 000	фр.	(3 000	р.)
»	35	» »	2	» »	33 000	»	(2 475	»)
»	25	» »	2	» »	23 000	»	(1 725	»)
»	15	» »	2	» »	15 000	»	(1 125	»)

Нормальные площади квартир:

В 1 комн. с кухней-столовой	35 $м^2$
» 2 » » »	45 »
» 3 » » »	55 »

Кухня-столовая имеет около 16 $м^2$, с расположением очага в нише, кухня—6,5 $м^2$. Ванные при квартирах встречаются в виде исключения. Уборные освещаются прямым светом. Большое развитие в поселковом строительстве получили общественные учреждения, главным образом детские сады, школы, амбулатории, гигиенич. пункты, бани и проч.

А н г л и я. В Англии число жилых домов, построенных на основе государственной субсидии, равнялось: в 1925/26 г.—107 тыс., в 1926/27 г.—153,8 тыс. и в 1927/28 г.—178,6 тыс.; кроме того, в 1927/28 г. построено на частные средства 58 тыс. Со времени окончания войны было построено на территории Великобритании (без Ирландии) свыше 1,1 млн. домов. Стоимость строительства, осуществляемого муниципальными органами, снизилась за период 1927—28 гг. с 10 шилл. 1/2 пенса до 9 шилл. 7 1/4 пенса за $фт.^2$. Это удешевление связано в значительной мере с ухудшением типов жилых домов. Строительный индекс изменялся следующим образом:

1913 г.	1,00	1925/26 г.	2,00
1920 »	3,61	1927 г.	1,84

Т. к. общий товарный индекс значительно ниже (1,44), то частное строительство весьма слабо, и все Ж. с. сосредоточено преимущественно в руках муниципалитетов (советов графств), получающих государственную субсидию. Новые дома строятся почти исключительно одноэтажные и двухэтажные—на одну, две и, максимально, четыре квартиры. Многоэтажные дома строятся только при перестройке старых кварталов в центре города. Вокруг Лондона с 1920 г. по настоящее время заново выстроено 11 пригородов-садов с общим количеством квартир 22,6 тыс. из 52,9 тыс., предположенных по плану.

С. Ш. А. Значительный подъем жилищного строительства начался с 1922 года:

Годы	Площадь, млн. $м^2$	На сумму, млн. долл.	Стоимость 1 $м^2$, долл.
1920	14,0	620	44,0
1925	50,2	2 672	53,2
1926	46,4	2 756	55,6
1927	44,1	2 490	56,5

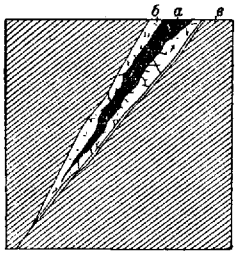
Одно- и двухквартирные дома составляли в 1925 г. 64%, в 1926 г.—55% и в 1927 г.—52%, т. е. имеется явная тенденция к повышению удельного веса многоквартирных зданий. Общестроительный индекс в начале 1928 г. был 2,0.

Лит.: «Контрольные цифры народного хозяйства СССР за 1927/28 г.», М., 1928; «ПХ», 1927, *6—9*; «Строительство Москвы», 1928, *8—11*, 1929, *3*; «СП», Москва, 1928, *7—9*, 1929, *3*; «Bau und Wohnung», Stuttgart, 1927.

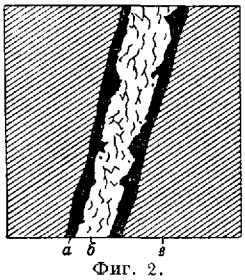
И. Запорожец.

ЖИЛЫ, трещины в земной коре, заполненные какой-либо горной породой или отдельными минералами. Минеральная масса, заполняющая трещину, отличается по составу и строению от основной породы—боковой породы, всегда более древней по своему образованию. Совокупность параллельных, сетчатых, лучистых и пересекающихся жил называется с в и т о́ й Ж. Боковые ветви, отходящие от главной Ж., носят название а п о ф и з. Края Ж., соприкасающиеся с боковыми породами, называются з а л ь б а н д а м и; зальбанды, состоящие из мягких глинистых образований, носят название о т о р о ч е к. П р о ж и л к и отличаются от Ж. только своими размерами; п о п е р е ч н ы е или д и а г о н а л ь н ы е прожилки соединяют под разными углами две параллельные или сходящиеся Ж.; прожилки, простирающиеся параллельно главной Ж., называются с о п р о в о ж д а ю щ и м и, или п о б о ч н ы м и, Ж. Стенки трещины образуют

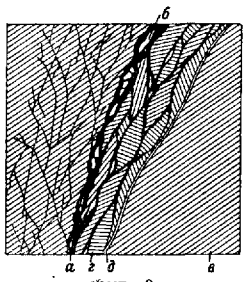
бока Ж.; если они наклонны, то верхний из них называется кровлей, или висячим боком; нижний—постелью, или лежачим боком. Расстояние между боками по нормали определяет мощность Ж. Горизонтальное направление Ж. называется простиранием Ж., а направление ее наибольшего уклона—падением Ж.; угол, образованный на горизонтальной плоскости сечением плоскости Ж. и меридианом, носит название угла простирания Ж., а угол, образованный плоскостью Ж. с горизонтальной плоскостью,—угла падения Ж.; протяжение Ж. по простиранию представляет ее длину, а по падению—глубину. В зависимости от угла падения различают круто падающие Ж., б. или м. близкие к вертикальным, отвесным Ж. (от 70 до 90°), и полого падающие (менее 70°). Мощность, длина и глубина Ж. весьма разнообразны; мощность Ж. колеблется от нескольких *см* до десятков и сотен *м*; длина доходит иногда до 100 *км* (самая длинная из известных до сих пор Ж.—кварцевая золотосодержащая Ж. в Калифорнии, в Сиерра-Неваде,—имеет длину ок. 112 *км*). Разрабатываемые Ж. имеют длину в среднем 800—



Фиг. 1.



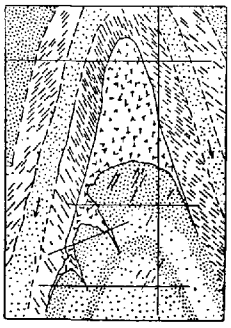
Фиг. 2.



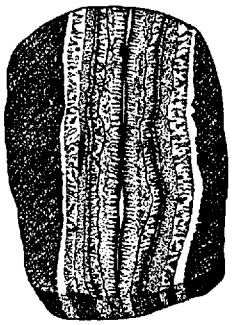
Фиг. 3.

2 000 *м*; наибольшая глубина, достигнутая горными работами,—1 300 *м*. Ж., идущие на незначительную глубину, поверхностные, или подерновые, имеют обычно и небольшое простирание. Открытые Ж. имеют выход на дневную поверхность (хвост Ж.); в закрытых Ж. выходы покрыты наносами или покровами изверженных пород. На протяжении Ж. мощность ее меняется: при уменьшении наблюдаются пережимы, до выклинивания Ж. (фиг. 1, где *а*—рудная часть Ж., *б*—минеральная часть, *в*—боковая порода), при увеличении—расширение, раздувание Ж.; когда пережимы и раздувания чередуются б. или м. правильно, получается чечевицеобразное, или линзообразное, строение Ж.

Различают Ж. простые,—когда висячий и лежачий бока представляют две резкие границы с окружающей Ж. боковой породой (фиг. 2; значение букв—как на фиг. 1), и сложные—когда в висячем боку жильная масса постепенно переходит в боковую породу или же когда Ж. представляет совокупность незначительных выполненных трещин, между к-рыми боковая порода б. или м. импрегнирована рудным веществом и значительно вытеснена жильными породами (фиг. 3, где *г*—разложенная боковая порода, *д*—глинистая оторочка, значение букв *а*, *б*, *в*—прежнее). Ж., залегающие в слоистых породах, согласно простиранию и падению их, называются пластовыми Ж., или жильной залежью, а пересекающие слои вмещающей породы—поперечными Ж. Особый вид пластовых Ж.—седловидные Ж. встречаются в местах перегиба пластов вмещающих пород (фиг. 4). Ступенчатые Ж. образовались после заполнения поперечных трещин, образовавшихся при охлаждении *извержен. пород*. Камерные Ж. представляют вид штокообразных неправильной формы масс, отделяющихся от главной Ж. и залегающих в боковых породах. Конкреционные Ж. состоят из слоев различного минерального состава, расположенных параллельно бокам Ж. с обеих ее сторон (фиг. 5). Контактовые Ж., или Ж. соприкосновения, залегают на границе между осадочными и изверженными породами. Двойные Ж. возникают в том случае, если в существующей Ж. образовывается вновь трещина, заполняемая отложениями иного состава; если же вновь образуемые трещины пересекают Ж., то получается скрещение или пересечение Ж.; при этом может произойти относительное перемещение частей Ж. (сброс). По взаимному положению сброшенных частей Ж. можно определить возраст Ж.; так, на фиг. 6 жила *3* (сбрасыватель) более позднего происхождения, а жила *1* древнее жилы *2*.


Фиг. 4.

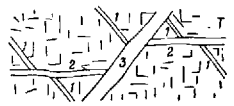
Особый вид Ж. представляют т. н. дайки—вертикальные или наклонные трещины с б. или м. параллельными плоскостями, заполненные лавой. В случае выветривания более слабых боковых пород дайки имеют вид каменных стен различного направления и наклона; если же дайка выветривается скорее боковых пород, то получаются вместо стен канавы или рвы.


Фиг. 5.

Процессы образования трещин различны: экзокинетические трещины возникли вследствие дислокации земной коры, при чем сбросовые трещины, или параклазы, противопоставляются диаклазам—трещинам несбросового характера; эндокинетические трещины образовались

или вследствие уменьшения объема породы при охлаждении, при высыхании ее (контракционные трещины), или вследствие увеличения объема при гидратизации пород и различных химич. процессах (дилатационные трещины).

По роду вещества, заполняющего трещину, Ж. можно подразделить на три группы. 1) Жилы горных пород, выполненные жильными породами, проникшими в трещины б. ч. в огненно-жидком состоянии (магма) при горообразовательн. процессах; так, существуют жилы гранита, порфира, порфирита, сиенита, трахита, диорита, диабаза, андезита, базальта и других. Изверженные породы могут находиться в жилах в виде резко разграниченных или же постепенно переходящих одна в другую пород. Иногда жилы представляют выполненные каналы, по которым изливались лавовые массы. 2) Ж., выполненные неметаллическ. жильными минералами,—минеральные Ж. Наиболее распространенными жильными минералами являются: кремнезем (кварц, роговик, халцедон), карбонаты (известковый шпат, бурый шпат, доломит, магнезит, стронцианит, витерит, арагонит и др.), сульфаты (тяжелый шпат, гипс, целестин), флюориды (плавиковый шпат), фосфаты (апатит), водные силикаты (каолины, цеолиты, хлориты, эпидот и др.). В контактовых жилах встречаются минералы: гранат, авгит, волластонит, андалузит, везувиан, скаполит, ставролит, силлиманит и др. 3) Ж., выполненные рудным веществом,—рудные Ж. Из руд в Ж. встречаются: самородные металлы—золото, серебро, медь, ртуть, висмут, мышьяк, сурьма; окиси, закиси и гидроокиси железа, марганца, свинца, олова, меди, алюминия, висмута, мышьяка, сурьмы; кислородные соли, главн. образом карбонаты, сульфаты, фосфаты, хроматы, арсенаты, антимонаты; галоидные соединения—хлористые, бромистые, иодистые; сульфиды, сульфосоли, мышьяковые соединения, теллуриды, селениды золота, серебра, меди, ртути, свинца, цинка, кадмия, железа, кобальта, никеля, олова, висмута, мышьяка и сурьмы.



Фиг. 6.

Жильные трещины редко бывают заполнены только рудой или жильными минералами; в большинстве случаев, особенно в сложных Ж., кроме руды и жильных минералов, в Ж. находятся в различной степени раздробления обломки боковых пород. Руды в Ж. обычно распределены неравномерно: они скопляются в т. н. рудных гнездах, а иногда залегают на сравнительно большом протяжении жилы в количествах, допускающих возможность разработки их (благородные части Ж.), или же вытесняются в большей или меньшей степени пустой породой (обеднение Ж.). Облагораживание Ж. наблюдается не только в местах перехода пустой породы в рудную часть ее, но в особенности в расширениях сбросовых трещин. Рудоносность как в количественном, так и в качественном отношении изменяется по простиранию Ж. и в большей степени—с глубиной ее, в связи с первичными или глубинными изменениями (оловянные руды переходят в серебросодержащие медные руды, свинцовые—в цинковые, и т. п.). В верхних горизонтах жильных месторождений бо́льшая часть рудных веществ испытывает вторичные изменения, происходящие от действия кислорода воздуха и просачивающейся сверху воды: сернистые соединения, представляющие главную массу жильных месторождений, превращаются в сернокислые, углекислые и галоидные соли; при этом, вследствие трудной растворимости окислов железа, на выходах месторождений образуется так называемая железная шляпа.

Внутреннее сложение (структура) выполняющей Ж. массы бывает различное: сплошное (во многих золотосодержащих Ж. самородное золото и золотосодержащие колчеданы распределены в однородной плотной кварцевой массе), корковое, ленточное, симметрично и асимметрично слоистое (примером симметрично слоистого сложения может служить конкреционная Ж., фиг. 5). Особое развитие коркового сложения наблюдается в кольчатых, или кокардовых, рудах, состоящих из обломков боковых пород, окруженных концентрич. слоями отдельных минералов (структура кокардовая, брекчиевидная). Кроме того, встречаются друзовое и оолитовое сложения и разные натечные формы.

Парагенезис руд в Ж. выражается в том, что рудные минералы встречаются в определенных постоянных сочетаниях, сопровождаемых иногда постоянными же сочетаниями нерудных минералов; так, медный колчедан встречается всегда вместе с висмутовым блеском, магнитный колчедан — с медным колчеданом. Такие же группы составляют: пестрая медная руда, медный колчедан и серный колчедан; плавиковый шпат, топаз, молибденовый блеск, вольфрамит и оловянный камень; железные и марганцевые руды; свинцовый блеск и цинковая обманка; кобальтовые и висмутовые руды и др. сочетания. Парагенезис имеет большое значение при *разведках* полезных ископаемых (см.): присутствие каких-либо малоценных минералов или руд дает иногда указание на возможность открытия ценных руд; так, если в кварцевой Ж. встречены серный колчедан, мышьяковый колчедан и сурьмяный блеск, то ведут разведки и на самородное золото. В тесной связи с термином парагенезис стоит определение жильной формации как совокупности Ж. одинакового геологич. образования, одинакового сложения, с постоянным соотношением между жильным веществом и боковыми породами; так, например, формация оловянного камня связана только с гранитом, а золотоносные кварцевые Ж. приурочены к гранитам или гранитовым порфирам.

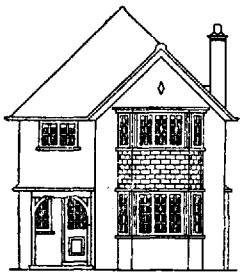
Относительно выполнения трещин—образования Ж.—существуют следующ. теории: 1) теория одновременного выделения (конгенерационная) — рассматривает Ж. как выделения вмещающей породы в

эндокинетическ. трещинах, что могло иметь место, напр., при затвердевании магмы или высыхании осадка, пропитанного минеральн. растворами; 2) теория жильных выполнений от боковых пород (латеральсекреционная); по этой теории поверхностные воды, просачиваясь по боковым породам, растворяют минеральные вещества, к-рые затем отлагаются в трещинах; 3) теория выполнения Ж. с поверхности (десцензионная), по к-рой трещины заполнены осадками минеральных растворов, проникающих сверху; при этом состав вмещающих пород не имеет значения; 4) теория выполнения Ж. из недр земли (асцензионная); согласно этой теории, Ж. могут быть выполнены огненно-жидкими массами (инъекционная теория), или заполнены путем возгонки и взаимодействия различных газов и паров (сублимационная теория), или, чаще всего, отложениями восходящих горячих источников (термальная теория).

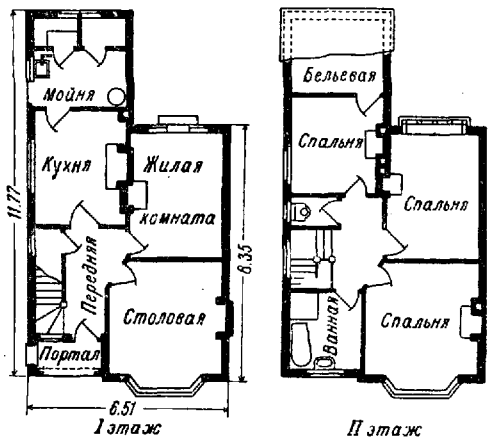
Объяснить происхождение всех Ж. одной какой-либо теорией нельзя; каждая из них в отдельных случаях может быть верна. См. *Рудные месторождения*.

Лит.: Мушкетов И. В., Физич. геология, т. 1, 3 изд., Л., 1924; Богданович К. И., Рудные месторождения, т. 2, СПБ, 1913; Ог Э., Геология, перевод с французского, 3 изд., т. 1, М., 1924; Левинсон-Лессинг Ф. Ю., Введение в геологию, П., 1923. **И. Мушенко.**

ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ, здания, специально приспособленные для жилья, по своей внешней форме и по внутреннему устройству отражают климатические условия местности,



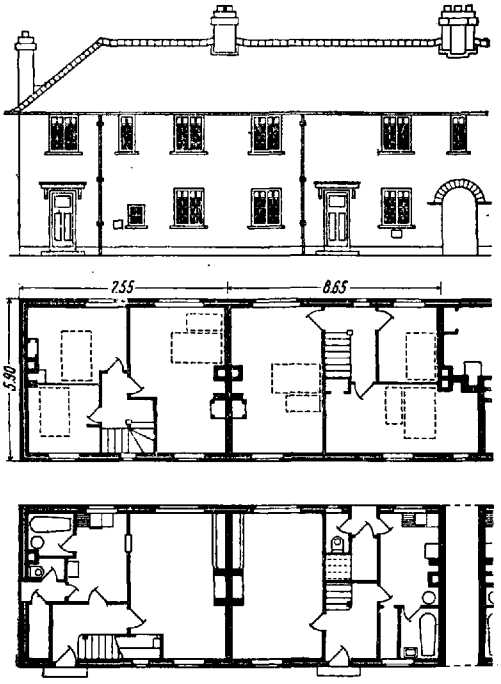
Английский коттедж на одно семейство.



Фиг. 1.

степень культурности обитателей, состояние строительной техники, экономические и бытовые условия жизни.

Все существующие разновидности Ж. з. могут быть разделены на индивидуальные и коллективные. Первые

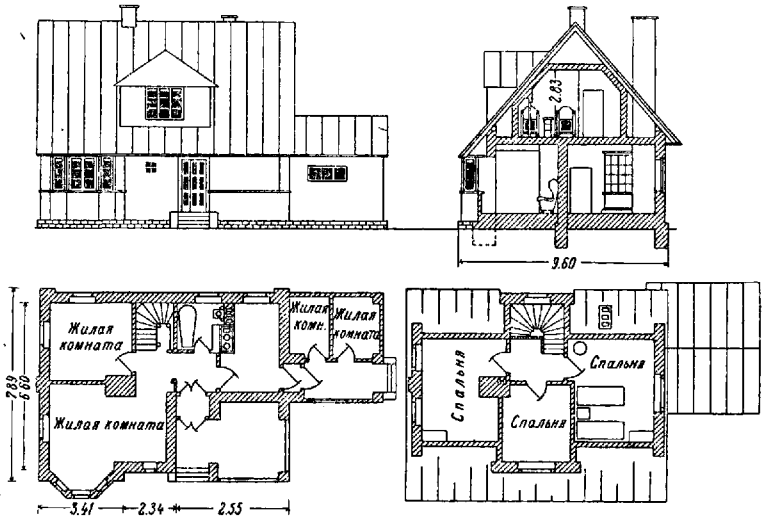


Фиг. 2.

приспособлены для жизни одного семейства, вторые—для совместной жизни целого общества людей, семейных или одиноких. Между этими крайними видами существуют и промежуточные, в к-рых признаки, свойственные индивидуальному или коллективному Ж. з., выражены недостаточно определенно. В зависимости от места постройки Ж. з. приобретают особые отличительные черты—городского, поселкового, пригородного или сельского жилого дома. Далее дифференциация типов Ж. з. может происходить по признакам принадлежности обитателей к той или другой профессии. Так, различают Ж. з. для рабочего, служащего, ремесленника, кустаря и т. д.

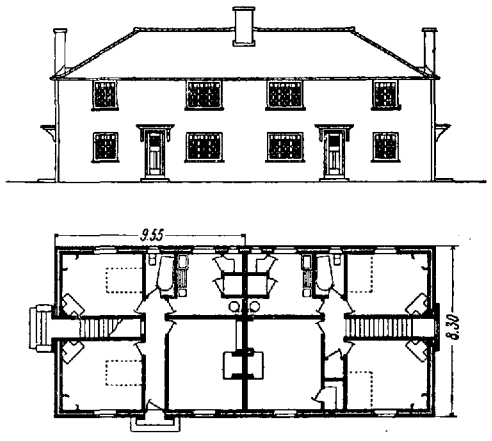
Исходным типом индивидуального Ж. з. служит дом-особняк, свободно стоящий среди усадебного участка, со всех четырех сторон омываемый воздухом и освещаемый солнцем. К этому типу принадлежит английский коттедж—двухэтажный дом на одно семейство, с распределением жилых комнат, кухни и других хозяйственных помещений в первом этаже и спален во втором (фиг. 1). Поочередное пользование в течение дня и ночи помещениями первого и второго этажей допускает возможность обходиться минимальными площадями комнат. Коттедж безупречен в гигиеническ. отношении, но не при всех условиях экономичен. Стремление сохранить все преимущества коттеджа и вместе с тем получить более экономичный тип вызвало появление парных, сдвоенных и, далее групповых, или блочных, домов. Блокирование дает экономию и при постройке и в эксплоатации (общность одной стены,

сокращение периметра наружных стен, упрощение устройства крыши и т. д.). Кроме того, сокращение количества разрывов между домами уменьшает протяженность улиц, проездов и длину водопроводной, канализационной и электрич. сетей (фиг. 2). Коттедж и его



Фиг. 3.

производные типы имеют громадное распространение в поселковом и пригородном строительстве Европы и Америки. Нек-рая монотонность и однообразие вида группы домов, соединенных в один блок (редко более шести), всегда м. б. избегнуты незначительными изменениями в обработке фасадов. Наряду с домами типа коттеджа в поселковом и пригородном строительстве встречаются



Фиг. 4.

одноэтажный дом и дом с мансардой, представляющей собою жилое помещение, занимающее часть чердака (фиг. 3).

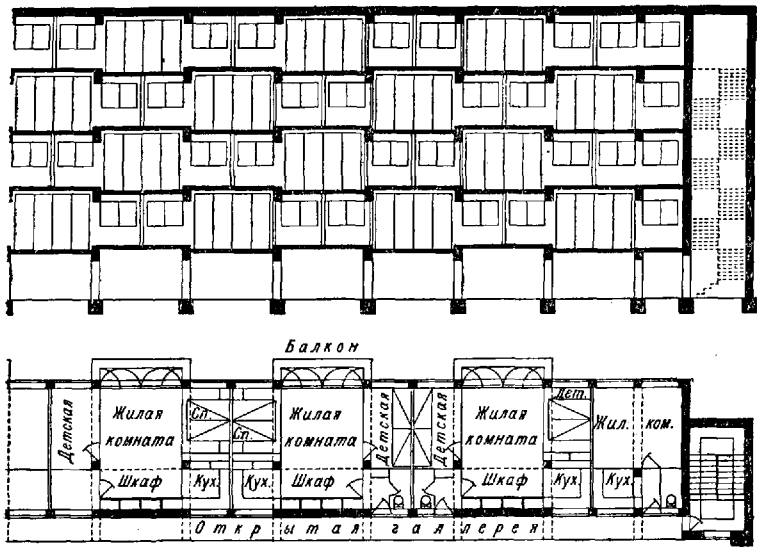
Группировку отдельных квартир можно произвести и в вертикальном направлении, размещая их одну под другой (поэтажно). Тогда получается всем известный тип городского многоэтажного, многоквартирного дома; каждая квартира—индивидуальное жилище, а все вместе и нек-рые помещения общего пользования (лестницы, подвалы, отопительные, котельные, домовые прачечные и пр.) приближают этот тип Ж. з. к типу общежития. В простейшем своем виде подобный городской или поселковый дом представляется двухэтажным — четырехквартирным или шестиквартирным. При блокировке того и другого можно получить восьмиквартирный и двенадцатиквартирный дом. Дальнейшее увеличение количества квартир достигается и увеличением количества этажей, что свойственно городскому строительству. Однако, и здесь, до определенного количества этажей (3), возможно дать совершенно самостоятельные входы и лестницы в каждую квартиру. Подобные решения для двухэтажного дома представлены на фиг. 4.

Коттеджи м. б. соединяемы в горизонтальном и вертикальном направлениях в непрерывный ряд, с открытой галлереей, идущей на уровне пола второго яруса. Эта галлерея заменяет тротуар и сообщается с улицей или двором лестницами и подъемниками (для грузов). Стремление сохранить в многоэтажных домах обособленность входов в квартиры привело к устройству т. н. галлерейных многоэтажных домов, где входы в квартиры расположены со стороны галлерей, идущих на уровне каждого этажа. Сообщение между галлереями и землей происходит при помощи закрытых лестниц (фиг. 5).

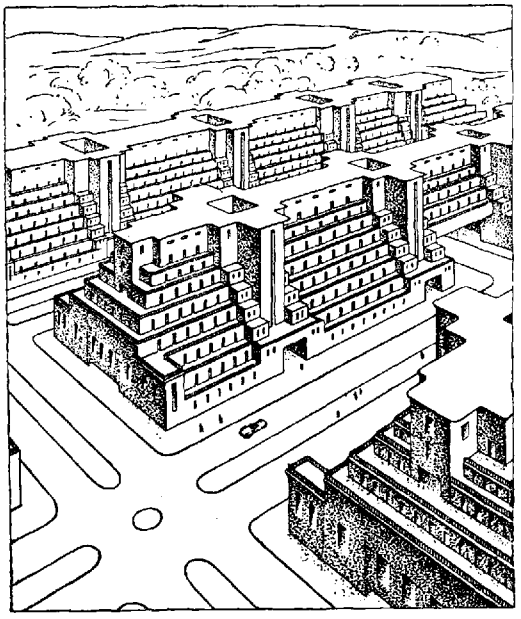
Отрицательные свойства многоквартирных городских домов с большим количеством этажей, выходящих своими окнами на узкий проезд или колодцеобразный внутренний темный двор, заставляют отказываться от системы сплошной застройки и переходить к открытой, дающей и свет и воздух. Те же неблагоприятные условия, в к-рых находятся Ж. з. в городских районах, застроенных высокими домами, при сравнительно узких улицах, вызвали попытку расположить этажи уступами, с отнесением в каждом верхнем этаже фасадной стены все более и более внутрь застраиваемого участка и увеличением тем самым расстояний между наружными стенами двух противостоящих домов. Ступенчатым расположением этажей улучшается освещение нижних этажей и улицы и одновременно достигается более свободный доступ воздуха. На фиг. 6 изображен уступчатый дом в Париже с большим количеством квартир (78) в 1—3 комнаты.

Коллективное Ж. з.—о б щ е ж и т и е—осуществляется типом дома-коммуны. В простейшем виде общежитие состоит из одиночных комнат или небольших квартир в две, редко более, комнаты, обычно размещенные по обе стороны коридора. Комнатами общего пользования являются столовая с кухней,

клуб, ясли, детский сад, души, прачечная и остальные вспомогательные помещения (фиг. 7 и 8). Другой тип общежития, сохраняющий характерные для общежития помещения общего пользования, имеет маленькие квартирки, в 2 или 3 комнаты, с индивидуальными кухней и уборной (фиг. 9). Своеобразным решением вопроса о постройке общежития является блокирование домов



Фиг. 5.

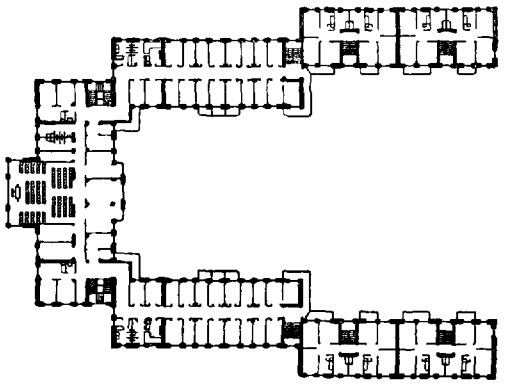


Фиг. 6.

типа английских коттеджей. Двухэтажные дома обычно располагаются вокруг внутреннего двора-сада и соединяются между собой и с помещениями общего пользования—столовой, кухней, клубом и т. д.—при помощи крытой галлереи. Подобное устройство общежития соединяет гигиеничность и удобства обособленности с преимуществами коллективной жизни. К общежитиям относятся также и Ж. з., предназначаемые для сравнительно кратковременного пребывания в них людей, как то: ночлежные дома, гостиницы и отели. Современные ночлежные дома, кроме комнат-спален на 1, 2 и несколько человек, имеют обычно целый ряд помещений, необходимых во всяком благоустроенном общежитии, как, наприм.: столовые, кухни, читальни, курительные, ванные, души и другие помещения, до мастерских для починки обуви, платья и белья включительно.

Все существующие виды Ж. з. завершает американский небоскреботель в 20 и более этажей, вмещающий 10—15 тысяч жильцов, обслуживаемых десятками подъемников, собственной силовой станцией, целой фабрикой для производства разнообразнейших пищевых продуктов и штатом служащих в несколько тысяч человек (фиг. 10).

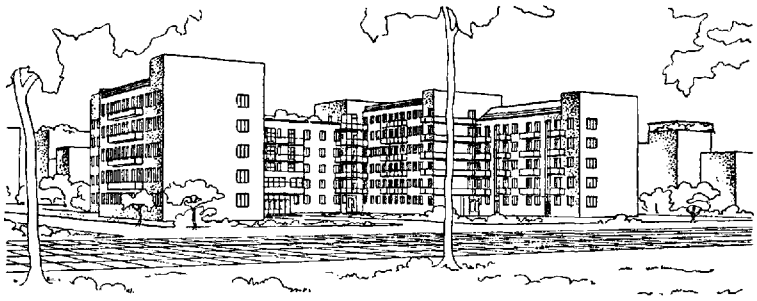
Типы и размеры квартир зависят от состава семьи. Если принять, что малая семья состоит из 2 взрослых и ребенка, средняя—из 2 взрослых и 2—3 детей и большая—из 2 взрослых и 4 детей или соответственного меньшего количества взрослых, то получатся три основных типа квартир: для малой



Фиг. 7.

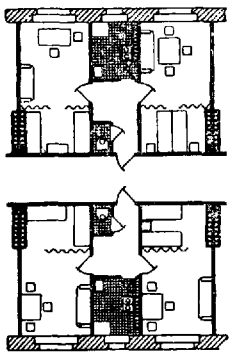
семьи—квартира площадью ок. 30 $м^2$, для средней—ок. 45 $м^2$ и для большой—около 55 $м^2$. При этом в состав помещений первого типа входят спальня, кухня-столовая и вспомогательные помещения—передняя, кладовая, уборная и ванная. Второй тип отличается от первого тем, что количество спален увеличивается до двух, разных размеров. При третьем типе добавляется еще жилая комната для общего пользования.

Соотношение между жилой и вспомогательной площадями должно удовлетворять некоторым минимальным требованиям, ха-



Фиг. 8.

рактеризующим собой экономичность плана. Под жилой площадью понимается площадь всех жилых комнат за исключением мест, занимаемых печами и коренными трубами; под вспомогательной—сумма площадей кухни, передней, ванной, уборной, кладовой, коридоров и лестничных клеток в многоэтажных зданиях, исключая те же площади, что и при определении жилой площади. В городском строительстве отношение жилой площади к полезной в квартирах в три и более комнат д. б. не менее 70%, в квартирах в две и менее комнат оно д. б. не ниже 60%. Наличие в квартирах ванных комнат понижает эти отношения на 40%.



Фиг. 9.

Характеристикой экономичности типа жилого дома может служить соотношение между кубатурой и площадью пола. Это соотношение выражается количеством $м^3$ внешнего объема здания, приходящимся на 1 $м^2$ жилой площади, что, конечно, зависит от материала, числа этажей, типа постройки и местных обстоятельств. Так, напр., для деревянных домов с квартирами не менее чем в три комнаты это отношение принимают в пределах от 6,2 до 6,8, в зависимости от количества этажей и блокировки; для каменных домов—от 6,8 до 7,6. Для домов с двухкомнатными и однокомнатными квартирами эти нормы варьируют в пределах: для деревянных домов—от 7,2 до 7,9, для каменных от 7,9 до 8,9, а для Москвы и Ленинграда соответственно от 6,9 до 7,6 и от 7,6 до 8,5.

Элементы квартиры, т. е. жилые и вспомогательные помещения, должны отвечать требованиям гигиены и удобства пользования ими, а каждое из помещений должно занимать в квартире соответствующее его назначению место.

Наиболее рациональной и вместе с тем и наиболее распространенной формой помещений надо признать прямоугольник, в котором длина не более чем в два раза превосходит ширину. Из всех возможных прямоугольников квадрат менее других пригоден для небольших помещений. Ширина комнат делается не менее 2,5—2,8 *м*. Что же касается длины (измерения, перпендикулярного к наружной световой стене), то она, в целях достижения хорошего дневного освещения, берется не более двойного расстояния от верхней линии окон до пола. Высоту комнат принимают в пределах от 2,84 до 3,5 *м*, учитывая, что на каждого человека должно приходиться не менее 20 $м^3$ воздуха. Кроме того, высота комнаты не д. б. больше ширины и меньше половины длины комнаты. Резкие отклонения от этих пропорций сообщают комнатам неуютный, непривлекательный вид, чего в Ж. з., более чем в каком-либо другом здании, следует избегать. Площадь пола всей квартиры рассчитывают так, чтобы на каждого живущего приходилось не менее 10 $м^2$, при известном определенном соотношении между жилой и вспомогательной площадями. Степень дневного освещения, выражаемую обыкновенно отношением суммарной площади окон к площади пола в данном помещении, принимают для жилых комнат



Фиг. 10.

равной не менее чем 1 : 10, а для вспомогательных помещений—не менее 1 : 15. При этом жилые помещения должны быть расположены окнами на солнечную сторону, а вспомогательные—на противоположную.

Удобство и уют помещений в весьма сильной степени зависят от расположения окон, дверей и приборов отопления. Неудачное их расположение, даже при достаточной сравнительно площади комнаты, может создать большие затруднения для ее использования. Окна и двери делают только в необходимом и достаточном количестве, придавая дверям размеры не бо́льшие, чем нужно для проноса мебели или предметов оборудования

помещений. Размеры выбирают в соответствии с назначением помещений. Так, для комнат достаточна ширина дверей 0,85 *м*, а для второстепенных помещений (ванных, кладовых, клозетов) вполне допустима ширина 0,70 *м*; ширину двустворчатых дверей увеличивают до 1,25 *м*.

Комнаты должны удовлетворять не только этим общим требованиям, но и нек-рым специальным, в зависимости от их назначения. Спальни, если их две, делаются неодинаковых размеров, полагая 8 *м*² на взрослого и 4 *м*² на ребенка. Желательно, чтобы хотя одна из стен помещения, предназначаемого под спальню, была свободна от окон, дверей и приборов отопления и чтобы вдоль этой стены могли уставиться одна за другой две кровати. Место для спальни предпочтительно наиболее уединенное, вдали от входа. Спальни в общежитиях делают не более как на 4 чел., полагая площадь пола в 30 *м*² и соответственно уменьшая ее до 24 *м*² на 3 чел. и до 18 *м*² на 2 чел. Жилая комната, служащая для общего пользования всех живущих в квартире, д. б. несколько более обширной, а именно от 10 до 18 *м*². В тех же случаях, когда эта комната служит и столовой, для большой семьи, ширина ее берется не менее 3,5 *м*, исходя из размеров ширины стола и стульев, стоящих по обе его стороны. Нередко жилую комнату снабжают большим окном или эркером, т. е. закрытым балконом.

К у х н я, одно из главнейших вспомогательных помещений, располагается возможно ближе ко входу в квартиру и рядом со столовой или заменяющей ее комнатой. Окна кухни ориентируются на северную сторону, во избежание перегрева ее летом. Площадь, занимаемая кухней, в небольших квартирах м. б. всего лишь 5—6 *м*², вполне отвечая при этом своему назначению. Рациональность расположения специального оборудования кухни (мойки, стола, очага, шкафов, раковины и т. д.), отвечающая последовательности обработки пищевых продуктов с момента поступления на кухню до момента подачи их в готовом виде на стол, не только вполне искупает кажущийся недостаток в площади, но и упрощает работу хозяйки, избавляя ее от лишних передвижений по кухне. Американцы и англичане предпочитают выделять из кухни моечную со всем относящимся к ней оборудованием в небольшое помещение, что, конечно, весьма целесообразно. Соединение в одной комнате столовой и кухни создает нек-рые удобства для хозяйки, упрощая наблюдение за находящимися здесь же детьми в том отношении, что не вынуждает ее удаляться ни от стола ни от очага. Кухонный очаг в таком случае ставится в нише, к-рая может закрываться занавеской или задвижной стенкой; моечная устраивается отдельно. Типичной принадлежностью америк. кухни является непосредственное соседство совершенно незначительного по своей площади помещения для утренних завтраков. Оборудованию кухни уделяется в последнее время все большее и большее внимание: совершенствуются давно применяемые приборы и аппараты и вводятся новые, действующие газом или электричеством. Техника проникает и в кухню, облегчая труд хозяйки. Наглядным подтверждением этого служат образцовые кухни, экспонированные на выставках по жилищному строительству в ряде городов Германии и Англии в 1927—28 гг. Кухонные очаги в виде т. н. плит с духовыми шкафами строят под различные виды топлива—дрова, уголь, торф, нефть и светильный газ. Все чаще и чаще начинают применять электричество—не только для кухонь в небольших хозяйствах, но и для кухонь больших учреждений. Обыкновенные кухонные очаги под твердое топливо делают из кирпича с облицовкой изразцами или без нее. К недостаткам их надо отнести низкий коэфф. полезного действия (большая часть тепла уходит в трубу неиспользованной), перегрев помещения кухни в летнее время и сравнительную громоздкость, требующую солидного под них основания. Металлические, т. н. переносные, кухонные очаги более экономичны в эксплоатации и, имея незначительный вес, м. б. устанавливаемы непосредственно на полу. Газовые очаги строят с конфорками и духовыми шкафами. Для подогревания и кипячения воды более экономичными являются специальные газовые кипятильники; эксплоатация их обходится не дороже, чем дровяных или угольных очагов. Санитарные достоинства газовых кухонных очагов несравнимы; с ними могут конкурировать в этом отношении только электрические плиты и шкафы. Последние были применены в большом количестве в поселковом строительстве гор. Франкфурта.

Кухонный шкаф для хранения продуктов располагают в нише наружной стены или в подоконной стенке и снабжают небольшим окошком с сетчатой рамкой от мух и птиц. Такой шкаф желательно соединять с постоянно действующим вытяжным каналом. Современная техника холодильного дела даст возможность пользоваться искусственным охлаждением продуктовых шкафов, применяя для этой цели миниатюрные холодильные машинные установки. В больших многоэтажных, многоквартирных домах более уместны центральные холодильные станции с сетью труб и циркулирующим в них холодным рассолом. Ответвления от магистральных труб производят в шкафах желаемое охлаждение воздуха. Для мытья посуды и других надобностей кухни и домашнего обихода в кухнях ставят мойки, выделываемые из фаянса или эмалированного чугуна. Мойки делают в два отделения, с наклонной рифленой доской для мокрой еще посуды, и снабжают кранами для холодной и теплой воды. Для грязной воды устанавливается кухонная раковина.

Многоэтажные дома имеют приспособления для удаления сухого мусора при помощи вертикальных труб, заканчивающихся со стороны кухни приемником с плотно закрывающейся крышкой, а со стороны мусорного ящика—наклонным коленом. Удаление пыли из помещений квартиры производится при помощи местных пылесосов или же при помощи центральной пылесосной установки, располагаемой обычно в подвале и имеющей трубы, проведенные во все квартиры и заканчивающиеся там соединительными муфтами для навинчивания мягкого рукава.

В непосредственной близости с кухней, образуя одну общую группу помещений, обслуживаемых водопроводом и канализацией, располагаются ванная, клозет и умывальная. Размеры ванной комнаты всецело зависят от размеров приборов ее оборудования—ванны и водогрейного аппарата. Наименьшими размерами этого помещения, при установке, кроме ванны обычных размеров, еще и водогрейной колонки, надо считать $2{,}13 \times 1{,}6$ *м*. Подогревание воды для ванны возможно осуществить, используя тепло кухонного очага, добавляя к нему достаточной емкости котел для нагревания воды. В тех случаях, когда желают пользоваться горячей водой не только для ванной, но и для других надобностей в кухне, применяют циркуляционную систему. В основном эта система состоит из котелка или трубчатого змеевика, помещенного в топке очага, закрытого или открытого резервуара для теплой воды, располагаемого на нек-рой высоте, и циркуляционных труб, соединяющих котелок (змеевик) и резервуар. Для этой же цели применяют газовые нагреватели-автоматы, всегда готовые к действию, но расходующие газ только при открывании крана для теплой воды. Наряду с газовыми нагревателями, по удобству и простоте пользования, стоят электрич. водогрейные аппараты. В многоквартирных домах снабжение теплой водой может производиться из одного центра—из одной котельной. Установка в ванной комнате умывальника с кранами для теплой и холодной воды вполне целесообразна. Совмещение же ванной и клозета едва ли можно признать удобным. Клозет, какого бы устройства он ни был, желательно располагать у наружной стены и снабжать окном. В противном случае следует осветить уборную хотя бы вторым светом, через фрамугу (окно), выходящую в соседнее светлое помещение (ванную, коридор и т. п.). Клозет необходимо помещать возможно ближе к действующему вытяжному каналу печи или кухонного очага. Достаточных размеров помещения для уборной можно считать $0{,}9 \times 1{,}3$ *м*, высотою не менее 2,25 *м*, при устройстве промывного клозета. При отсутствии канализации наилучшими клозетами надо признать люфт-клозеты, правильность и безукоризненность действия которых обусловливается герметичностью выгреба и постоянством действия вытяжного канала. Вход в клозет предпочтительно располагать со стороны передней, но ни в каком случае не со стороны кухни.

Передняя—это центр, в к-ром сосредоточено большинство дверей, ведущих в помещения квартиры. Однако, назначая под переднюю хотя бы и весьма незначительную площадь, 3—5 $м^2$, необходимо, чтобы часть стены, на протяжении 1 *м*, могла служить для устройства вешалки.

Балконы дают возможность обитателям верхних этажей больших городских домов пользоваться чистым воздухом. Балконы при кухнях, т. н. хозяйственные, предназначаются для чистки на них платья и других предметов домашнего обихода. Балконы обычно имеют небольшой вынос—ок. 1,0 *м*. Эркеры, т. е. закрытые балконы, идущие иногда непрерывно во всю высоту многоэтажного дома, увеличивают в значительной мере площадь комнат, к к-рым они примыкают, и вместе с тем улучшают освещение и проветривание. Форма эркеров в плане м. б. весьма разнообразная—треугольная, прямоугольная, многоугольная, полукруглая и т. д. Стены эркеров выполняются из материалов возможно более легких и мало теплопроводных как то: пустотелого, пористого или инфузорного (трепельного) кирпича, так назыв. теплых бетонов (шлаковых, пемзовых), обыкновенного бетона или железобетона, с утеплением различными теплоизоляторами—соломитом, торфолеумом, пробковыми и другими подобными по своей теплопроводности плитами. Лоджии, т. е. балконы, не выступающие за плоскость наружных стен, представляющие собой как бы комнаты без передней фасадной стены, едва ли целесообразны в северных районах.

Террасы, имеющие широкое применение в поселковом строительстве, м. б. по своей площади незначительны, однако, при пользовании террасой как столовой она не д. б. менее 10 $м^2$. Терраса, будучи застеклена, превращается в веранду. В последнее время, с распространением плоских крыш, террасы устраивают на них, при чем нередко эти крыши приспосабливают частично под цветники, солярии и площадки для игр.

Лестницы в жилом доме могут иметь различное назначение, а потому и требования, предъявляемые к ним, также разнообразны. Особого внимания требуют лестницы многоэтажных жилых зданий, так как движение по лестнице требует от человека затраты работы почти в двадцать раз больше, чем по горизонтальному направлению. Поэтому важно, чтобы крутизна маршей, по возможности одинаковая на всем протяжении многоэтажной лестницы, была в известных допустимых пределах, а именно—отношение высоты марша к его заложению (его горизонтальной проекции) должно быть равно 1 : 2 и во всяком случае не более 1 : 1,5. Для лестниц второстепенного значения это отношение м. б. равно 1 : 1,25; к таким лестницам относятся: внутренние—в пределах одной квартиры, чердачные и подвальные. Удобство пользования лестницей обусловливается, кроме того, количеством ступеней в марше (их должно быть не более 15) и шириной марша (в пределах 0,75—1,20 *м*); ширина марша лестниц в общежитиях увеличивается в зависимости от количества обитателей. Удобство лестницы связано также и с размерами ступеней: ширина (проступь) их д. б. не менее 27 *см*, подъем (подступенок)—не менее 18 *см*. Все лестницы должны иметь непосредственное дневное освещение через окна в стенах.

Подъемники (лифты) являются необходимым оборудованием для домов выше пяти этажей. Подъемники строятся весьма разнообразных систем, отличающихся степенью безопасности движения, способом приведения в действие и т. д. Движущей силой для них в большинстве случаев служит электричество. Шахты, в которых движутся кабины, устраиваются или глухими или решетчатыми. Размеры шахты зависят от размеров

кабины, к к-рым добавляется на зазоры по бокам, сзади и спереди от 12 до 20 *см*. Кабины на 4 пассажира делают размером ок. 1,3× ×1,3 *м*, на 6 чел.—ок. 1,5×1,5 *м*; строятся под нагрузку 300—450 *кг*. Грузовые подъемники для жилых домов строят под нагрузку от 100 до 500 *кг*, при ширине платформы от 1,1 до 1,3 *м* и длине 1,1—1,75 *м*. Малые кухонные подъемники, иногда даже с ручным приводом, имеют размеры кабинок 0,4×0,6 *м* или 0,8×1,0 *м*.

Отопление современного жилого дома м. б. местное или центральное; местное—печное, воздушное или водяное; центральное—преимущественно водяное. Центром бывает не только котельная, обслуживающая квартиры одного дома, но и центральная отопительная станция, снабжающая теплом ряд домов—целый поселок, квартал или район города. Такая система получила название системы отопления на дальнее расстояние.

Новейшие системы изразцовых печей настолько усовершенствованы по сравнению с громоздкими, неэкономичными голландскими или утермарковскими печами, что начинают конкурировать с центральным отоплением. Новейшие печи отличаются малой высотой, небольшой массой и устройством дымовых каналов в них. Все эти особенности в значительной мере повысили кпд печей. Местное отопление производится также при помощи небольших калориферов, устанавливаемых в подвальном помещении и подающих нагретый воздух по каналам вверх, в жилые комнаты. Эта система воздушного отопления часто применяется в строительстве индивидуальных домов в Америке. В Германии в большом ходу местное водяное отопление. Небольшой котел ставится или в передней или в кухне, нередко в одном блоке с кухонным очагом, от которого проводится циркуляционный трубопровод к комнатным радиаторам. Каждая квартира в таком случае имеет свою собственную отопительную установку.

Централизация отопления может быть доведена до отопления целого города, порайонно, с использованием для этой цели отработанной теплоты больших силовых станций. Учет расхода тепла производится специальными счетчиками.

Газ и электричество начинают получать применение и в отопительной технике, но пока весьма ограниченное.

Вентиляция в небольших жилых домах делается преимущественно только вытяжная; в больших, многоквартирных домах—и вытяжная и приточная. Особое значение при отсутствии устройства искусственной вентиляции приобретает естественное проветривание при помощи открывания оконных переплетов, фрамуг, форточек. Путем соответствующего расположения помещений, оконных и вытяжных отверстий в квартире можно достигнуть надлежащего проветривания помещений.

Сырость, нередко наблюдаемая в жилищах, м. б. различного происхождения—или вследствие дефектов в постройке или, что чаще, вследствие небрежности со стороны обитателей (недостаточная топка, отсутствие проветривания при частой стирке и сушке белья в кухне). К дефектам постройки, вызывающим появление сырости, относятся отсутствие изоляции стен от высоко стоящих грунтовых вод, недостаточная толщина стен, промерзающих или сильно остывающих зимой, или их непроницаемость для воздуха.

По внутренней отделке, оборудованию и обстановке современные Ж. з. отличаются от возведенных до сих пор. Новейшие направления в устройстве Ж. з. касаются не только переоборудования всей санитарной части дома более совершенными приборами, но и обстановки жилых комнат—мебели. Рационализация мебели идет в направлении усовершенствования ее форм и портативности, при чем прибегают к устройству мебели складной или откидывающейся в стенные ниши на время, когда она не нужна,—таковы скамейки, столы, кровати и т. д. В общем все эти усовершенствования в оборудовании жилых и вспомогательных помещений квартиры дают возможность значительно сократить ее площадь до допустимых гигиеной пределов, не лишая вместе с тем обитателей необходимых удобств.

Внешнее оформление современного жилища достигается пропорциональностью масс всего сооружения, ритмичностью чередования и расположения больших гладких поверхностей стен и отверстий в них, формой последних и отделкой внешних поверхностей, для чего пользуются разнообразием видов и цветов штукатурки, совершенно отказываясь от архитектурных форм прошлого.

Конструктивные элементы жилого дома—стены, фундамент, полы, потолки, крыша—выбранные в согласии с местными условиями, создают здоровое, удобное и экономичное жилище.

Стены—существеннейшая часть Ж. з. От стены требуется, чтобы она, удовлетворяя условиям устойчивости и прочности, была малотеплопроводна, достаточно теплоемка, воздухопроницаема, суха и экономична. Массивная кирпичная стена и подобная ей деревянная, рубленая из круглого леса, существующие с незапамятных времен, вполне удовлетворяли всем этим требованиям. Если в настоящее время стремятся их заменить, то только в силу их неэкономичности при современных условиях и достижениях строительной техники. В новых конструкциях стен положительные свойства строительных материалов используются в максимальной степени, но с минимальной затратой как материалов, так и рабочей силы. Толстую кирпичную стену можно заменить более тонкой, пользуясь вместо обыкновенного кирпича особыми его видами, отличающимися меньшей теплопроводностью,—пустотелым, пористым, опилочным, инфузорным кирпичом; с этой же целью применяют также кладку из обыкновенного кирпича, но с прослойками, заполняемыми рыхлыми малотеплопроводными веществами—торфом, шлаком и т. п., или же прибегают к кладке из кирпича особой формы, образующего в стене нужные пустоты, заполняемые потом теплоизоляторами.

В нек-рых случаях, отказываясь вообще от употребления кирпича, заменяют его бетонными пустотелыми камнями или бетоном

особого состава, отличающимся от обыкновенного меньшей теплопроводностью. Эти теплые бетоны получаются путем введения в их состав таких малотеплопроводных материалов, как пемза, шлаки и т. п., или путем изменения структуры их массы, приобретающей более рыхлое, пористое строение (газовый, или ячеистый, бетон). Из такого бетона выделывают камни и плиты для стен и междуэтажных перекрытий. Введение в плиты легкой железной арматуры позволяет доводить пролеты плит до 3 *м*, при толщине ок. 20 *см*. Для устройства стен применяются также плиты, изготовляемые из массы, состоящей из гипса с добавкой к нему волокнистых веществ и утеплителей, или же плиты из магнезиального цемента и деревянных стружек, армированные деревянными брусками (гераклит, тектон). Облегчение массы стены достигается, кроме того, утонением ее до пределов, статически возможных, с последующим утеплением ее теплоизоляторами, изготовляемыми в виде плиты из соломы (соломит), камыша (камышит), торфа (торфолеум), пробки, мха-сфагнума и других подобных материалов.

Каркасные стены, имеющие применение в жилищном строительстве, состоят из деревянного или металлического (сталь, железо) остова с заполнением или обшивкой его различным материалом в виде листов или плит, с засыпкой промежутков или полостей рыхлыми веществами и с добавкой в нек-рых конструкциях слоев смолистых бумаг, уменьшающих воздухопроницаемость стен и предохраняющих их от проникания влаги. Стены «стальных» домов являются одним из видов каркасных стен. Остов выполняется из фасонной стали—тавровой, угловой, корытной и др.; внешняя одежда—из листовой стали толщиной 2—4 *мм*; внутреннее заполнение стен весьма разнообразно, чем в сущности и отличаются многочисленные системы одна от другой. Применяются здесь упоминавшиеся выше плиты, с засыпкой промежутков между ними коксом, шлаком и т. п. материалами. В нек-рых системах вводится второй слой листовой стали. Внутренняя поверхность стен в большинстве систем образуется из гипсовых досок. Толщина «стальных» стен в жилых домах колеблется в общем в пределах от 11 до 20 *см*, в зависимости от системы устройства. Стальные дома, впервые появившиеся в Англии, получили большое распространение в Америке, в загородном строительстве. Вследствие изготовления всех частей дома заводским путем и применения заполнений, содержащих минимальные количества воды, сооружение небольших стальных жилых домов совершается в течение нескольких дней.

В сельском строительстве, при подходящих условиях, для устройства Ж. з. применяют набивные стены, основным материалом для к-рых чаще всего служит глина или известково-песчаная масса. Набивка стен производится при помощи ящикообразных форм. Существуют и другие виды стен—плетневые, вальковые и т. п., в состав к-рых входит глина. Делают стены и из необожженного кирпича—самана. Подобные конструкции стен с успехом применяются на юге.

Междуэтажные и чердачные перекрытия (полы и потолки в жилых домах) в большинстве случаев до сих пор делаются из дерева. Облегчение и упрощение междуэтажных перекрытий достигается сокращением длины перекрываемых пролетов, а следовательно, и размеров балок, уменьшением толщины пиленого материала, идущего на изготовление чистых и черных полов и для подшивки, а также употреблением для засыпки более легкого и малотеплопроводного материала. При устройстве перекрытий по железным балкам заполнение между ними делается такое же, как и при деревянных балках, или же огнестойкое—бетонное, железобетонное, а также из легких и прочных плит. К недостаткам междуэтажных огнестойких перекрытий относится их большая звукопроводность, устранение к-рой вызывает значительные затраты.

Чистые полы в Ж. з. делаются из дерева—дощатые, паркетные—или из искусственных масс, в состав к-рых входят магнезит, хлористый магний и древесные опилки. Такие полы известны под различными названиями—эвбиолит, папиролит, ксилолит и т. д. Совершенно непригодными для жилищ надо признать асфальтовые полы, дающие черную жирную пыль. Бетонные полы, а также плиточные пригодны в ванных, клозетах и, быть может, в кухнях. Линолеум во многих случаях можно с успехом применять как верхний настил полов. От полов требуется, чтобы они, обладая достаточной прочностью, были не жестки, малотеплопроводны, не имели большого количества швов и не давали много пыли.

Крыши (см.) по своей форме м. б. наклонные, с различной степенью крутизны скатов, или плоские. Крутизна крыш зависит от материала кровли. Основными составными частями крыши являются стропила и кровля. Упрощение и удешевление конструкции стропил, несущих не только собственный вес и вес кровли, но и нагрузку от ветра и снега, достигается применением наслонной системы стропил, имеющих 3—4 опоры, в виде промежуточных стоек. Размеры конструктивных элементов наслонных стропил, в силу отмеченных особенностей системы, получаются незначительные, а потому и конструкция в целом получается более легкой и экономичной. Кровли делаются из черного и оцинкованного железа, смолистых бумаг и пластин толя, руберойда и т. п., из гончарной и цементной черепицы, из плиток естественного или искусственного шифера, из больших гладких или волнистых асбоцементных плит и т. д. Чем совершеннее соединение в швах и стыках, тем кровля может быть более пологой.

Плоские крыши, давно применяемые в промышленном строительстве, начинают появляться и в жилищном строительстве. Основной частью плоской крыши является бетонное, железобетонное или, реже, железокирпичное перекрытие, в достаточной степени утепленное и предохраненное от проникания воды. Водонепроницаемость достигается введением в массу бетона особых веществ, напр. церезита, и устройством водонепроницаемых слоев из смолистых бумаг и

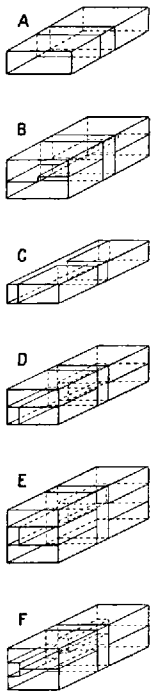
пластин, с промазкой их смолистыми составами (гольццемент, гудроны). Для утепления служат такие же общеупотребительные материалы, какие применяются для утепления стен и потолочных перекрытий,—соломит, камышит, торфолеум и т. д. Верхний слой плоской крыши составляет слой асфальта или же слой бетонных плит, уложенных по бетонной подготовке. Плоские крыши имеют небольшой уклон, в 2,5—5,0%. Вода с крыш отводится при помощи цинковых желобов и водосточных труб, проходящих внутри здания. В некоторых случаях крыша состоит из двух слоев, отделенных воздушным промежутком, при чем верхний, тонкий слой служит собственно кровлей, нижний же—потолком, предохраняющим от потери тепла. Плоские крыши применяются для устройства на них террас, площадок для игр, цветников и соляриев.

Лит.: Сборник руководящих статей по раб. жил. строительству, в. 1, М., 1927; Экономичное жилищное строительство, вып. 1, М., 1927; Вольфензон Г., Планировка рабочих жилищ, М., 1927; Проекты рабочих жилищ, Москва, 1929; Врем. строит. правила и нормы для постройки жилых домов в поселках, М., 1927; Примерные нормы для расчета и проектирования конструкций, применяемых в жил. строительстве, М., 1927; Архитектурно-строит. показатели экономичности проектов жилых домов, М., 1929; «Строительство Москвы», М.; «Жилищная кооперация», М.; «Строительная промышленность», М. **И. Дюмулен.**

Удешевление и рационализация жилищного строительства.

I. Типизация. Экономич. конъюнктура современных городов вынуждает реконструировать прежние типы индивидуального жилища. С одной стороны, вводятся нормальные размеры площадей и высот основных помещений, а равно нормализуется оборудование, что дает возможность стандартизировать основные элементы конструкции и деталей зданий. С другой стороны, отдельно стоящие жилые здания стали соединять в блоки. Независимо от этого, новые социальные условия выдвинули также совершенно новые требования к индивидуальным квартирам. Замкнутая буржуазная квартира становится нерациональной для современных социально-бытовых условий и не соответствует принципам массового жилищного строительства. Современная статистика показывает, что только 40% городского населения в состоянии оплачивать более одной комнаты и, следовательно, 60% населения размещается в многокомнатных квартирах, но нескольку семей в каждой, что создает невозможные бытовые и гигиенич. условия. Это достигает степени социального зла, являющегося следствием обычного решения задачи. Путь к решению проблемы лежит в направлении индивидуализации лишь части жилищных функций, как то: спален, уборных, ванных и обобществления всех прочих потребностей, поглощающих значительную площадь квартир буржуазного типа. Прежние многокомнатные квартиры д. б. заменены трех-, двух- и даже однокомнатными квартирами со всеми необходимыми удобствами; поэтому на Западе и у нас разрабатываются новые схемы жилищных ячеек, основанные на научном исследовании проблемы, на методическом анализе вопросов оборудования, габарита и внутриквартирного движения.

1. Схемы жилищных ячеек. На фиг. 11 приведены схемы пространственного расположения жилищных ячеек городского дома, отвечающие требованиям промышленного города с широкими улицами, машинизированным уличным сообщением, дающим возможность быстрого передвижения, с канализацией, водопроводом, газовой и электрич. сетями. Приведенные схемы разделяются на две основные группы: 1) с ячейками, расположенными по вертикалям лестничных клеток (A и B); 2) с ячейками, расположенными по горизонталям коридоров, освещенных непосредственным дневным светом, при чем вертикальная связь осуществляется лестничными клетками, устроенными по длине коридоров, через каждые 50 *м* (C, D, F). Анализ рассмотренных схем может показать, как меняется эффективность жилищной ячейки, т. е. насколько тяжело ложатся на ячейку пути сообщения и связи. Эта эффективность выражается отношением кубатуры здания к полезной или жилой площади ячеек: чем меньше отношение, тем выше экономич. эффект. Во всех схемах, для удобства сравнения с прежними типами, толщина наружных стен принята в 0,64, т. е. для двух стен—1,28, а толщина междуквартирных перегородок—в 0,20 *м*; глубина корпуса для схем с двусторонним освещением (A, B, F)—10,0 *м* в чистоте, а для схем с частично односторонним освещением (C, D, E)—8,0 *м*.

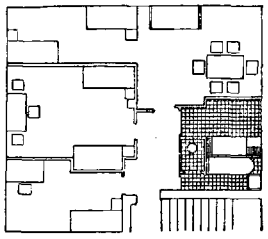


Фиг. 11.

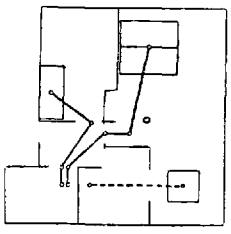
Схема A. Эта схема соответствует общепринятому типу расположения квартир по обе стороны лестничной клетки, со сквозным проветриванием.

На фиг. 12 представлен план обычной трехкомнатной квартиры в такой схеме, с отдельными кухней, ванной и уборной. Рационализированная кухня значительно сокращена против обычных площадей, и за ее счет увеличена жилая площадь соседней комнаты. При ненадобности изолированной кухни, перегородки устраняются, при чем капитального ремонта не требуется, так как имеется готовый «кухонный элемент». Кухонный элемент—это шкаф стандартного размера, вмещающий в себе складной стол, мойку, слив, газовый или электрич. очаг, холодный шкаф, термос, помещение для посуды и пр. и установленный в нише, которая может закрываться портьерой или, лучше, деревянной или металлической шторкой. Когда нужно готовить пищу, шторка открывается; когда же шторка задвинута, весь кухонный элемент ничем не отличается от предметов обычной обстановки. При переходе на общественное питание кухонный элемент может быть выключен из ячейки, благодаря чему увеличивается соответствующим образом жилая площадь квартиры.

Спальные комнаты расположены с одной стороны. Общая жилая комната со спальной кабиной сообщается через окно-передачу с кухней. Наиболее благоприятная ширина корпуса для общей планировки квартиры—9,0 *м* в чистоте. При 10,0 *м* в чистоте, при равноценной жилой площади, увеличиваются без использования (при каркасной системе) вспомогательные площади, и, помимо худшей



Фиг. 12.



Фиг. 13.

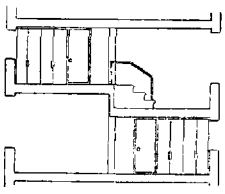
планировки, получаются и худшие измерители. Так, сравнивая три размера ширины корпуса: 9,0, 9,5, 10,0 *м*, при равноценной жилой площади, мы получаем отношение жилой площади к полезной соответственно 0,79; 0,78; 0,77. Отношение кубатуры (считая высоту помещения с перекрытием в 3,35 *м*) соответственно 5,70; 5,62; 5,65.

Экономические измерители.

	При отдельной кухне	При кухонном элементе
Жилая площадь	54,19	60,94
Полезная площадь	69,50	69,50
Кубатура	307,25	307,26
Отнош. $\frac{\text{жил. площ.}}{\text{полезн. площ.}}$ . . .	0,78	0,88
Отнош. $\frac{\text{кубатура}}{\text{жил. площ.}}$	5,67	5,05

Следовательно, переход к общественному питанию, т. е. к жилью с коммунальным центром, радикально меняет рентабельность жилища, одновременно приближая его к типу, отвечающему запросам нового быта.

Следующий вариант того же типа—ячейка в 2 комнаты на 4 чел. из расчета 9 *м*² на 1 чел. (фиг. 13, являющаяся одновременно *и графиком движения* этой ячейки). Все жилые помещения ориентируются на одну сторону. Кухня непосредственно связана со столовой, что дает возможность уничтожения отдельной кухни при переходе к общественному питанию а также превращения ее в кухню-нишу, благодаря чему увеличивается площадь жилой комнаты.



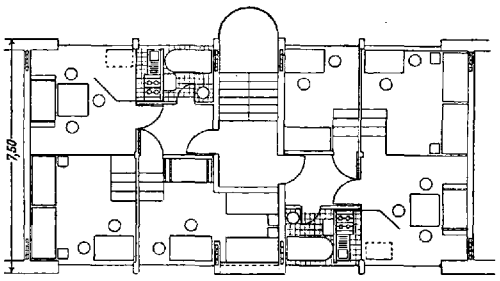
Фиг. 14.

Экономические измерители.

	При отдельной кухне	При кухне-нише
Жилая площадь	35,67	38,87
Полезная площадь	54,15	54,15
Кубатура	228	228
Отнош. $\frac{\text{жил. площ.}}{\text{полезн. площ.}}$	0,66	0,72
Отнош. $\frac{\text{кубатура}}{\text{жил. площ.}}$	6,36	5,86

Стены условно приняты в $2\frac{1}{2}$ кирпича.

Схема В. Характерная черта этого типа—максимальное сокращение высоты вспомогательных помещений (передней, ванной, уборной, кухни), а равно уменьшение общей высоты здания. Высота вспомогательных помещений здесь принята в 2,20 *м* (практически возможно даже 2,10) в чистоте, или 2,50 *м* с перекрытием. Уменьшение общей высоты достигается зеркальным расположением вспомогательных помещений в двух смежных этажах, т. е. над жилыми помещениями каждого нижнего этажа находятся вспомогательные помещения верхнего, и наоборот. Но т. к. вспомогательные помещения должны занимать менее половины общей площади, то на пониженную половину ячейки приходится и нек-рая часть жилой площади; в представленном варианте (фиг. 14 и 15) эта часть жилой площади используется как столовая-ниша, а если отдельная кухня отсутствует и заменяется кухонным элементом, то эта часть служит кухней-столовой. Т. о., для возможности сравнения и для сохранения нормальной кубатуры жилых комнат, высоту непониженной половины ячейки



Фиг. 15.

нужно брать несколько больше нормальной, примерно так, чтобы средняя высота всей жилой площади была равна 2,80 *м* в чистоте. В данном варианте эта высота примерно равняется 2,95 *м*.

Из схемы разреза видно, что в 50% квартир отдельные половины ячейки расположены на разных уровнях и сообщаются лестницами. Площадь этих лестниц при подсчете принималась как нежилая, хотя фактически их площадь соответствует проходным частям обычных комнат типа А. Главным затруднением при проектировании типа В является расположение уборной и ванной над жилыми комнатами. В данном варианте предполагаются 4 канализационных стояка на секцию. Но вполне возможна и такая схема, где количество стояков сокращается до 1 на ячейку, для чего необходимо по возможности приблизить уборную к центру ячейки и расположить ее у стены, разделяющей две смежные ячейки.

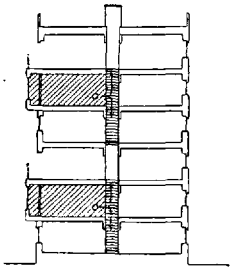
Экономические измерители.

	При отдельной кухне	При кухне-нише
Жилая площадь	36,18	39,12
Полезная »	55,81	55,81
Кубатура	212,24	212,24
Отнош. $\frac{\text{жилая площ.}}{\text{полезн. площ.}}$ . . .	0,63	0,70
Отнош. $\frac{\text{кубатура}}{\text{жилая площ.}}$ . . .	5,86	5,42

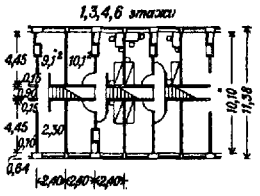
Схема C. Эта схема представляет собою обычный гостиничный тип с односторонним коридором.

Схема D. В этой схеме один коридор обслуживает два этажа, так что необходимо устройство внутренних лестниц.

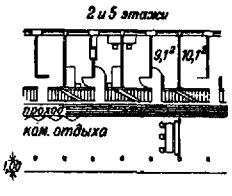
Схема E. В этой схеме один коридор обслуживает три этажа. Следовательно, общая потеря полезной площади под лестницы, имея в виду, что используется $^1/_3$ площади в первом этаже и $^1/_3$ площади во втором этаже, составляет $^7/_9$ общей площади. Здание составляется из трехэтажных блоков, т. е. может быть 3-, 6- и 9-этажным. На фиг. 16—18 изображен 6-этажный вариант этого типа, представляющий собою коммунальн. Ж. з. типа общежития на 360 чел. с комнатами для 1 человека. В каждой части распределение живущих по комнатам происходит по среднему этажу, в к-ром расположен магистральный коридор, обслуживающий три этажа. Из этого коридора можно подняться или же опуститься по небольшой открытой лестнице на площадку смежного этажа. Каждая такая лестница обслуживает с площадки четыре комнаты. В совокупности эти лестницы образуют систему, освещенную с крыши; благодаря этому самое глубокое и обыкновенно самое темное место будет всегда освещаться небом и даже прямыми солнечными лучами, если корпус стоит по меридиональной линии. Через эти же лестницы получает дополнительный свет и общий распределительный коридор, к-рый, кроме того, имеет по всей своей длине и боковое освещение.



Фиг. 16.



Фиг. 17.



Фиг. 18.

Этот коридор настолько широк (4,45 *м*), что ближайшая к окнам часть может трактоваться как коммунальное помещение.

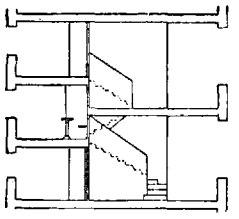
Площадь коммунальных помещений делится занавесками, передвижными перегородками или мебелью на произвольные части. Благодаря этому неиспользованная в данное время площадь столовой может выполнять какие-либо другие функции. Столовая разбита на две части, помещенные по вертикали одна над другой во 2-м и 5-м этажах. Кухня находится во 2-м этаже. С улицей эти этажи сообщаются двумя основными лестницами, около к-рых сосредоточены уборные и умывальные. Коридор 5-го этажа обслуживается лифтом у каждой основной лестницы; т. о., исключается необходимость подниматься по лестнице в верхнюю половину дома, а лифт м. б. автоматическим, т. к. имеет только один пробег до 5-го этажа.

Кубатурный коэффициент этого типа меньше, чем у обычных форм Ж. з., чем опровергается общепринятый взгляд, будто жилые ячейки с малой жилой площадью экономически невыгодны. В самом деле, если принять высоту комнат в 2,80 *м*, а толщину стен—в 0,64 *м*, то получаем:

Высота дома	19,30 *м*
Кубатура	19,30×11,38×87,4=19 280 *м*³
Жилая площадь . . .	9,6×360= 3 456 *м*²
Отнош. $\frac{\text{кубатура}}{\text{жилая площ.}}$	5,58 (без комнат отдыха и столовой)
	4,95 (включая комнаты отдыха и столовую)

При средней площади комнат 9,60 *м*² коммунальных помещений приходится 1,23 *м*² на человека.

Схема F. Основная черта этой схемы заключается в том, что вспомогательные помещения, коридор и спальные ниши устраиваются минимальной высоты (2,20+0,30 = =2,50 *м*) и располагаются друг над другом таким образом, что на три высоты вспомогательных помещений приходится две высоты жилых комнат. Следовательно, общая высота двухэтажного комплекса составляет 7,50 *м*. В этой схеме внутренние лестницы, ведущие из коридора в ячейки, можно делать открытыми в общий объем ячейки, что позволяет считать их полезною площадью, как и внутренние коридоры, передние и т. п. Разрез этого типа, изображенный на фиг. 19, уясняет расположение: с одной стороны—высокая жилая часть комнаты, с другой—понижен потолок спальной ниши; в верхнем этаже несколько повышен (на 6 ступеней) пол спальной ниши, и в разнице этих высот между двумя спальными нишами получается светлый коридор, идущий вдоль всего дома. Из коридора, спускаясь или поднимаясь, жильцы попадают в свои квартиры. На фиг. 20, 20а и 20б представлены соответственно планы первого, коридорного и второго этажей.



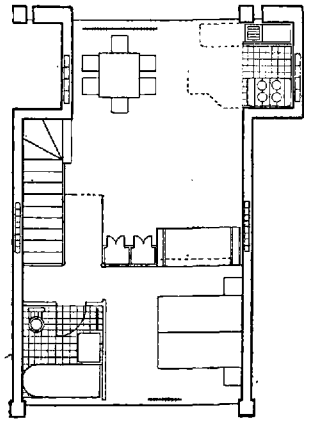
Фиг. 19.

Отношение кубатуры к жилой площади в этом типе равняется примерно 5,70 и, следовательно, уже дает значительную экономию по сравнению с обыкновенным жилищем. Каждая ячейка, площадью 31, 30 или 27 *м*², смотря по варианту, состоит из одной комнаты, при чем одна ее часть—жилая—имеет высоту 3,50 или 3,20 *м*, а другая—2,25 или 2,15 *м*, смотря по варианту. В пониженной части, представляющей нишу, освещенную прямым светом, помещаются кровати. Здесь расположены в отдельном помещении уборная и ванная (или умывальная). В жилой части комнаты находится кухонный элемент.

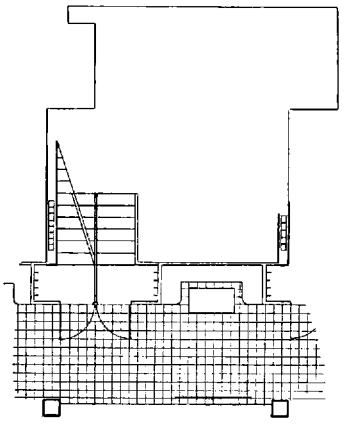
При полной изолированности такой однокомнатной квартиры артерией коммунального общения является абсолютно светлый коридор шириной около 3,0 *м*. Летом стекла коридора раздвигаются, превращая коридор в террасу. В коридоре возле каждой ячейки имеется светлая ниша со столом и скамьей,

где можно читать и отдыхать. Этот же светлый коридор ведет в коммунальный центр, где расположены: столовая, кухня, читальня, детская комната и комната для игр.

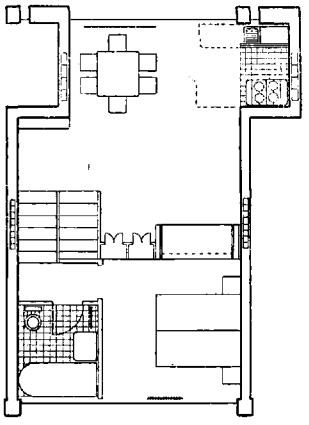
II. Облегченные конструкции. Весьма существенной мерой для борьбы с жилищным кризисом является введение облегченных и удешевленных конструкций жилищн. строительства, к-рые при минимальной стоимости и без применения дефицитных строительных материалов удовлетворяли бы наиболее насущной нужде в жилищах. В настоящее время разработан целый ряд таких облегченных и удешевленных типов построек, к-рые подразделяются на три основные группы, согласно признакам, приведенным в табл. 1 и 2. Группы *А* и *Б* представляют собою деревянные дома, здания же группы *В* относятся к каменному строительству.



Фиг. 20.



Фиг. 20а.



Фиг. 20б.

I. Здания групп *А* и *Б*, в зависимости от конструкции и заполнения стен, разделяются, в свою очередь, на след. виды.

1) Стоечные засыпные—имеют облегченный стоечный деревянный каркас с нижней и верхней обвязкой, обшитый с обеих сторон тесом или же фанерой. Засыпка производится землей, опилками, высушенным торфом, сфагнумом, лузгой, кострикой и т. п., при чем загнивающие материалы предварительно обрабатываются раствором медного купороса. Снаружи и изнутри стены обиваются дранью и обмазываются глиной или известковым тестом с примесью сфагнума; фанера м. б. покрыта краской. Для группы *Б*—все материалы более высокого качества, и стены, вместо обмазки, покрывают штукатуркой. Долговечность зданий зависит от сухого и здорового состояния леса и качества засыпки.

2) Стоечные обшивные с термощитами—отличаются от предыдущих тем, что в них вместо засыпки употребляются готовые органич. термощиты из сфагнума, торфолеума, камышита, шевелина, морозина и т. п., прикрепляемые при помощи отдельных тесин к внутренней поверхности наружной обшивки. Стены таких построек обычно тоньше, чем в засыпушках, дерево сберегается на внутренней обшивке, и сборка производится быстрее. Прозоры между щитами и каркасом закрывают войлоком, раствором глины или алебастра с войлоком.

3) Стоечно-щитовые постройки. Здесь, вместо обшивки каркаса как внутренней, так и наружной, употребляются лишь термощиты, имеющие достаточную собственную прочность и жесткость (например камышит, теплая фанера В. А. Андреевского).

4) Каркасная термоупругая конструкция заключается в помещении термощитов между двумя проволочными сетками (арматурами), натянутыми снаружи и внутри каркаса, в плоскости будущей обмазки или штукатурки. Этот способ применим для всяких каркасов и для любой этажности. Сетка изготовляется из проволоки 2—4 *мм*, с промежутками 20—40 *см* между нитями. Сначала укрепляют одну из сеток и устанавливают щиты на глине с проволочной обвязкой, а затем натягивают

Табл. 1.—Классификация облегченных конструкций жилых зданий.

Группа	Материал	Число этажей	Срок службы в годах	Огнестойкость	Отделка	Назначение
А	Дерево невыс. качества	1—2	5—15	Полуогнестойкое	Глиняная обмазка	Для краткосрочных предприятий
Б	Дерево выдержанное	1—2	45	Огнестойкое	Штукатурка	Поселковое массовое строительство
В	Камень Кирпич Железобетон	1—3 Любой этажности	60	Огнестойкое	Штукатурка	Капитальное городское строительство

Табл. 2.—Части домов облегченной конструкции.

Название	Группа *А*	Группа *Б*	Группа *В*
Фундамент	При 1-этажных зданиях и хорошем грунте—поверхностные столбики; при 2-этажн. зданиях и плохом грунте—засыпка нижней трети котлована и возведение столбика на высоту цоколя	При 1-этажном здании и хорошем грунте—столбики на частичном заполнении котлована; при 2-этажном здании и плохом грунте—столбики на всю глубину. Столбики м. б. соединены по цоколю тонкой стенкой	Отдельные столбы, утопленные стены со столбами или сплошные с нишами; вместо бута—бетон из крупного гравия. Железобетонные сваи и кессоны для утонения—с косвенным армированием
	Сплошные каменные фундаменты под деревянные здания запрещаются (кроме подвалов)		
Полы	Землебитные, глинобитные; деревянные—на лагах с подсыпкой	Деревянные, на лагах. В перекрытиях черный пол служит потолком	—
Перекрытия и стропила	Дощатые потолочные балки служат затяжками висячих стропил. Потолки ординарные с легкой засыпкой. Снизу белятся или обмазываются глиной и белятся, красятся, обиваются картоном и пр.	Затяжки стропил могут служить балками перекрытия. Засыпка облегченная по промазке глиной	В железобетонных перекрытиях—силикат-органические термоблоки, косвенное армирование и сталебетон. При железных и деревянных балках—легкие силикатные засыпки и блоки Деревянные стропила покрыты огнестойкими составами или термоодеждами по сеткам. Железные стропила окутаны термоодеждами по сеткам
Перегородки	Из горбылей, обмазанных глиной, на щитовых материалах	Из плит, стоечные щитовые, каркасо-упругие, оштукатуренные с обеих сторон или затертые	—
Кровля	Глино-соломенная, глино-обмазная по тесу, толевая, гонтовая	Руберойд, толь, черепица, шифер, тес, гонт	Торкретбетон по сетке, асбесто-цементный бетон, бетон с железн. опилками, с перезитом по сист. Монье

вторую сетку по другую сторону щитов. Перед обмазкой сетка дополняется частым плетением вязальной проволокой, которая должна обвивать и каркас, или же под сетку заводится дранка. Такие же сетки могут применяться и для перегородок, с заполнением тонкими щитами, стружками и т. п. материалами. Возможны целые стандартные щиты для перегородок, потолков и пр.

Так как здания группы *А* удовлетворяют лишь временным потребностям, то весьма важной является разработка разборных конструкций. Простейшим типом такой конструкции является разборный деревянный стоечный каркас со щитами из теплой фанеры В. А. Андреевского. Щиты д. б. укреплены как по периметру, так и по полю во избежание повреждения заключенного внутри сфагнума. Целесообразно заменять деревянную фанеру листами цинка, оцинкованного железа и пр. В. А. Розов предлагает укреплять щиты со всех сторон тонкой обмазкой магнезиальным цементом по частой сетке.

II. В зданиях группы *В* облегчение достигается применением таких материалов и конструкций, которые дают или уменьшенную нагрузку или же повышенную прочность. Уменьшенная нагрузка достигается тремя типами конструкции стен.

1) Бескаркасная система применима для 1—3-этажных зданий, а равно для верхних этажей многоэтажных каменных зданий. Для этих стен пригодны следующие материалы. а) Камни или блоки с объемным весом 1 000—700 *кг/м*³ и временным сопротивлением 45—15 *кг/см*², а именно: трепельный обожженный кирпич, пустотелый кирпич, кладка из камней Тернавского или Амби (засыпаемая шлаком), немзо-известковые камни, силикатные блоки с органич. волокном («московский саман», состав: 1 об. ч. портландского цемента, 1 ч. извести, 2 ч. трепела, 5 ч. песка, 4 ч. сфагнума, или: 1 ч. портланд-цемента, 2 ч. извести, 3 ч. трепела, 4 ч. сфагнума, с добавлением в обоих случаях 1% едкой щелочи и 2% асидола или олеонафта). Приближенный расчет толщины k стен, эквивалентной рубленым стенам, определяется по ф-ле $k = \frac{W}{28}$, где W—объемный вес материала стены в *кг/м*³. б) Кладка сист. Герарда. в) Кладка в 1 и $^1/_2$ кирпича с защитой термоплитами.

2) Каркасная термоупругая конструкция состоит из железобетонного или железного каркаса, несущего всю нагрузку. Заполнением служат легкие термоплиты или термоблоки об. весом 700—800 *кг/м*³, охваченные прочными сетками (арматурами). Арматуру делают из проволоки 4—6 *мм* с промежутками 20—40 *см* между нитями. Сетки должны отходить от поверхности стен примерно на 8—10 *мм*, что достигается заведением проволочных нитей. Железобетон-

ные колонны, пояса перекрытий и т. п. при надобности отепляются пилястрами и поясами из тех же изоляционных материалов и перед штукатуркой притягиваются сетками к основной конструкции.

Для заполнения могут служить указанные выше материалы и термоблоки различного состава, смотря по требуемой прочности и термоизоляции. Для штукатурки применяются исключительно сложные пуццолановые растворы. В местах необходимого усиления прочности стены, например по цоколю внизу, на определенной высоте возможно специальное усиление сетки второю арматурою и утолщение слоя штукатурки. Толщина блоков рассчитывается по указанной выше формуле; общая толщина стены, включая две штукатурки, получается, в зависимости от объемного веса материалов, от 28 до 13 *см*. При достаточно легких заполнениях и косвенно армированном железобетонном каркасе такие стены, будучи вполне огнестойкими и долговечными, выходят не тяжелее рубленых, т. е. примерно в 10 раз легче кирпичных.

3) Капитальные каркасные многоэтажные конструкции с заполнением. Эти конструкции, несмотря на возможные и здесь облегчения, значительно уступают в этом отношении предыдущему виду. Здесь м. б. следующие варианты несущих каркасов: 1) каменные (кирпичные, бетонные) столбы при таких же перемычках по железным и железобетон. балкам; 2) железобетон. каркас; 3) клепаный металлич. каркас. При этом возможны следующие способы облегчения: а) кладка Вутке, пустотелый кирпич об. в. 1 100—1 200 *кг/м*^{3}, артикский туф, ракушечник, пустотелые бетонные и шлакобетонные камни, теплобетонные камни, газобетон; б) кладка Герарда, при условии скрепления ее со столбами помощью полосового железа; в) заполнение легкими термоизоляционными материалами об. в. 1 000—700 *кг/м*^{3}, при толщине заполнения 35—25 *см* (без штукатурки), но при условии надежного укрепления поверхности (помощью штукатурки сложными пуццолан. растворами, проволочных сеток из печной проволоки, наружной защиты стенками Прюсса в $^1/_4$ кирпича и т. п.); г) применение тех же материалов, что и при каркасной термоупругой конструкции, об. весом 700—500 *кг/м*^{3}, но при условии облицовки наружной поверхности стенками Прюсса, кирпичной кладкой в $^1/_2$ кирпича на полосовом железе, тонкой железобетонной стенкой, при чем выпускаются внутрь проволочные поперечные арматуры для натяжения сетки на поверхности изоляции с внутренней стороны. Чисто органич. изоляция, как неравноценная камню, не рекомендуется, за исключением лишь силикат-органических изоляционных материалов.

Так как толщина стен зависит, кроме условий прочности, и от теплоизоляционных свойств материала, то к способам облегчения конструкции относится также применение т. н. теплой кладки, дающей возможность утонения стен. Нормою в данном случае являются стены в 38—40 *см* ($1^1/_2$ кирпича), термически эквивалентные сплошным стенам в $2^1/_2$ кирпича. Этажность зависит от нагрузки и прочности теплой кладки, но нижние этажи таких многоэтажных зданий могут быть специально усилены каркасом или другими способами. Объемный вес кладки «теплых» стен в среднем равняется 1 400—1 100 *кг/м*^{3}. Для теплой кладки применяются: обожженный пористый и пустотелый, а равно силикатный пустотелый кирпич, об. в. 1 400—1 100 *кг/м*^{3}, теплобетонные камни, об. в. 1 400—1 100 *кг/м*^{3}; набивка из теплого бетона; прочные бетонные пустотелые камни, об. в. 1 300—1 100 *кг/м*^{3}; глиняно-трепельные обожженные камни об. в. 1 200—1 100 *кг/м*^{3}; артикский туф; ракушечник; шанцевая кладка из обыкновенного кирпича с пустотами; комбинированная кладка из обыкновенного и пористого кирпича; кладка из обыкновенного кирпича со сфагнумовыми гудронированными термовкладышами; кладка Вутке в $1^1/_2$ кирпича с трехслойными тонкими прокладками.

Из способов повышения прочности конструкции наиболее эффективным является косвенное армирование, применимое ко всем материалам, твердеющим без обжига (бетон и железобетон), а ныне распространяемое и на каменную кладку. Значение косвенной арматуры вытекает из т. н. третьей гипотезы прочности. Повидимому, разрушение материала, в том числе и камня, как при сжатии, так и при растяжении вызывается гл. обр. скалыванием. Как известно, скалывающие силы при растяжении парируются армированием бетона или камня в направлении растяжения. Что же касается сжатия, то естественные силы трения, возникающие при этом в материале и препятствующие скалыванию, могут быть увеличены, если искусственно затруднить поперечное расширение материала, которое наблюдается при сжатии. Это поперечное усиление и достигается посредством поперечного косвенного армирования. Арматурой при этом могут служить, во-первых, всевозможные обоймы, спиральные обмотки, а во-вторых—поперечные сетки и волокна (фибры), расположенные по всему поперечному сечению сжимаемого элемента. Первый способ принадлежит Консидеру, а второй—более универсальный—разрабатывается у нас с 1907—08 гг. Косвенное армирование превращает такие хрупкие материалы, как бетон и камень, в материалы пластические и позволяет не только увеличить расчетное напряжение, но и понизить запасы прочности с 8—10-кратных, как это было принято до сих пор для камня, до 6—4-кратных, установленных для прочих, более надежных материалов.

В настоящее время возможны следующие виды косвенно армированных конструкций.

1) Косвенное армирование несущих каменных частей и конструкций. Косвенное армирование, в виде сеток в горизонтальных (нормальных к силам сжатия) плоскостях кладки или в виде охвата их спиральной обоймой, позволяет уменьшать объем несущих частей более чем вдвое. В первом случае эффект армирования тем выше, чем тоньше швы кладки (кирпич, постелистый камень); при обоймах же толщина швов кладки не имеет значения.

2) Заполнение опор косвенно армированным бетоном. Вместо сплошной кладки может оказаться целесообразным применять опоры и столбы, лишь облицованные кирпичом или камнем, с заполнением середины кладки бетоном и перекрытием всего сечения кладки сетками косвенного армирования. Благодаря сеткам все сечение столба, не исключая и облицовки, участвует в восприятии нагрузки.

3) Обоймо-футлярные колонны. Полые футляры, стаканы, кольца и целые трубы, заключающие в себе спиральную арматуру, укрепленную легкими продольными стержнями и вынесенную возможно ближе к внутренней поверхности, м. б. изготовляемы на особом з-де в виде готовых стандартных частей. При постройке эти футляры надеваются на установленную продольную арматуру и бетонируются сверху: колонна сразу оказывается способной нести нагрузку, отвечающую силе косвенной арматуры, и производство работ может продолжаться без перерыва. Бетон д. б. подобран так, чтобы давать возможно меньшую усадку.

4) Стандартные армированные части. Затруднения, связанные с укладкой частых сеток из тонкой проволоки или примешиванием железного волокна, м. б. избегнуты, если соответственные стандартные части изготовлять особо, на з-де или на дворе постройки. По этому приему можно изготовлять отдельные секции для колонн, клинья для арок и т. п. с содержанием частых сеток, железного волоса или комбинации того и другого. Если их подвергнуть еще прессованию в процессе изготовления, то можно достичь весьма высокой прочности: вполне возможно получить камни, обладающие через месяц по их изготовлении временным сопротивлением в 1 000—2 000 *кг/см*².

Строительные материалы. Стремление к удешевлению строительства, а равно испытываемый в настоящее время повсеместно недостаток в основных материалах побудили строительную технику как у нас, так и за границей перейти к применению новых материалов, к-рые, удовлетворяя необходимым статич. и санитарно-гигиенич. требованиям, содействовали бы дальнейшему экономич. эффекту облегченных конструкций. Вместе с тем при выборе этих материалов необходимо считаться с экономич. классификацией зданий (сроки долговечности), с сырьевыми базами каждого района и с возможностью доставки материалов на место работ. Поэтому ниже будут указаны те материалы, которые могут найти широкое применение в наших условиях.

1. Естественный камень (см. *Камни строительные*)—ракушечник и вулканический туф. Значительные размеры глыб, которые можно получить из естественного камня, дают экономию в растворах при кладке стен, а равно требуют гораздо меньшего количества рабочей силы, благодаря возможности механизировать как производство самих камней, так и строительные работы. Большинство естественных камней обладает значительным временным сопротивлением сжатию, что позволяет применять их в наиболее ответственных частях конструкции. Для фундамента и цоколя следует употреблять предпочтительно бутовый камень, заменяющий кирпич.

Вследствие значительн. объемного веса почти все камни естественного происхождения м. б. использованы для дешевого строительства только в районах месторождений. Ракушечник (раковистый известняк) добывается на Черноморском побережьи и имеет различное временное сопротивление сжатию, смотря по месторождению; он находит применение для заполнения рамных систем или для самостоятельной кладки жилых зданий до 3 этажей. Коэфф. теплопроводности 0,25—0,35, что дает для толщины стен 40—50 *см*. *Жилые здания, возводимые из ракушечника*, необходимо штукатурить.

Вулканический туф (артикский, тибердинский и др.) имеет довольно значительный вес (до 1 000 *кг/м*³), и потому район применения этого материала ограничен расстоянием в 700—800 *км* от месторождения, несмотря на значительную экономию, которая получается при постройке домов в результате сокращения толщины стен до 35—40 *см*. Туфы, имеющие временное сопротивление сжатию 70—90 *кг/см*², м. б. применяемы для кладки наружных стен, для междуэтажных перекрытий, а также для внутренних перегородок. Для защиты от внешних атмосферных осадков необходима штукатурка.

2. Известь. Известь находит все большее применение в дешевом строительстве при замене портландского цемента в растворах для кладки не только в сельских, но и городских постройках. Соответственно с этим сокращается потребление цемента в ряде менее ответственных частей конструкции. Так, цемент можно заменять известью в кладке стен, перемычек, арок и т. п., не подверженных сотрясению, и для напряжений в кладке, не превышающих 10 *кг/см*²; для кладки фундаментов в сухих грунтах; для штукатурки стен и потолков, когда они не подвергаются постоянному действию сырости; для архитектурной обработки фасадов и внутренних помещений; для термо- и звукоизоляционных смазок.

Весьма большое применение получили различные композиции с известью, как то: известково-шлаковые камни, известково-пемзовые камни, известково-зольные кирпичи, известково-песчаные кирпичи, известково-диатомовые (трепельные) кирпичи, известково-диатомо-шлаковые кирпичи, известково-диатомо-сфагнумовые блоки и т. п. Все эти известковые композиции м. б. применяемы в кладках стен различных конструкций, в зависимости от их теплопроводных и статич. качеств. В виду долгого сохранения влаги в извести и медленного просыхания стен, возводимых на известковом растворе или из камней и блоков, содержащих известь, постройки носят двухсезонный характер.

3. Глиняный строительный кирпич, обладающий временным сопротивлением сжатию 80—120 *кг/см*², применялся до настоящего времени не только в качестве материала для несущих конструкций, но и для термоизоляции. Вследствие значительной плотности кирпича, а следовательно, и большого его объемного веса,

теплопроводные свойства его требовали значительной толщины стен, которая для центрального района СССР установлена в 64 *см*. В настоящее время в рациональных Ж. з. кирпич применяется как материал для столбов, для кладки Герарда, Вутке и других облегченных конструкций, для печной кладки или же сочетается с каким-либо другим термоизоляционным материалом (гераклит, фибролит, торфолеум и пр.).

Глиняный пористый кирпич приготовляется из глины, смешанной с выгорающими при обжиге примесями: опилками, торфом, каменноугольным порошком. В зависимости от количества примесей получается различная пористость. Для того чтобы кирпич имел необходимое временное сопротивление сжатию 40—50 *кг/см²*, оптимальная пористость должна составлять 30—35 %.

Благодаря пористости коэфф. теплопроводности кирпича сильно уменьшается. Пористый кирпич находит применение для термоизоляционного заполнения междурамных пространств в каркасных системах и для внутрен. ряда в сплошной кладке наружных стен. Кроме того, он м. б. применяем и для термоизоляции междуэтажных перекрытий.

Глиняный пустотелый кирпич имеет внутри пустоты различной формы и различных размеров (3—8 *см* в диам.). Прочность пустотелого кирпича почти не отличается от прочности обыкновенного, при весе на 25—40 % меньшем. Временное сопротивление сжатию достигает 70—80 *кг/см²*. Коэфф. теплопроводности зависит от количества и размеров пустот. Пустотелый глиняный кирпич применяется там же, где и пористый кирпич. Для кладки тычком употребляются кирпичи с поперечными пустотами, для ложковой кладки применяются кирпичи с продольными пустотами.

4. Трепельный кирпич изготовляется из трепела (инфузорная земля, кизельгур). Породы трепела в различных районах различны. Основные свойства трепела—малая теплопроводность и гидравличность. Поэтому он применяется в качестве добавок для теплых бетонов, для изготовления трепельного кирпича, термоблоков и пр.

Обожженный трепельный кирпич м. б. изготовлен из чистого трепела или же с примесью 20—40 % глины; размеры этого кирпича те же, что обыкновенного стандартного: 25 × 12 × 6,5 *см*. Временное сопротивление сжатию при хорошем обжиге м. б. доведено до 120—140 *кг/см²*. При увеличении темп-ры печи свыше 900° можно получить пережженный трепельный кирпич, который совершенно утрачивает гигроскопичность и потому не нуждается в штукатурке.

Сплошной трепельный кирпич вследствие низкой теплопроводности применим для кладки наружных стен толщиною в 1—1½ кирпича, смотря по климату, и до 4 этажей. Он м. б. употребляем и в качестве термоизоляционного заполнителя для каркасных стен.

Пористый трепельный кирпич имеет те же размеры; временное сопротивление сжатию, объемный вес и теплопроводность зависят от пористости. Служит в качестве термоизоляционного заполнения в рамных конструкциях, для самостоятельной кладки стен невысоких зданий и для междуэтажных перекрытий. В виду гигроскопичности нуждается в штукатурке.

5. Силикатный (известково-песчаный) кирпич обладает временным сопротивлением на сжатие 120 *кг/см²*, применяется в тех же случаях, как и обыкновенный красный кирпич (за исключением фундаментов): в местах соприкосновения с углекислыми водами, в помещениях, подвергающихся действию пара и резких перемен темп-ры; в местах, подвергающихся непосредственному воздействию пламени (печи и дымоходы).

6. Бетоны, как и железо, являются хорошими проводниками тепла и звука, и поэтому в наружных стенах домов применимы лишь при условии утепления (общубовки) наружных поверхностей. Приемы утепления стен бывают различны. Во Франции утепление производят изнутри путем установки внутренней кирпичной стенки или алебастровой перегородки, оставляя между внутренней и внешней стенами воздушное пространство в 6—7 *см*. В центральной полосе СССР рекомендуется утеплять стены снаружи, что дает более правильный тепловой режим как для самой стены, так и для внутренних помещений дома.

Принцип дифференцирования отдельных элементов конструкции на несущие нагрузку и изоляторы для тепла, влаги и звука дает интересное решение при бетонных конструкциях в виде несущего каркаса и заполнения из пористого бетона. Плиты из пористого бетона обладают незначительным объемным весом 350—450 *кг/м³*, малою плотностью, плохо проводят тепло и звук и способствуют, благодаря своим ячейкам, вентиляции (см. *Газобетон*).

В Голландии применяется для дешевого строительства зернистый бетон (корнбетон), который состоит из шлака (размером зерен 2,5—3 *см*) и 1/9 об. части первосортного цемента медленной схватки. Отсортированный шлак расстилается тонким слоем и оставляется в течение нескольких дней на открытом воздухе. Затем его смачивают до насыщения и перемешивают. Размоченный шлак смешивается с сухим цементом в механич. мешалках или вручную. Заготовленный т. о. материал формуется в ящиках или специальных формах. Этот материал употребляют для кладки фундаментов, стен, перегородок, лестниц и т. п., при чем меняют размер шлаковых зерен и количество цемента в зависимости от назначения кладки. При условии постройки в одном районе ок. 30 домов одного типа расход на формы и модели вполне окупается, и постройки обходятся дешевле на 15—20% по сравнению с кирпичными или каменными. Можно употреблять доменный кремнистый, угольный шлак или даже шлак мусоросожигательных печей, а также кричный шлак.

Для балок и перекрытий возможно применение *деревобетона* (см.), для приготовления к-рого необходимо только 20 % того количества дерева, которое расходуется при применении обыкновенных деревянных балок, при чем дерево требуется незначительной длины. Перекрытие из деревобетона обходится на 25 % дешевле железобетонного.

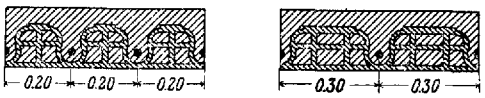
Бетонные камни, получаемые путем формовки, размером 30×20×40 *см*, представляют собою весьма удобный материал, т. к. из них можно получать непосредственно необходимую толщину стен. К этим камням по большей части относятся весьма недоверчиво, т. к. зачастую они выпускаются с очень малым количеством вяжущих веществ и изготовляются ручным способом или в прессах со слабым давлением. При условии тщательной выработки они с полною безопасностью могут быть применяемы для этажей выше первого. Одной из подходящих композиций является смесь 3 ч. песка, 5 ч. гравия и 1 ч. портландского цемента. В Лотарингии применяется искусственный камень «полилит», получаемый из смеси осколков местных камней с вяжущим веществом, составленным из доломита, тонкого песка, пылевидного кремния, хлористой магнезии и сульфата магнезии. Все это выливается в жидком состоянии в формы, где быстро твердеет. Удельный вес такого камня 2,1. Углы стен кладутся всухую, т. е. без раствора. Симметричность расположения пустот в массе камней дает возможность заливать их жидким бетоном, и, таким образом, после заливки они образуют монолит. Для более ответственных конструкций в эти отверстия закладывают железные прутья, так что получаются армированные столбы.

Легкие бетоны (из шлака или пемзы), употребляемые в виде набивки стен или камней, обладают благодаря своей пористости способностью пропускать не только воздух, но и воду. Во избежание последнего неудобства на стены необходимо наносить соответствующий защитный слой из штукатурки или из плиток.

Шлак может также употребляться для производства крупных бетонных камней различного состава, в зависимости от назначения: для фундамента, для стен подвалов, железошлакобетона, литых плит и т. д. В Голландии и Германии из этих конгломератов делают железобетонные плиты, из к-рых составляют внутренние и наружные стены, скрепляя их между собою кольцами или вертикальными железными прутьями.

Быстрое возведение монолитных зданий из отдельных очень крупных частей м. б. достигнуто по способу Лансета, заключающемуся в том, что на особом передвижном или постоянном заводе изготовляются отдельные части постройки, укладываемые затем на место при помощи подъемных кранов. Монолитность такой постройки достигается путем скрепления отдельных железобетонных элементов цементным раствором.

7. Отходы лесопильного производства. В ряде районов СССР для дешевого строительства с успехом могут применяться некоторые отходы лесопильного и деревообделочного производств. Так, сосновая или осиновая стружка, скрепленная магнезиальным цементом, дает материал наподобие германского гераклита или фибролита, который благодаря своему малому коэффициенту теплопроводности и малому объемному весу (300—400 *кг/м*³) весьма пригоден для ряда конструкций стен, перекрытий, в качестве заполнителя каркасной системы или утеплителя стены в 1 кирпич. В случае установки такой плиты снаружи кирпичной стены, плиту необходимо изолировать влагонепроницаемой штукатуркой. Такая плита толщиной в 14 *см* может служить заполнением фахверковых стен жилых зданий в средней полосе СССР. Равным образом и опилки могут находить применение для изготовления пористого кирпича и



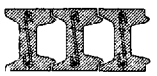
Фиг. 21.

для т. н. ксилолитов, которые представляют собою смесь магнезиального цемента с мелкими частями дерева.

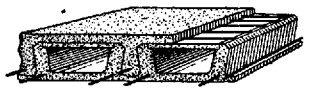
8. Готовые части зданий. Для рационального строительства все большее применение получают заранее заготовляемые части зданий.

Перекрытия и полы. В тех случаях, когда нагрузки невелики, а к таким именно относятся дешевые жилищные постройки, для потолочных перекрытий можно частично или полностью обходиться без опалубки и подпор. Это достигается перекрытиями Кристена, к-рые состоят из армированных балок (из жидкого цемента), формуемых заранее и укладываемых на место на расстоянии 75 *см* между осями.

Для ускорения устройства потолков заранее заготовляют обрешетку, к к-рой прикрепляют готовые плиты, соединяемые с балками и между собою. Эта обрешетка состоит



Фиг. 22.



Фиг. 23.

из планок, дубовых, сосновых или бамбуковых, переплетенных между собою оцинкованной проволокой (фиг. 21).

Перекрытия Галлера состоят из двутавровых железобетонных балок с нек-рыми внутренними пустотами для облегчения, высотой 14—20 *см*. Форма верхних полок такова, что они как бы укладываются одна в другую и сцепляются (фиг. 22).

Полы Гефа состоят из легких заранее отлитых балок, образующих как бы опалубку, заполняемую заранее заготовленными железобетонными плитами. Между этими балками остаются пустоты, но заполнений бетоном образующие как бы лаги для укладки пола. Полы Рожера состоят из железобетонных балок и пустотелых плит, при чем для некоторых типов перекрытий частично употребляют и дерево. Балки и плиты изготовляются либо на заводах либо непосредственно на постройках (фиг. 23).

Крыши. Крыши укладываются из плит, отлитых в форме черепиц, размерами 1—1½ *м* ширины и 2—3 *м* длины. Эти плиты кладутся непосредственно на бетонные балки, заменяющие стропила и прогоны.

Кроме черепицы и естественного шифера, употребляют также искусственные материа-

лы—смеси цемента с различными волокнистыми материалами. Обычно такой материал идет на крыши со слабым уклоном (20°); 1 $м^2$ такого материала весит не более 15 *кг*, и поэтому укладка производится на крыше без нижней обрешетки.

Лит.: Некрасов В. П., Новый железобетон, М., 1925; «Современная архитектура», М., 1926—29; «Новое строительство», М., 1929; Taut B., Die neue Wohnung. Die Frau als Schöpfer, 5 Aufl., Lpz., 1928; Taut B., Ein Wohnhaus, Frankfurt a/M., 1927; Schuster F., Eine eingerichtete Kleinstwohnung, Frankfurt a/M., 1927; Schuster F., Ein eingerichtetes Siedlungshaus, Frankfurt a/M., 1928; «Probleme des Bauens», hrsg. v. F. Block, Berlin, 1928; Die kleine Wohnung in d. Ausstellung «Heim und Technik», Verl. Callway, Mch., 1928; Bau u. Wohnung. Die Bauten d. Weissenhofsiedlung in Stuttgart, hrsg. v. Deutschen Werkbund, Stg., 1927; «Die Form», B.; «Das neue Frankfurt». Frankfurt a/M., 1928, 1929; «Das Bauwelthaus», B., 1924; «Die Bauzeitung», Stg., 1928; «Das Zement», Charlottenburg, 1928—29. **И. Гуревич.**

ЖИМОЛОСТЬ, прямостоячие или ползучие кустарники из рода Lonicera L., сем. Caprifoliaceae, произрастают в умеренном поясе сев. полушария (до 230 видов). В пределах СССР произрастает до 20 видов этого кустарника, преимущественно в Сибири, в Амурской и Уссурийской областях. Кустарники эти имеют декоративное значение. Нек-рые виды жимолости разводятся для живых изгородей и в качестве подлеска при степном лесоразведении. Древесина жимолости очень твердая, плотная и вязкая, идет на изготовление тростей, ткацких игл, сапожных гвоздей и чубуков. **Н. Кобранов.**

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ, карбоновые насыщенные одноосновные к-ты, углеродный скелет к-рых имеет строение открытых цепей. Все Ж. к. могут быть произведены от углеводородов, в к-рых один из атомов водорода заменен карбоксильной группой $-C\overset{O}{\diagdown\!\!\diagup}_{OH}$; т. о., они отвечают общей ф-ле $C_nH_{2n+1}COOH$. Хотя названия Ж. к. могут быть произведены от соответствующих углеводородов (например, $CH_3 \cdot COOH$—этановая, или метанкарбоновая, к-та; $CH_3 \cdot CH_2 \cdot COOH$—пропановая к-та), все же их обычно обозначают по тем природным веществам, из к-рых они приготовляются или могут быть получены (муравьиная, уксусная, масляная). Нек-рые Ж. к. находятся в свободном виде в животных и растительных организмах (муравьиная, валериановая); чаще же всего в природе они встречаются в виде сложных эфиров (эстеров). Особенно широко распространены их глицериновые эфиры—глицериды, являющиеся главной составной частью естественных жиров и масел. Нек-рые Ж. к. образуются при процессах брожения (уксусная, масляная, капроновая). Для получения Ж. к. пользуются нек-рыми естественными продуктами (жиры, масла и т. п.). Способы синтетич. приготовления те же, что для карбоновых к-т вообще (см. *Кислоты органические*). Низшие Ж. к.—подвижные жидкости, летучие с парами воды, с резким характерн. запахом, растворимы в воде; средние — маслообразные жидкости; высшие — твердые кристаллич. вещества, нерастворимые в воде, хорошо растворимые в эфире и трудно в спирте. С возрастанием мол. веса в гомологическ. ряду уд. вес Ж. к. понижается, а $t°_{кип.}$ возрастает. В $t°_{пл.}$ Ж. к. наблюдаются периодич. колебания: к-та с четным числом углеродных атомов всегда плавится выше, чем следующая за ней к-та, с нечетным числом углеродных атомов, несмотря на то, что последняя и обладает одним атомом углерода больше (см. *Гомология*). Ж. к. являются истинными к-тами, их водные растворы частично диссоциированы на ионы: $R \cdot COOH \rightleftarrows RCOO' + H^{\cdot}$ (см. *Диссоциация электролитическая*). Однако, степень их диссоциации (см. табл.) по сравнению с минеральными кислотами чрезвычайно мала, и потому жирные кислоты должны быть отнесены к слабым электролитам.

Константы (K) диссоциации жирных кислот.

Название к-ты	Формула	K (при 25°)
Муравьиная	$H \cdot COOH$	$2{,}140 \cdot 10^{-4}$
Уксусная	$CH_3 \cdot COOH$	$0{,}186 \cdot 10^{-4}$
Пропионовая	$C_2H_5 \cdot COOH$	$0{,}134 \cdot 10^{-4}$
Норм. масляная . .	$C_3H_7 \cdot COOH$	$0{,}149 \cdot 10^{-4}$
» валериановая	$C_4H_9 \cdot COOH$	$0{,}161 \cdot 10^{-4}$
» капроновая .	$C_5H_{11} \cdot COOH$	$0{,}145 \cdot 10^{-4}$
» энантовая . .	$C_6H_{13} \cdot COOH$	$0{,}131 \cdot 10^{-4}$
» каприловая .	$C_7H_{15} \cdot COOH$	$0{,}145 \cdot 10^{-4}$

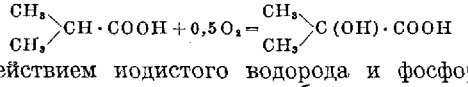
За исключением муравьиной к-ты, к-рая, как всякий первый член гомологич. ряда, занимает особое положение,—в константах диссоциации остальных Ж. к. наблюдаются колебания в зависимости от того, к какому ряду—четному или нечетному—относится данная к-та. В общем константы диссоциации к-ты с четным числом атомов углерода имеют бо́льшую величину по сравнению с константами к-ты нечетного ряда.

В химич. отношении Ж. к., так же как и все карбоновые к-ты, характеризуются присутствием в молекуле карбоксильной группы, гидроксил к-рой обладает большой способностью к химич. реакциям. На этом свойстве гидроксила основаны различные превращения Ж. к. Главнейшие из них заключаются в следующем: 1) образование щелочных солей (на этой реакции основано применение Ж. к. для приготовления мыл); 2) при взаимодействии со спиртами Ж. к. образуют сложные эфиры (эстеры); этот процесс (эстерификация) является обратимым (см. *Равновесие* химическое), и потому на практике для увеличения выхода эфира применяют вещества, связывающие воду; 3) с хлористыми соединениями фосфора Ж. к. дают хлорангидриды кислот, применяющиеся для приготовления сложных эфиров, амидов и т. д.; 4) нагревание аммониевых солей Ж. к. ведет к образованию амидов кислот; 5) при сухой перегонке кальциевых солей получаются кетоны; 6) нагревание патриевых солей вместе с натронной известью или едким баритом приводит к образованию углеводородов; 7) последние получаются также при электролизе водных растворов Ж. к. или их растворимых солей. По отношению к окислительным агентам (перманганат, хромовая к-та и т. д.) Ж. к. весьма устойчивы. Исключение составляет муравьиная кислота, окисляющаяся по ур-ию

$$H \cdot COOH + 0{,}5\ O_2 = H_2O + CO_2,$$

и к-ты с трехзамещенными атомами углерода;

последние при действии перманганата превращаются в оксикислоты, например:

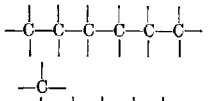


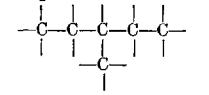
Действием иодистого водорода и фосфора жирные кислоты могут быть восстановлены в углеводороды.

Ж. к. широко применяются в технике. Особенно важное значение имеют кислоты: муравьиная, уксусная, масляная, пальмитиновая, стеариновая. См. *Жиры и масла*, *Стеариновое производство*.

Лит.: Meyer V. und Jakobsen P., Lehrbuch der organischen Chemie, 2 Auflage, B. 1, T. 1, Berlin, 1922. **С. Медведев.**

ЖИРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, алифатические, ациклические соединения, обширный класс органич. соединений, углеродные атомы к-рых связаны в виде открытых развернутых цепей. В виду того что основным веществом этого ряда является метан, от которого замещением водородных атомов м. б. произведены все Ж. с., они называются также метановыми. Термин «жирные» применяется потому, что именно к этому классу соединений относятся главные составные части животных и растительных жиров и масел. В зависимости от формы углеродного скелета различают Ж. с. нормального строения с одной углеродной цепью (I) и Ж. с. с разветвленными цепями (II):

I. 

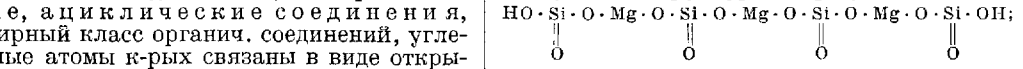
II. 

По признаку насыщенности, т. е. по способности данного тела присоединять другие атомы или группы, Ж. с. разделяют на насыщенные и ненасыщенные. Последние характеризуются присутствием в молекуле т. н. многократных связей, т. е. двойной, этиленовой, связи, условно обозначаемой двумя черточками или точками (например этилен $CH_2=CH_2$, или $CH_2{:}CH_2$, пропилен $CH_2{:}CH\cdot CH_3$) и тройной, или ацетиленовой, связи (напр. ацетилен $CH\equiv CH$, или $CH{:}CH$). Ненасыщенные соединения обладают относительно бо́льшим запасом свободной энергии, обусловливающим их повышенную способность вступать в различного рода реакции. Ж. с. чрезвычайно широко распространены в природе (жиры, воски, углеводы). Многие вещества минерального происхождения, например нефти типа пенсильванской (бакинская состоит преимущественно из соединений циклич. строения), парафин, озокерит, представляют собой смеси различных углеводородов алифатическ. ряда. Бо́льшая часть технически важных Ж. с. получается непосредственно из веществ растительного или животного происхождения (спирты, сахар, ацетон, жирные кислоты). В последнее время некоторые из Ж. с. в промышленности начали получать и синтетически (метиловый спирт, ацетальдегид, уксусная кислота, углеводороды—«искусственная нефть»). См. *Жидкий уголь*.

Лит.: Чичибабин А. Е., Основные начала органич. химии, М.—Л., 1925; Meyer V. u. Jacobsen P., Lehrbuch d. organischen Chemie, 2 Aufl., B. 1, T. 1, B., 1922, T. 2, B., 1923. **С. Медведев.**

ЖИРОВИК, тальк (французский мел, брианconский мел, агалит, асбестин, вердолит, сопстон и т. д.), родовое название материалов различного назначения, выделываемых из природного талька.

Тальк как ископаемое. Водн. магнезиальн. силикат—тальк $3MgO\cdot 4SiO_2\cdot H_2O$ $[H_2Mg_3(SiO_3)_4]$ обычно содержит также некоторое количество MnO, NiO и FeO, при чем FeO изоморфно замещает MgO. Химически тальк представляет собой кислую соль метакремневой к-ты: $3\,MgSiO_3\cdot H_2SiO_3$ и имеет следующую структурную ф-лу:



по другим взглядам, он представляет собою соединение вида:

$$[SiO_3\cdot SiO_2\cdot SiO_2\cdot SiO_2]\cdot Mg_3H_2.$$

Тальк встречается как в виде минерала (благородный тальк), так и в виде талько-вых пород. Разности талька сопоставлены в табл. 1. Тальк принадлежит к моноклинич. системе; слегка просвечивает, обладает жирным блеском; уд. в. 2,7—2,8; $t°_{пл.}$ около 1 200°; разновидность талька—*альберен* (см.) способен выдержать $t°$ в 1300° и до 1600°. В кислотах и щелочах тальк растворяется весьма мало. Теплопроводность малая. Удельная теплота в промежутке $0\div 100°$ равна 0,21. Удельное электрич. сопротивление высокое. Твердость весьма мала.

Месторождения талька и его пород по характеру и происхождению можно подразделить на три типа, которые соответственно приурочиваются: 1) к основным изверженным породам (уральские), 2) к карбонатным породам (известняки, магнезит и доломит), глинистым, углекислым и другим сланцам (штирийские, олонецкие), 3) к кристаллич. сланцам (баварские—Гепферсгрюн, богемские, скандинавские, нью-иоркские). Промышленно наиболее важные месторождения находятся в С. Ш. А., затем во Франции, Италии и Австрии; кроме того, д. б. отмечены месторождения Канады, Германии, Испании, Норвегии, Швеции, Англии и Индии. В СССР имеются многочисленные крупные месторождения талька и талькового камня—на Урале, в Олонецком районе, в Армении, но запасы их еще не вполне разведаны, и разработка не поставлена достаточно широко; высших сортов талька в СССР пока не найдено. Сводка наиболее важных месторождений дана в табл. 2.

Добыча и обработка. Добыча талька ведется или открытыми выработками или помощью шахт, колодцев и т. д. Способы добычи и первоначальной обработки талькового камня таковы же, как и мрамора. Часто тальк применяется в измельченном виде. Измельчение ведется сухим путем после просушки (при $t°$ не выше 110°) и раздробления (до кусков в 0,63 *см*) на горизонтальных жерновах или на кремневых мельницах—конических, цилиндрических и т. д. Тальковая мука должна просеиваться, а в С. Ш. А. подвергается воздушной сепарации. Стандарты тальковой муки учитывают как общую

Табл. 1.—Разности талька, тальковые породы и талькоподобные минералы.

Наименование	Общая характеристика	Структура	Состав и формула	Твердость	Главные месторождения	Цвет и блеск
Благородный тальк						
Собственно тальк	Явно кристаллич. разность	Листоватые, скорлуповатые, мелкопластинчатые, чешуйчатые аггрегаты с совершенной спайностью в одном направлении	63,5% SiO_2, 31,7% MgO, 4,8% H_2O $\left[\begin{matrix}SiO_2\\SiO_6\ SiO_2\\SiO_2\end{matrix}\right]\begin{matrix}Mg_3\\H_2\end{matrix}$	1—в направл. (001), 1,5—в перпендик. направлении	Олонецкий район, северная Карелия	Редко белый, чаще зеленовато-серый, зеленовато-синий, яблочно-зеленый и серый
Стеатит, или жировик	Скрытно кристаллический	Плотные массы без ясно выраженной спайности	Нормальный	2 и выше	Петропавл. золотой прииск (Урал); Кагызман (б. Карская обл.)	Белый, зеленый, бурый, коричнево-красный и черный
Ренселерит	Псевдоморфоза по широксену	Плотная волокнистая структура и в виде кристаллов по авгиту	Нормальный, иногда с повышенным содержанием воды: $H_2Mg_3\cdot(SiO_3)_4+H_2O$	2	Штат Нью Йорк, С. Ш. А.; Канада	—
Пираллолит	Псевдоморфоза по широксену	Плотная	Повышенное содержание SiO_2 (47—70%) и до 10% CaO	Большая	Паргас (Финляндия)	—
Гемпшрит	Псевдоморфоза по кварцу	Разность мало изученная	Богат водой. 50,6% SiO_2, 28,8% MgO, 15% H_2O, 2,6% FeO, 1,1% MnO, 0,15% Al_2O_3	—	Нью Гемпшир	—
Гепферсгрюнский стеатит	Гидростеатит	Разность мало изученная	Подобен предыдущему, но беден водой (5,5% H_2O)	—	Гепферсгрюн	—
Талькоподобные минералы						
Пирофиллит	Подобен собственно тальку	Радиально лучистые аггрегаты с совершенной спайностью	Содержит до 30% Al_2O_3; $Al_2O_3\cdot 4SiO_2\cdot H_2O$ или $(SiO_4\cdot SiO_3)AlH$	1,5	—	Серебристо-бел., серый, красноватый, желтоватый, буровато-зеленый, яблочно-зелен.
Агальматолит	Подобен стеатиту	Скрытно кристаллич. аггрегаты без спайности	Частью плотн. пирофиллит, частью же тальк и морская пенка $(SiO_6\cdot SiO_2\cdot SiO_2)Mg_2H_4\cdot nH_2O$	3	Китай	От серо-желтого до белого или красноватого, с матовым мерцанием
Тальковые породы						
Тальковый камень, мягкий камень	—	Крупно- или мелкозернистая	Смесь талька и карбонатов Ca, Mg, Fe; содержание CO_2—до 28%; имеет примеси: хлорит, актинолит и серпентин	—	Урал	Сероватый и зеленоватый
Лиственит	Понятие лиственита не вполне установлено	Подобная же	Тождествен с предыдущим	—	В разных местах З. Европы, Урал	Зеленовато-серый и темно-серо-зеленый
Горшечный камень	—	Более или менее крупнозернистая, редко сланцеватая	Подобен предыдущ., но содержит меньше карбонатов и больше силикатов (хлорит, широксен, серпентин)	Весьма мягок, легко обрабатывается	Олонецкий район	Сероватый, зеленоватый и синеватый
Мыльный камень, сопстон	Скрытно кристаллический	—	Подобен горшечному камню, содержит и кварц; до 12% Al_2O_3	Легко обрабатывается	С. Ш. А.	Просвечивает, на ощупь мыльный или маслянистый
Альберен	Скрытно кристаллический	Весьма однороден	Тот же, металлич. прожилки вполне отсутствуют	Мягок, легко обрабатывается	С. Ш. А.	Просвечивающий, серый
Тальковый сланец	—	Сланцеватая, от тонкочешуйчатой до листоватой, кристаллическая	Кроме талька, содержит магнезит, хромит, хлориты, слюду, лучистый камень, оливин, бронзит, энстатит, роговую обманку, иногда пирит, реже шпинель и турмалин, часто кварц, доломит и магнезит	Очень небольшая	Олонецкий р., Урал, Шаропанск. у. Груз. ССР, Скандинавия, Альпы, С. Ш. А.	Светлозеленый, зеленовато-серый, свинцово-серый, желтовато-бурый
Кварцевый тальковый сланец	–	Подобна предыдущей	Подобен тальковому сланцу, но с большой примесью кварца	Тверд	Олонецкий район	Белесоватый
Хлоритовый тальковый сланец	—	» »	Подобен тальковому сланцу, но с большой примесью хлорита	—	Урал, Олонецкий р.	—

Табл. 2.—Наиболее важные месторождения талька и тальковых пород.

Страна	Местность	Происхождение	Характер залегания	Качество продукта
С.Ш.А.	Шт. Нью Йорк	Из метаморфизированного в тремолит известняка	В известняке, мощность до 1 *м*	Волокнистый белый тальк (агалит)
»	Шт. Сев. Каролина и север штата Георгия	В кембрийском мраморе	Линзы и пласты	Очень хороший тальк, белый и зеленоватый
»	Виргиния, провинция Ферфакс	В габбро и диоритах	Неправильные линзы, до 1,5 *м* ширины	Сланцеватый тальк
»	Виргиния, в провинции Альбемирль и Нельсон	В кварците и слюдистых сланцах	Образования до 35 *м* мощностью, тянутся на 50 *м*	Тальковый камень, сопстон
Канада	Провинция Медок (Онтарио)	В доломитизированных известняках	Линзами, мощностью до 12 *м*	Сильно слоистый, содержит кварц, магнезит и доломит прекрасного качества
Австрия	Штирия, Маутерн	На границе графитовых сланцев каменноуг. возраста и силур. известняков	Жила, от 10 *см* до 2 *м*	Очень хороший тальк; ежегодная добыча 6 000 *ц*
»	Штирия, Магдвизенграбен	На глинистых слюдяных сланцах	Жила	Ежегодная добыча 30 000 *ц*
Германия	Гепферсгрюн в Фихтельгебирге (Бавария)	На контакте гранита с карбонатн. породами, слюдяным сланцем и филлитом	Линзы, мощностью в несколько *м*, некоторые простираются на 500 *м*	Стоит на первом месте; в 1924 г. добыто 3 997 *т*, в 1923 г. — 1 907 *т*
Франция	Южн. склон горы Суларка, массив Арьеж на высоте 1 800 *м* (сев. Пиренеи)	Между кристаллич. сланцами и силурийским известняком	Сплошной слой, мощностью от 50 до 200 *м*, простирается на 2 *км*	Сланцеватый, пересекаемый жилами турмалинового гранулита, содержит пирит
»	Монсегюр на зап. склоне вершины Тримун (Trimounts)	Подобно предыдущему	Подобно предыдущему	—
»	Питурлес ан-Лордан (вост. склон вершины Монсегюр)	Псевдоморфозы по тремолиту на контактах силур. известняка с кварцем	Пласты	—
Испания	Darihus, la Bajol, Massanet de Cabranys (провинция Герона, южн. часть Пиренеев)	Месторождения, аналогичные французским		
»	Мигеас (Migeas) в южн. части провинции Малага	В серпентине	Неправильные линзы	—
Италия	Монте Неро (у Ливорно), Монте Феррато, Монте Кастелли	В серпентиновых породах	Выходы в плотных массах	Очень чистый и нежный продукт, от молочно-белого до серовато-белого и зеленоватого цветов, очень ценимый
Швеция	Handöl в Jämkland	—	—	Мягкий, тонко листоватый, содержит очень много хлорита, немного кальцита и железных руд
Норвегия	Sogne и Trondhjem при Viksherred, Frantfjord	—	—	Такой же
»	Sognefjord, к сев. от Бергена, и Oisteso, к югу от Бергена	—	—	Чистый сорт
СССР	Урал: Река Каменка, в 18 *км* от Режевского з-да	Свита тальковых сланцев	Пласты талькового сланца, мощностью ок. 2 *м*, и талькового камня—ок. 6 *м*	Тальковый сланец стеатитового типа
»	Верх-Нейвинский з-д Верхне-Исетской дачи, вдоль Мурзинской горы	Тальковый камень и тальковые сланцы, залегающие в змеевиковом массиве	Пласты около 2—25 *м* мощностью, передавленные	Мелкозернистые тальки стеатитового типа, во многих местах отличного качества

Страна	Местность	Происхождение	Характер залегания	Качество продукта
СССР	Нижне-Исетская дача, Шабровский прииск	Лучший тальковый камень; переслаивается с грубозернистым доломитовым тальковым камнем	Мощность талькового камня 10—12 *м*	Светлосерый мелкозернистый тальковый камень
»	Гора Черная, в 4 *км* от Сысертского з-да	Тальковые сланцы налегают на кварциты и кварцито-слюдяные сланцы	Толща чистых разностей, мощностью 14 *м*	Тальковый камень чистый и также богатый доломитом; ежегодная довоенная добыча 2 940 *т*
»	Р. Каменка, в 6 *км* от Сысертского з-да	Тальковые сланцы в кристаллич. сланцах	Свита поставлена вертикально, протяжение 26 *м*, ширина 31 *м*	Лучший сорт—желтовато-белый плотный тальковый сланец
»	Ст. Сыростан, Самаро-Златоуст. ж. д.	Толща тальк. камня и тальк. сланца в кристаллич. сланцах	Пласты с падением в 45°	Материал в некоторых пластах очень хороший
»	Петропавловский золотой прииск, в 23 *км* от ст. Миас	В змеевиковом массиве	Золотоносная стеатитовая жила, вертикально поставленная	Белый плотный и чистый материал прекрасного качества
	Миасский район: Многочисленные залегания:			
»	Апостольское, Маломулдакаевское, Убалинское и Мулдашовское	Продукты метаморфизации змеевиков	Неправильной формы линзы, залегающие в змеевиках	—
»	Устиновское и Абдул-Бакиевское	Подчиненный кристаллич. сланцам	Кристаллич. сланцы тянутся на десятки *км*	—
»	Кирябинское и другие	Пласты талька среди лиственитизирован. змеевиков	Жилы	—
»	Гавриило-Архангельское и другие	Прослои талька, пересекающие тальковый сланец	Маломощные жилы	—
	Олонецкий район:			
»	Месторожд. в ю.-в. части Сег-озера—деревня Карельская Масельга	—	Минимальная площадь 10 000 *м*²	Горшечный камень
»	Деревня Листьягуба	Подчинено пикрито-диабазовой породе	Шток (?) мощностью в 10 *м*	Горшечный камень

тонкость помола, так и содержание частиц, не проходящих через соответственное сито. В последнее время ставятся опыты с мокрым помолом и отфильтровыванием взвеси через сито; этот процесс дает очень чистый и мелкий продукт. Выпускаемые на рынок различные сорта молотого талька расцениваются не только по мелкости помола, цвету, но и в зависимости от месторождения исходной руды. Высшие сорта молотого талька—туалетные; представление о цене их можно получить по следующим данным: 1 *т* итальянского талька стоит 47÷58 долларов, калифорнийского — 35÷40 долл., французского — 20÷40 долл. Сорта менее высокого достоинства расцениваются примерно в 4—5 раз дешевле.

Наиболее мелкую тальковую пудру получают, подвергая электрофорезу коллоидный раствор размолотого талька; такой тальк разминается, как глина. Тальк в виде выточенных или вырезанных из него изделий перерабатывается путем обжига при 1 100° в течение 24—48 час. и, теряя воду, дает тогда твердые огнеупорные материалы, известные под названием шпекштейна, лавы или лавита; они выдерживают нагрев до 1 100° и не поддаются действию кислот, за исключением царской водки.

Кроме того, существует ряд керамич. материалов, промежуточных между обожженным тальком и фарфором; материалы эти известны под названием стеатита или стеатитового фарфора, мелалита, стеколита, изолита и т. д. Они получаются в виде готовых изделий посредством обжига пластич. масс из тальковой муки с магнезитом, полевым шпатом, каолином и т. д. Эти пластич. массы имеют огромное преимущество перед фарфоровой—в малой величине усадки их при обжиге (напр. у мелалита—1%, у изолита—от 11 до 22%, тогда как у фарфора—16÷20%) и в неразмягчаемости при обжиге; последнее обстоятельство позволяет сильно увеличить размеры изделий из стеатитовой массы, тогда как размеры фарфоровых изделий, вследствие размягчения материала и искажения формы от собственной тяжести его, имеют естественный предел. Некоторым недостатком изделий из обожженного талька

Табл. 3. — Ориентировочная сводка свойств сырого и обожженного талька.

Свойства \ Материал и марки	Мыльный камень	Лава	Лавит	Мелалит	Изолит	Стеатит Z 50	Стеатит Z 56	Стеатит Z 57	Стеатит Z 151
Уд. в. истинный	—	3,2	3,2	—	—	—	2,785	2,798	—
» » кажущийся	2,6—2,8	2,5—2,7	2,5—2,7	—	—	2,364	2,423	2,680	—
Пористость в %	—	Очень пориста	Порист	—	—	—	13,0	4,2	—
Прочность на сжатие в *кг/см²*	550	1 400—2 100	1 400—2 100	Превосходит прочность изол. фарфора	—	—	7 528	6 548	7 423
Прочность на разрыв в *кг/см²*	—	—	400—800	Ниже, чем у фарфора	—	—	—	—	—
Прочность на изгиб в *кг/см²*	—	—	—	—	788	—	851	981	—
Прочность на удар	—	—	—	—	—	2,2	2,2	—	—
Твердость	Он. 2 по Мосу	—	Подобен стеклу, 6 по Мосу	—	—	60 по Шору	52 по Шору	—	—
Электрич. сопротивление: Объемное в Ω-*см*	6.10^8	2.10^{10}	$5.10^8-25.10^8$	—	—	—	—	—	—
Электрич. сопротивление: Поверхностное в Ω-*см*	—	6.10^{11}	1.10^{11}	—	—	—	—	—	—
Диэлектрич. крепость в kV/*мм*	1,0	3—10	8—10	—	17,4	—	—	—	—
Тепловые свойства	—	Теплопроводн. 8 mW·*см*/*см*²·°C, а коэфф. теплов. объемн. расшир. практически равен нулю	—	—	Коэфф. теплов. расширения 0,00000106	—	—	—	—

Табл. 4.—Классификация применений талька.

Технически ценные свойства талька	Вид применяемого талька	Область применения	Основные требования	Функция
Мягкость	Кусковой собственно тальк	Эталон твердости в минералогич. шкале Моса	Чистота, хорошо выраженное кристаллич. строение	Испытание минералов и различных материалов на твердость
Способность резаться ножом и химич. стойкость	Кусковой тальковый или горшечный камень	Скульптурные работы, художественный строительный материал, точеная посуда	Однородность, отсутствие трещин, красивый цвет	Декоративная
Мягкость и белый цвет	Кусковой	Полиграфическая—мелки	Отсутствие включений, белый цвет, жирность наощупь	Письмо по тканям, дереву и металлу
Жирность наощупь и белый цвет	Тальковая мука	Отяжелитель бумаги, особенно глянцовитой и писчей, и картона (до 36 сортов бумаги)	Для высших сортов бумаги—возможно белый цвет и абсолютн. отсутствие примесей. Для пестрой бумаги низших сортов и картона допустимы нечистые сорта	Увеличение твердости, уд. в., блеска, белизны, непрозрачности
Те же	Тот же	Беление целлюлозы, хлопка	Белый цвет, жирность наощупь	Придание глянцовит. вида, отяжеление
Жирность наощупь	» »	Обсыпка резиновых форм и изделий	Большая жирность наощупь, отсутствие примесей, белизна, сохранение свойств при неоднократном нагревании до 150°	Устранение слипаемости
Те же	» »	Вулканизация резины поделочной и кабельной (до 10% талька)	Те же	Отяжеление
Поглотительн. способность к жирам и маслам и белый цвет	Тальковая пудра наилучшего сорта	Примесь к рисовой пудре или в чистом виде	Исключительная чистота и белизна, мягкость помола и отсутствие песка	Поглощение жира, сообщение белизны
Те же	Тальковая пудра из лучших сортов	Туалетные краски (белила, румяна и т. д.)	Те же	Изменение естественной окраски
»	Тальковая пудра из лучших сортов	Пасты, притирания и т. д.	» »	Смягчение кожи
Поглотительн. способность к жирам, мягкость и жирность наощупь	Тальковая пудра	Примесь к туалетному мылу	Отсутствие песка, жирность наощупь	Отяжеление мыла и увеличение его жирности и мягкости
Огнестойкость, жирность наощупь	» мука средних сортов	Присыпка литейных форм	—	Устранение прилипания отливки к форме
Белизна, жирность, мягкость, химич. стойкость	Тальковая мука	Пастельные краски, карандаши, масляные краски	Отсутствие песка, белизна, жирность	Образование прочного и достаточно мягкого носителя для красящего пигмента
Белизна, поглощение жиров, огнестойкость и негигроскопичность, жирность	» пудра	Аппретура тканей, непромокаемых огнеупорных полотен и занавесов	Отсутствие песка и белизна	Заполнение пор, сообщение невозгораемости
Жирность	» »	Смазка машин и изготовление набивки для сальников машин	Жирность, отсутствие песка	Устранение трения, в особенности при повышении $t°$
Поглощение жиров	» мука	Вывод жирных пятен	Высшая поглотительная способность	Очистка
Шелковистый вид и белизна	» »	Натирание кожи и обоев	Светлый цвет, шелковистый блеск, жирность, отсутствие песка	Придание блеска
Мягкость	» пудра	Полировка стекла	Отсутствие песка	Нежная полировка

Табл. 4.—Классификация применений талька. (Продолжение.)

Технически ценные свойства талька	Вид применяемого талька	Область применения	Основные требования	Функция
Белизна, химич. стойкость и мягкость	Тальковая мука	Подмеси к сахару и муке, обсыпка конфет на конфетных ф-ках	Отсутствие песка, белый цвет	Отяжеление, устранение слипаемости
Негигроскопичность	—	Изготовление частей электрич. и иных установок	Отсутствие трещин легкость обработки	Электрич. изоляция
Химич. стойкость	Кусковой жировик	Кислото- и щелочестойкость: посуда, доски для столов и вытяжных шкафов, установки сернокислотных з-дов, водосточные трубы	Наличие больших глыб, однородных и без трещин	Сопротивление разлагающим химич. агентам
Огнеупорность	Кусковой мягкий или горный камень	Посуда домашняя и лабораторная, столы, поды заводских печей, тигли (до 1 360°)	Те же и нерастрескиваемость при обжиге	Сопротивление высоким $t°$ и химич. разлагающим агентам
Огнеупорность и изоляционные свойства	Изделия, вырезанные или выточенные из камня и затем обожженные	Электрич. изоляторы, различные части электрич. машин и в частности зажигательные свечи для двигателей внутреннего сгорания, распределительные доски	Цельные однородные куски значительных размеров, без трещин и включений	Высокая электрич. изоляция при наличии огнестойкости и сохранение этих качеств при повышении $t°$
Обжигаемость	Кусковой	Рожки газовых горелок, огнеупорные кирпичи и другие принадлежности, камины, обыкновенные заводские печи	—	—
Обжигаемость, огнеупорность и химич. стойкость, отсутствие усадки	Кусковой тальковый камень в виде изделий	Тигли, поды пудлинговых сварочных и т. п. печей	Те же	Неразмягчаемость и неразъедаемость шлаками и окалиной при высокой $t°$
Способность давать пластические массы	Тальковая мука	Электрич. изоляторы и крупные керамич. изделия	Однородность состава больших партий	Электрическая изоляция, при чем возможны изделия весьма значительных размеров

является темный (желто-бурый или шоколадный) цвет черепа при белом изломе; изготовляются стеатитовые массы также и светложелтого или кремового цвета. В табл. 3 сопоставлены некоторые свойства сырого и обожженного талька.

Тальковый камень после обжига применяется как огнеупорный материал. Кирпичи и плиты на Урале, у реки Черной, близ Сысертского завода производились следующих размеров:

Вид огнеупорного тальк. материала	Размеры в *см*
Стеновой (для стенок печей) . . .	25×25×25
Решеточный (для решеток в сварочных *пудлинг. печах*)	25×11,2×13,1
Сводовый (для сводов в печах) .	25×25×17,5—10
Форгерд (для ватержакетов) . . .	25×48,5×25
Колосники (для мартен. печей) .	50×27,5×17,5
Желобья	60×27,5×17,5

Применение талька весьма разнообразно, и было бы трудно указать отрасль промышленности, обходящуюся прямо или косвенно без талька. Особенно широко потребление талька в Америке. Материалы идут в дело как в сыром виде, так и после обжига. В разн. случаях применения технически ценны разные свойства талька. В табл. 4 (ст. 89—92) дана классификация применений талька. Количественно наиболее значительно потребление тальковой муки в бумажной промышленности, затем—в резиновой, парфюмерной, красочной и текстильной. Во Франции на бумажную промышленность идет ок. 80% всего количества потребляемой тальковой муки, в С. Ш. А.—ок. 50% и в Штирии 90—95%, при чем потребление талька в этой промышленности возрастает. Кусковой тальк в необожженном виде идет как кислотоупорный материал, а в обожженном—как огнеупорный и изоляционный. Тальковый камень в обожженном виде служит прекрасным огнеупорным материалом при постройке печей и производстве тиглей. При $t°$ 1 300° он весьма стоек, выдерживает плавильную кампанию в течение 20 месяцев, не дает жидкого шлака с железной окалиной, по своей мягкости удобен для выработки и, наконец, имеет важное достоинство—ничтожность усадки (напротив, динас дает с окалиной плавкие шлаки и при 1 300° начинает изнашиваться иногда уже через месяц), но при 1 700° и тальковый камень начинает оплавляться, разъедается веществами основного характера, а при первом обжиге может растрескаться и осыпаться, если поднятие темп-ры не будет достаточно осторожным. В последнее десятилетие в электропромышленности начинают приобретать все большее значение керамич. массы из моло-

того талька. Стеатитовые электрич. изоляторы имеют ряд важных преимуществ, однако до настоящего времени продукция этого рода не доведена до желательной степени однородности.

Экономика. Мировая добыча талька имеет довольно устойчивые размеры. За 1925 год она характеризуется числами в 300 000—350 000 *т*. Первое место по производительности неизменно сохраняют С.Ш.А. (50% мировой добычи); затем идут Франция, Италия и Япония; в 1925 г. резко поднимается добыча талька в Китае. Из стран, вывозящих тальк, на первом месте стоят Франция и Италия (ок. 60% общего вывоза) и Канада, вывозящая исключительно в С. Ш. А. Из ввозящих стран на первом месте стоит Япония, затем идут С. Ш. А., Великобритания и Германия. Значителен также ввоз во Францию. Ввоз и вывоз талька по странам за 1925 г. характеризуется данными, приведенными в табл. 5.

Табл. 5.—Мировая тальковая промышленность в 1925 г. (в *т*).

Страны	Добыча	Вывоз	Ввоз
СССР	569 (2 452)*1	—	880
Великобритания	—	—	15 779
Франция	(60 159)*1,2	28 148*2	4 108*2
Бельгия	—	—	3 757
Германия*3	3 640	336	15 815
Норвегия	9 030*2	6 321*2	—
Финляндия	—	—	1 562
Швеция	2 872*4	—	2 282
Чехо-Словакия	—	—	1 569
Испания	1 457*2,4	1 099*2	—
Румыния	—	—	1 291
Италия	33 620	22 337	—
Польша	—	—	706
Греция	132*5	—	—
Австрия	12 879	12 879	—
Канада	13 114	9 805	4 144
С.Ш.А.	171 307	—	19 042
Южно-Африканский Союз	59(681)*1,4	—	—
Индия	2 899*4	—	—
Китай	31 516	—	—
Япония	41 855*4,6	—	25 163*6
Австралия	358	—	—

*1 В скобках—данные 1913 г. *2 Включая мыльный камень. *3 Только Бавария. *4 Данные 1924 г. *5 Данные 1923 г. *6 Включая агальматолит и пр.

Россия, несмотря на наличие многих месторождений и издавна ведущуюся добычу талька, до войны 1914—18 гг. нуждалась в привозном продукте (ок. 5 000 *т*). С 1924 года начата добыча и переработка уральского талька Уральской областной горнотехнич. конторой на Кошкульской ф-ке; там же производятся высокие сорта тальковой пудры и тальковые кирпичи. Кроме того, Ин-т прикладной минералогии с 1925 г. начал обработку карельского горшечного камня для электротехнических целей и изготовил в 1925/26 г. 340,5 *т* плиток и брусков. Затем д. б. также отмечены заводские опыты Государственного электротехнич. треста по производству электрич. изоляторов и установочных изделий из керамич. тальковых масс; производство ставится на двух з-дах.

Лит.: Костылева Е. Е., Тальк и тальковый камень, Л., 1925; ее же, Тальк, «НИ», Л., 1927, т. 3, стр. 299—330; Грум-Гржимайло В., Тальк как материал для подов печей для нагрева железа, «МС», М., 1926, *1*, стр. 74; Шуше А. Ф., Тальк, «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925/26 г.», стр. 685—690, Л., 1927; Singer F., Keramische Isolierstoffe, «Elektr. Betriebe», B., 1923, H. 16, p. 191; «Z. d. VDI», 1919, 29 Oct.; Doelter C. u. Leitmeier H., Handbuch d. Mineralchemie, B. 2, T. 1, p. 356—373, Dresden—Leipzig, 1914; «Keramische Rundschau», Berlin, 1924, p. 233; Bucksath W., «Stemag-Nachrichten», Berlin, 1924, p. 4.

П. Флоренский.

ЖИРОПОТ, см. *Воски*.

ЖИРЫ И МАСЛА, жировые вещества, природные продукты растительного или животного происхождения, химически представляющие собой сложные эфиры высокомолекулярных к-т жирного ряда (глицериды). Жировые вещества жирны наощупь и оставляют на бумаге жирное неисчезающее пятно; уд. в. их меньше 1; они нерастворимы в воде, почти нерастворимы в спирте, хорошо растворяются в бензине, бензоле, эфире, сероуглероде, хлороформе и в четыреххлористом углероде; лишь очень немногие из них могут встречаться в кристаллич. состоянии. Химически чистые Ж. и м. бесцветны, природные же окрашены в различные цвета, начиная от слабо желтого с зеленоватым оттенком и до темнокоричневого, что зависит от присутствия в них красящих веществ. По происхождению жировые вещества разделяются на животные (так называемые жиры) и растительные (масла); исключение составляют названия: коровье «масло» и костяное «масло».

Животные жиры находятся во всех тканях и соках организма (за исключением мочи); в нек-рых частях тела они отлагаются в значительных количествах в виде жировой ткани, состоящей собственно из соединительной ткани, содержащей жировые клетки; иногда содержание жира в жировой ткани достигает 97%. Различают жиры, находящиеся в подкожной клетчатке, т. н. сдирку, и пронизывающие внутренние органы животного или располагающиеся около них—нутряк. У живых животных жир находится в расплавленном состоянии и застывает лишь после смерти животного. Кроме того, жир находится в молоке млекопитающих, вырабатываемом молочными железами самок. Свойства и количество жира зависят как от породы животного, так и от пола, возраста, климата, пищи и других условий. В общем жиры, отделенные от туши самцов, отличаются большей твердостью сравнительно с жирами самок; нутряной жир тверже подкожного, бараний тверже бычьего, а последний тверже свиного; жир молодых животных более мягок, чем жир взрослых; животные теплого климата дают более твердое сало, чем животные холодного пояса; при питании рогатого скота масличными жмыхами у животного образуется более мягкое сало, чем у животного, питающегося сеном. Относительно способов получения животных жиров, их сортов и свойств см. *Бычье сало*, *Баранье сало*, *Ворвань*, *Салотопенное производство*, *Свиное сало*, *Конское сало* и *Костяное масло*.

Растительные жиры содержатся в различных органах растений, как то: в семенах, в мякоти плодов, стеблей, корней, но в большинстве случаев—в семенах растений. Семена всех растений содержат жировые вещества; однако, сравнительно лишь немногие

растения содержат жировые вещества в количествах, оправдывающих их техническую переработку; такие растения и их семена называются «масличными». Семена хлебных растений содержат 1—2, редко—3% жировых веществ, и их невыгодно перерабатывать на масло (за исключением ростков маиса—см. *Маисовое масло*); семена же масличных растений содержат 20÷67% жировых веществ, например семена льна 35—42%, грецкого ореха 65—67%. Мякоть оливок содержит до 60% масла, ягоды лаврового дерева 24—26%. Большинство растительных жировых веществ при комнатной $t°$ находятся в жидком состоянии, но имеются также и нек-рые твердые растительные масла, как кокосовое, пальмовое, пальмоядерное, масло какао. В семенах жировые вещества содержатся в клетках, заключающих протоплазму; они находятся в виде мелких шариков, представляющих собою эмульсию масла с белковыми веществами. Колебания в содержании жира в семенах и плодах растения данного вида зависят от многих причин (климата, почвы, количества осадков, рода удобрений), но в общем можно сказать, что в теплом климате данное растение дает семена с бо́льшим содержанием масла, чем в холодном. В этом отношении имеется большая и существенная разница между животными и растениями: у животных жир является резервным материалом для сохранения теплового баланса организма, и потому у северных животных его больше, чем у южных. О способах получения растительных жировых веществ см. *Маслобойное производство*.

Весьма интересным является вопрос о происхождении жировых веществ в растительных и животных организмах. Наиболее вероятным является предположение об образовании их из углеводов. А. Мюнц проследил на семенах рапса, что они по мере вызревания обогащаются жиром, количество же крахмала в них уменьшается. В настоящее время еще нельзя вполне определенно установить, в результате каких именно реакций происходит превращение углеводов в жировые вещества; по всей вероятности эти реакции каталитич. характера, осуществляющиеся при содействии энзимов. Найдено, что из углеводов сначала образуются глицерин и жирные к-ты, к-рые уже затем дают эфирообразные соединения, т. е. жиры. Минковский установил, что при кормлении животных эруковой к-той наблюдается откладывание в их теле эруцина—жира, который нормально не встречается ни у одного животного. Повседневная жизнь нас также убеждает, что при питании мучнистой пищей наблюдается прирост жира. Относительно возможности образования жиров из белковых веществ взгляды исследователей расходятся, но, повидимому, при нормальных условиях такое образование едва ли имеет место; наоборот, при патологических условиях такой процесс обнаруживается, напр.—образование жировоска в трупах животных (адипоцир, см. *Воски*). Опытами Альберта, Ганзена, Каспари, Лебедева и других с несомненностью установлено, что при питании животных жирами не только увеличивается количество сала в их организме, но даже сорт принятого в пищу жира влияет на состав сала; напр., при кормлении животных подсолнечными жмыхами сало получается более легкоплавкое, чем при кормлении их сурепными жмыхами. Нельзя с полной достоверностью утверждать, отлагается ли пищевой жир в организме непосредственно или же он предварительно распадается на глицерин и жирные к-ты или какие-либо более простые соединения и затем снова синтезируется; однако, упомянутые опыты Минковского делают более вероятным первое предположение.

Химический состав жировых веществ. Элементарный анализ жиров дает следующие цифры: 74,0—78,0% углерода, 10,3—12,3% водорода и 10,0—15,7% кислорода. Химич. структура Ж. и м. впервые была установлена в начале 19 века франц. химиком Шеврелем. Он доказал, что все Ж. и м. состоят из смеси т. н. триглицеридов, т. е. эфиров глицерина с жирными или жировыми к-тами. Нек-рые жировые вещества содержат небольшие количества эфиров жирных к-т с другими спиртами, кроме глицерина; но все же основными веществами Ж. и м. являются упомянутые триглицериды. Общая ф-ла жировых веществ м. б. представлена в следующем виде:

$$C_3H_5\begin{cases}OR_1\\OR_2\\OR_3\end{cases}$$

где R_1, R_2, R_3—остатки жирных кислот, к-рые могут быть одинаковыми или различными. Что касается жирных к-т, входящих в состав Ж. и м., то они весьма разнообразны и их насчитывают до 60. Среди жирных к-т имеются кислоты как предельного, так и непредельных рядов. Замечательно то, что в состав жировых веществ входят к-ты с четным числом атомов углерода, расположенных в открытую цепь, и только в редких случаях встречаются к-ты с нечетным числом углеродных атомов. Список жирных к-т, выделенных из жировых веществ, с соответствующими константами см. *Спр. ТЭ*.

Преимущественно жировые вещества содержат глицериды к-т: масляной, пальмитиновой, стеариновой, олеиновой, линолевой, линоленовой и рицинолевой, которые и составляют главную основу жировых веществ. Другие глицериды содержатся сравнительно редко и в небольших количествах. Замечательно еще то, что в состав огромного большинства Ж. и м. преимущественно входят к-ты с количеством атомов углерода, равным 18 (стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, рицинолевая кислоты). Консистенция кислот довольно правильно изменяется с увеличением числа атомов углерода; чем больше атомов углерода, тем выше $t°_{пл.}$ к-т. При обычных условиях без разложения перегоняются лишь к-ты—от уксусной до каприновой, почему они и называются летучими; все же остальные к-ты при перегонке под нормальным давлением разлагаются и м. б. перегнаны лишь под уменьшенным давлением и при помощи перегретого пара. Во всех пропорциях растворимы в воде уксусная, масляная и изовалериановая к-ты; капроновая, каприловая, капри-

новая и лауриновая к-ты растворяются уже с трудом, к-ты же с бо́льшим количеством атомов углерода в воде не растворяются. К-ты предельного ряда имеют меньший показатель преломления, чем к-ты непредельных рядов. Определением показателя рефракции к-т пользуются при анализе жиров (см. *Коровье масло*). Щелочные соли высокомолекулярных жирных к-т называются м ы л а м и, а самый процесс соединения служит основанием мыловарения.

Кислород воздуха на насыщенные кислоты не действует, а ненасыщенные им окисляются и частью полимеризуются. Высокая $t°$ и присутствие окислов металлов способствуют окислению. Эти катализаторы, по исследованиям С. А. Фокина, по силе своего действия располагаются в следующем нисходящем порядке: Co, Mn, Cr, Ni, Pt, Pd. Водород в присутствии указанных катализаторов, в виде окислов или в виде мелкоизмельченных металлов, также действует на ненасыщенные к-ты, переводя их в насыщенные, при чем активность катализатора уменьшается в обратном порядке, т. е. наиболее активным является Pd, а наименее—Co. Эта реакция чрезвычайно важна в практич. отношении, т. к. она протекает не только с ненасыщенными к-тами, но и с жировыми веществами, заключающими эти к-ты; при посредстве этой реакции из жидких растительных масел получаются твердые жиры (см. *Гидрогенизация жиров*). Крепкая серная к-та растворяет насыщенные жирные к-ты; при разбавлении водою—к-ты выделяются в неизмененном состоянии. Непредельные к-ты соединяются с серной к-той и дают эфироподобные соединения, которые (по Зайцеву) при действии воды распадаются на серную к-ту и оксикислоту предельного ряда. Крепкая азотная к-та на насыщенные к-ты почти не действует, ненасыщенные же кислоты ею окисляются, давая одновременно как летучие жирные кислоты, так и нелетучие, ф-лы $C_nH_{2n-2}O_4$. Большое значение имеет при анализе жиров реакция олеиновой к-ты с окислами азота, заключающаяся в том, что жидкая олеиновая к-та при действии окислов азота переходит в твердый изомер—э л а и д и н о в у ю к-ту; ненасыщенные кислоты с большей непредельностью, напр. линолевая, линоленовая и другие, этой реакции не дают.

Как уже было упомянуто выше, в состав жиров входит гл. обр. глицерин, составляющий ок. 10% веса жиров. Но в небольших количествах в состав нек-рых жировых веществ входят еще следующие спирты:

Спирты ряда $C_nH_{2n+2}O$:

Пизангцерилов	$C_{12}H_{26}O$	Без названия	$C_{24}H_{50}O$
Эталь	$C_{16}H_{34}O$	Цериловый	$C_{26}H_{54}O$
Октодециловый	$C_{18}H_{38}O$	Мирициловый	$C_{30}H_{62}O$
Карнаубиловый	$C_{24}H_{50}O$	Псиллостеариловый	$C_{33}H_{68}O$

Спирты ряда $C_nH_{2n+2}O_2$:

Без названия	$C_{26}H_{52}O_2$	Кокцериловый	$C_{30}H_{62}O_2$

Спирты ряда $C_nH_{2n-6}O$:

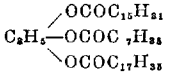
Фикоцериловый	$C_{17}H_{28}O$

Стерины:

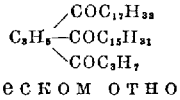
Холестерин, изохолестерин, фитостерин и ситостерин общей ф-лы $C_{27}H_{46}O$, изомеры, без твердо установленного строения.

Из стеринов наиболее важными являются холестерин, входящий в состав всех животных жиров, и фитостерин, входящий в состав растительных масел; наличие того или другого при анализе жировых веществ указывает на происхождение жира или масла. Холестерин кристаллизуется из хлороформа в виде игол уд. веса 1,067, плавящихся при 148,4—150,8°, а фитостерин кристаллизуется из спирта в виде мелких ромбических кристаллов, плавящихся при 136°.

В главной своей массе жировые вещества представляют смесь триглицеридов. Смотря по тому, какие триглицериды преобладают в данном жировом веществе, изменяются и его свойства. Так, в твердых жировых веществах преобладают глицериды стеариновой и пальмитиновой к-т (тристеарин, трипальмитин), в жидких—глицериды непредельных к-т: олеиновой, линолевой и линоленовой. Но имеются жировые вещества и со смешанными глицеридами; напр., в говяжьем сале содержится пальмитинодистеарин:



в коровьем масле—олеопальмитинобутирин:



В т е х н и ч е с к о м о т н о ш е н и и наиболее важными являются следующие свойства жировых веществ.

Большинство Ж. и м. окрашены в цвета, начиная от слабо желтого до темнокоричневого; кроме того, большинство масел при их добывании непрозрачны и мутны. Природа веществ, окрашивающих Ж. и м., еще недостаточно изучена; в большинстве случаев окраска зависит от примеси не одного, а нескольких красящих веществ. Мутность масел происходит вследствие примеси белковых и слизистых веществ. Жировые вещества можно освободить от мути отстаиванием, фильтрованием, центрифугированием; обесцвечивание или смягчение окраски достигается обработкой кислотами, щелочами, глинами, углем.

Свежедобытые жировые вещества обладают б. или м. приятным запахом, за исключением нек-рых морских жиров (см. *Ворвань*); реакция их нейтральная, но при хранении они в большей или меньшей степени начинают издавать неприятный «прогорьклый» запах, и реакция их становится кислой. Это происходит от наступающего под влиянием особого энзима—л и п а з ы—разложения на глицерин и жирные к-ты, после чего последние подвергаются более глубокому распаду. Липаза содержится в самих жировых веществах, но не в одинаковом количестве; особенно много ее в пальмовом, оливковом и касторовом маслах; липазой последнего практически пользуются для получения свободных жирных кислот в заводском масштабе. Низкая $t°$ при хранении жировых веществ в значительной степени предохраняет их от прогорькания; точно так же нагревание их до температуры около 100° способствует более продолжительному сохранению, так как липаза от действия высокой температуры утрачивает свою активность.

Уд. в. большинства Ж. и м. колеблется в пределах 0,912÷0,940; наиболее легким является спермацет, имеющий уд. вес 0,876, а

наиболее тяжелым—касторовое масло: 0,966. При хранении уд. в. жировых веществ несколько повышается: при хранении в течение месяца уд. в. оливкового масла повышается с 0,9168 до 0,9246, льняного масла—с 0,9329 до 0,9385; повышение удельного веса объясняется окислением и полимеризацией глицеридов, содержащих непредельные жирные кислоты.

Температуры плавления и застывания жировых веществ являются характерными для их отдельных представителей. Однако, следует заметить, что, во-первых, $t°_{пл.}$ не совпадает с $t°_{заст.}$, но обычно выше последней, и, во-вторых, то, что жировые вещества не имеют строго определенной $t°_{пл.}$ вследствие смешанного характера их глицеридов. Несмотря на это, при анализе жировых веществ определение этих $t°$ дает ценные руководящие указания. В заводской практике $t°_{заст.}$ жирных к-т данного жира называют его т и т р о м (что с химич. смыслом этого термина не находится ни в какой связи). Следует заметить, что жировые вещества плавятся при более низкой $t°$, чем входящие в их состав к-ты; так, напр., тристеарин плавится при +55°, а чистая стеариновая к-та—при +69,3°.

Темп-ры кипения жировых веществ не характерны, ибо при нагревании до высоких $t°$ они разлагаются, что происходит для различных жиров в пределах от 280 до 350°.

Вязкость является весьма характерной особенностью отдельных Ж. и м. и весьма важным свойством при употреблении их в качестве смазочных материалов (см. *Вязкость масел*, а также статьи в *Спр. ТЭ*: «Вискозиметрия» и «Животные и растительные масла»). Вязкость масел повышается как от нагревания их, так и от пропускания через них воздуха, чем и пользуются практически для приготовления некоторых смазок (см. *Смазочные материалы*).

Капиллярность — очень важное свойство жировых веществ, с к-рым приходится считаться при перевозке масел и к-рым пользуются для консервирования и выделки кожевенных товаров (придание коже стойкости и мягкости).

Все Ж. и м. горючи и при горении выделяют бо́льшие или меньшие количества сажи. Китайскую тушь приготовляют из сажи главным образом кунжутного (сезамового) масла. Жировые вещества употребляются в исключительных случаях и для осветительных целей, напр. для освещения шахт, мелких судов. Для этой цели идет гл. обр. сурепное масло.

Жидкие масла растительного происхождения обладают свойством высыхать; это свойство исследуется путем намазывания их на стеклянные, металлич. или деревянные пластинки; при этом наблюдают, в какой мере и в течение какого времени происходит высыхание. Соответственно времени высыхания жидкие растительные масла разделяются на высыхающие, полувысыхающие и невысыхающие. К первым относятся масла: льняное, конопляное, маковое, ореховое, тунговое, подсолнечное (здесь перечислены лишь масла, имеющие наибольшее технич. значение); к полувысыхающим принадлежат: хлопковое, кунжутное, горчичное, сурепное; к невысыхающим—оливковое, миндальное, арахидное и касторовое. Свойство масел высыхать имеет очень большое практич. значение для приготовления *олифы* (см.) и находится в непосредственной связи с содержанием в масле глицеридов ненасыщенных к-т: чем их больше и чем большей непредельностью отличаются к-ты, образующие глицериды данного сорта масла, тем большей высыхающей способностью оно обладает. Химизм высыхания заключается в окислении масла кислородом воздуха и в частичной полимеризации его частиц за счет имеющихся двойных связей в непредельных к-тах. Доказательством окисления масел служит увеличение веса масла при его высыхании: пластинка, намазанная льняным маслом, через 2 дня дала привес в 14,3% от веса масла, пластинка с ореховым маслом—в 7,9%, с хлопковым маслом — в 5,9%. Кунжутное масло через 7 дней дает привес в 2,4%, а оливковое—лишь в 1%. Для приготовления олифы применяют гл. обр. льняное масло, обладающее наибольшей высыхающей способностью. Окисленное и полимеризованное льняное масло называют л и н о к с и н о м. Продувание воздуха, нагревание, присутствие катализаторов в виде окислов металлов и некоторых органических соединений ускоряют образование линоксина.

Омыление представляет собой гидролитич. процесс, в результате которого происходит расщепление жировых веществ на глицерин и жирные к-ты; если же омыление производится растворами щелочей, то жировые вещества образуют при этом глицерин и щелочные соли жирных кислот—т. н. мыло. Схематически процесс омыления м. б. выражен следующими ур-иями:

$$C_3H_5(OR)_3 + 3HOH = C_3H_5(OH)_3 + 3ROH$$

$$C_3H_5(OR)_3 + 3NaOH = C_3H_5(OH)_3 + 3RONa$$

Процесс гидролиза идет постепенно, т. е. сначала из триглицеридов образуются диглицериды, затем моноглицериды, и, наконец, уже происходит полный гидролиз. Гидролиз жировых веществ может быть вызван действием воды, водяного пара, кислот, щелочей и энзимов. При обыкновенной $t°$ вода гидролизует жировые вещества очень медленно: мелкораздробленный до состояния эмульсии жир можно разложить водой лишь в течение 2—3 месяцев, но присутствие к-т и щелочей ускоряет процесс. Водяной пар, даже перегретый, также весьма медленно гидролизует Ж. и м., но при высоком давлении и особенно в присутствии небольших количеств щелочей или кислот гидролиз паром идет очень быстро. Кислоты действуют в качестве катализаторов и отчасти способствуют эмульгированию жиров. В практическом отношении самым важным способом омыления жировых веществ является омыление растворами щелочей—процесс, на котором основано мыловарение. Не все жиры омыляются с одинаковой скоростью, но строгой закономерности между составом жира и скоростью омыления нет. На скорость

омыления оказывают большое влияние как концентрация щелочи, так и температура; в общем наиболее благоприятными являются концентрация щелочи 15—20° Bé и омыление при кипячении, но некоторые жиры омыляются и на холоду и требуют иной концентрации щелочи. Углекислые щелочи омыляют лишь свободные к-ты, аммиак — лишь при нагревании. В общем натровая щелочь с твердыми жирами дает твердые мыла, а калийная—мягкие или жидкие (см. *Мыловаренное производство*).

Водород в отсутствии катализаторов на жировые вещества, как и на жирные к-ты, не действует, но в присутствии катализаторов переводит глицериды ненасыщенных к-т в глицериды насыщенных, т. е. жидкие жировые вещества превращает в твердые.

Кислород способствует окислению жировых веществ, особенно в присутствии катализаторов—окислов металлов, на что уже указывалось при описании высыхания жировых веществ.

Галоиды действуют на Ж. и м., содержащие непредельные жирные к-ты, соединяясь с ними по месту двойных связей. Этим свойством широко пользуются при анализе Ж. и м. (см. *Иодное число*). Твердые жиры, заключающие в себе незначительные количества непредельных жирных кислот, дают незначительные иодные числа; жидкие масла, наоборот, обладают высокими иодными числами, и чем бóльшие количества ненасыщенных к-т содержатся в масле, тем больше его иодное число. При анализах пользуются также и определением «бромного числа».

Серная кислота при нагревании разлагает нацело жиры на глицерин и жирные к-ты. Этим свойством пользуются для получения свободных жирных кислот (см. *Стеариновое производство*). Жиры, содержащие олеиновую к-ту, при действии крепкой серной к-ты дают глицерин и оксистеариновую кислоту. При взаимодействии жировых веществ с крепкой серной к-той $t°$ смеси повышается и тем сильнее, чем больше непредельных к-т содержится в жировых веществах. Этим свойством пользуются при анализе Ж. и м.

Азотная к-та окисляет Ж. и м., а в смеси с серной к-той нитрует их. Азотистая к-та, действуя на жидкие масла, содержащие олеиновую к-ту, переводит их в твердые, образуя изомер олеина—э л а и д и н. Этим свойством пользуются при анализе масел. Жировые вещества, действуя на металлы, разъедают их, но не в одинаковой степени, при чем закономерности, в смысле влияния состава жировых веществ на этот процесс, не наблюдается; напр., ворвань на медь не действует, а растительные масла разъедают ее; при соприкосновении названных жиров с железом наблюдается для обоих случаев обратное действие.

Оптические свойства Ж. и м. довольно характерны: различные жировые вещества обладают различными показателями преломления, чем пользуются при их анализе, особенно при анализе коровьего масла; имеется особый рефрактометр Аббе, которым пользуются при определении доброкачественности коровьего масла. Большинство жиров вращают плоскость поляризации в незначительной степени, и вращательная способность зависит от присутствия холестерина или фитостерина; однако, некоторые жировые вещества (напр. касторовое масло) обладают вращательной способностью и независимо от содержания в них стеринов.

А н а л и з Ж. и м. является одним из сложнейших методов контроля химич. производств, вследствие сложности и непостоянства состава даже у одного и того же представителя жира или масла. Для анализа невозможно выделять каждую из жирных к-т в отдельности и взвешивать ее или титровать; если бы в отдельном случае и можно было это сделать, то такая работа потребовала бы очень большого труда и в сущности почти ничего не дала бы для суждения о технич. достоинстве того или иного жирового вещества. Поэтому при анализе Ж. и м. приходится комбинировать целый ряд методов, руководствоваться физич. свойствами жировых веществ, их качествен. реакциями и т. д. и уже на основании совокупности полученных данных судить о составе жирового вещества и его доброкачественности. Следует еще заметить, что многие методы анализа являются чисто условными, дающими колеблющиеся результаты в зависимости от условий применения этого метода, от $t°$, концентрации реагентов, от выбора того или иного растворителя, и т. п. В виду указанных обстоятельств крайне необходимо строго стандартизировать методы анализа жиров. В настоящее время Об-вом герм. заводчиков жировой промышленности выработаны стандартные методы исследования Ж. и м. (Einheitsmethoden für Fettanalysen). В СССР работа по стандартизации методов анализа Ж. и м. еще не закончена, и пока приходится базироваться на герм. данных. Анализ жировых веществ приходится производить как на з-дах, вырабатывающих или перерабатывающих их, так и в лабораториях, преимущественно контролирующих состав пищевых жиров. В последнем случае работа по распознаванию столь часто практикующейся фальсификации жировых веществ является очень ответственной. Определение физическ. констант, как то: уд. веса, $t°_{пл.}$ и $t°_{заст.}$, рефракции и поляризации, позволяет несколько ориентироваться в природе жировых веществ. Достаточно характеризует наличие растительных жиров высокое иодное число. Большое количество летучих кислот указывает на присутствие коровьего масла. При рассмотрении процесса омыления из уравнения реакции видно, что различные жиры требуют для своего омыления различных количеств щелочи. Применяя для омыления щелочь определенной концентрации, можно найти т. н. к о э ф ф - т о м ы л е н и я, или ч и с л о К е т т с т о р ф е р а, т. е. данные, на основании к-рых с большей или меньшей вероятностью можно сделать предположение о присутствии в жировом веществе той или иной жирной к-ты. Еще ближе к возможности определения состава жирных к-т можно подойти путем выделения их посредством омыления, разложения мыла H_2SO_4 и определения мол. веса жирных к-т. По э л а и д и н о в о й п р о б е азотистой к-той можно судить о присутствии олеина

в жире. Присутствие в жирах оксикислот констатируется определением *ацетильного числа* (см.), т. е. количества уксусной к-ты, вступившей в реакцию с оксигруппами данного жирового вещества. Некоторые жиры имеют характерные индивидуальные реакции: напр., кунжутное масло дает с соляной к-той и с сахаром красное окрашивание. На основании полученных данных вышеописанного анализа можно судить о принадлежности исследуемого жирового вещества к тому или иному виду масла или жира и этим путем установить бо́льшую или меньшую степень доброкачественности товара; можно иногда б. или м. точно установить и химич. состав масла, но, конечно, эта точность будет весьма относительна по сравнению с методами неоргапич. количественного анализа или, напр., с методами определения сахара в свекловице.

Экономическое значение Ж. и м. В силу того, что огромное количество жировых веществ добывают в странах малокультурных, с плохо поставленной статистикой, а также принимая во внимание то обстоятельство, что часто жировая промышленность носит домашний или полукустарный характер, трудно поддающийся учету,—определить ежегодную мировую добычу Ж. и м. более или менее точно не представляется возможным. Герм. ученый Гефтер подходит к определению мировой продукции Ж. и м. след. обр.: население земного шара равно 1 500 млн. человек; для поддержания жизни человеку необходимо ежедневно принимать в пище не менее 60 *г* жиров. Если принять, что половину этого количества, т. е. 30 *г*, человек съедает в мясе, рыбе и т. д., то другую половину он должен получить в виде масла или жира. При таком допущении получится, что ежедневно все человечество съедает 45 млн. *кг* жировых веществ, т. е. в год 17 млн. *т*. По статистике ввоза и вывоза, а равно и потребления, Гефтер вычисляет, что до войны 1914—18 гг. мировое производство жировых веществ выражалось в 7 153 000 *т* в год, при чем на долю животных жиров приходится 1 692 000 *т*, а на долю растительных—5 461 000 *т*. По отдельным жирам добыча распределяется следующим образом (в тыс. *т*):

Животные жиры

Коровье масло	695	Жиры морских рыб (сеголедок, сарделей и др.)	50
Говяжье сало	350	Китовый жир	13
Свиное »	300	Тресковый жир	4
Баранье »	280		
		Всего	1 692

Растительные жиры

Хлопковое масло	1 833	Пальмовое масло	80
Оливковое »	874	Кунжутное »	50
Кокосовое »	860	Пальмоядерное масло	42
Льняное »	753	Маисовое »	18
Сурепное »	360	Маковое »	15
Тунговое »	190	Касторовое »	14
Подсолнечное масло	190	Рыжиковое »	1
Арахидное »	100	Горчичное »	1
Конопляное »	80		
		Всего	5 461

Из приведенных цифр видно, что статистика дает количество жировых веществ, вдвое меньшее вычисленного Гефтером. Очевидно, статистика очень неполна, и от нее ускользают весьма значительные количества жировых веществ; в качестве примера можно указать коровье и кунжутное масла. Добыча коровьего масла в ряду животных жиров занимает первое место, составляя 37% всех животных жиров, а между тем это масло в значительной части производится домашним способом, и сколько его производится в действительности — неизвестно. Относительно кунжутного масла известно, что им питается около $^1/_3$ всего человечества; считая по 30 *г* на чел. в день, это составляет в год более 5 млн. *т*, а, по статистике, обращающееся на рынке кунжутное масло составляет лишь $^1/_{100}$ часть вычисленного; такое несоответствие вполне понятно, если принять во внимание то, что кунжут произрастает главным образом в Азии, среди мало охваченного статистикой населения. Не входит в статистику и производство соевого масла (бобов сои, см. *Бобовое масло*), между тем как оно обращается на рынках в количестве около 400 000 *т*; сколько его потребляется в Китае—неизвестно. Из вышеприведенных данных Гефтера видно, что среди жировых веществ на первом месте стоят растительные масла (76% общего количества). К концу прошлого века наблюдалось сильное уменьшение добычи животных жиров и увеличение добычи растительных, и казалось, что роль животных жиров в общей экономике жировых веществ падает. И действительно, во многих странах, в том числе и в России, салотопление сильно сократилось (распахивание степей, падение овцеводства), хотя, с другой стороны, с несомненностью идет увеличение производства коровьего масла; однако, за последнее десятилетие в некоторых странах обнаруживается сильное увеличение производства свиного сала; например, в 1912 г. в С. Ш. А. было добыто животных жиров 334 817 *т*, а в 1924 году одного свиного сала получено 718 000 *т*. Весьма вероятно, что новые формы скотоводства (усиленное стойловое кормление рогатого скота, увеличение свиноводства, развитие овцеводства в Аргентине и Австралии) снова повысят значение животных жиров. Что касается жиров морских животных, то, повидимому, нельзя рассчитывать на значительное увеличение их добычи: хищничество в области китобойного дела прошлых веков сказывается и в настоящее время.

Война 1914—18 гг. в значительной степени отразилась на добыче растительных жиров; в настоящее время еще трудно подвести итоги, но все же можно по цифрам добычи главнейших маслосемян отметить несомненное увеличение производства растительн. масел:

Вид семян	Добыча в тыс. *т* 1912 г.	1924 г.
Хлопчатниковое семя	7 200*	10 330
Льняное семя	2 600	3 330
Бобы сои	—	3 151
Подсолнечное семя	1 330	3 180
Земляные орехи	800	3 500
Кунжутное семя	260	577
Копра	—	2 000
Рапсовое семя	—	1 324

Конечно, эти числа нельзя считать точными, но все же они достаточно характеризуют добычу маслосемян в настоящее время и

* Данные на 1900 г.

несомненный рост ее. Из отдельных стран, производящих растительные масла в значительных количествах, более точные сведения о добыче за последние годы имеются относительно Англии, С. Ш. А., Венгрии и СССР. В Англии в 1924 г. было выработано 472 700 *т* растительных масел, из них: льняного — 124 800, пальмоядерного — 119 460, хлопкового—87 200 и арахидного—29 100 *т*. В С. Ш. А. в 1923 г. кокосового и пальмоядерного было выработано 271 270 *т*, пальмового — 102 323 *т* и жидких растительных масел—118 206 *т*. В Венгрии в 1926 г. было переработано масличного сырья 405 000 *т* и выработано масел 60 827 *т*, в том числе подсолнечного 19 988 *т*. В России к началу настоящего века было еще сильно развито производство животных жиров и слабо развита добыча растительных масел. Производство первых составляло ок. 50% мировой добычи (по Гефтеру), производство же вторых—лишь 7% мировой добычи. После войны 1914—18 гг., по данным Народного комиссариата продовольствия, ежегодная добыча в СССР трех основных растительных масел (подсолнечного, льняного и конопляного) равнялась 360 000 *т*, при чем на долю подсолнечного приходилось 180 000, льняного—110 000 и конопляного—около 66 000 *т* (по Шестакову). В последнее время замечается увеличение интереса к культуре масличных растений, особенно подсолнуха, площадь посевов к-рого увеличилась более чем вдвое. По данным Всесоюзного маслобойно-жирового синдиката (Масложирсиндикат), итоги маслобойной промышленности СССР за 1925/26 г. представляются в следующем виде (добыча масла в *ц*):

Маслобойная промышленность СССР за 1925/26 г.

Вид масел	Синдицир. промышленность	Несиндицир. промышленность	Всего
Подсолнечное . .	5 124 191	818 747	5 942 938
Льняное	1 295 829	386 889	1 682 718
Конопляное . . .	224 122	47 854	271 976
Прочие масла . .	193 565	68 369	261 934
Всего . .	6 837 707	1 321 859	8 159 566
Число з-дов . . .	90	44	134

Что касается вопроса о добыче в настоящее время в СССР животных жиров, то ответить на этот вопрос сколько-нибудь правильно совершенно невозможно, т. к. салотопенная промышленность не организована, а на мыловаренные з-ды сало попадает как случайный материал; главную же основу сырья на этих з-дах представляют гидрогенизированные растительные масла.

В общем можно сказать, что 40—45% жировых веществ перерабатываются на мыло, а остальные 55—60% потребляются непосредственно в пищу или же служат материалом для производства искусственных пищевых жиров—маргарина, коковара, саломаса и др. По отдельным странам род применения жировых веществ весьма разнообразен. Напр., в Англии производят мыла 441 000 *т*; т. о., на его приготовление расходуется около 40% добываемых жиров; в СССР производят мыла ок. 100 000 *т*; следовательно, на мыло идет всего 8%; в С.Ш.А. вырабатывают мыла 1 125 000 *т*, т. е. более 50% жиров идет для приготовления мыла. В настоящее время в Зап. Европе и Америке значительная часть жировых веществ потребляется на производство *маргарина* (см.), животного и растительного. Напр., в С. Ш. А. на маргарин идет 19% добываемого кокосового масла, 72% хлопкового, 60% арахидного и 2% соевого. Применение жировых веществ в качестве смазочных материалов в настоящее время ничтожно.

Лит.: Шестаков П. И., Лекции по органич. технологии, Л., 1928; Лялин Л. М., Органич. технология, ч. 1, 1920—22, ч. 2, 1923—24; «Маслобойно-жировое дело», М., с 1925; Иванов С. Л., Учение о растительных маслах. М., 1924; Grün A., Analyse d. Fette u. Wachse, 1925; Dawidsohn J., Untersuchungsmethoden d. Öle, Fette u. Seifen, B., 1926; Hefter G., Technologie d. Fette u. Öle, B. 1—3, B., 1921; Glikin W., Chemie d. Fette, Lipoide u. Wachsarten, B. 1—2, B., 1912—13; Handb. d. Chemie u. Technologie d. Öle u. Fette, hrsg. v. L. Ubbelohde u. F. Goldschmidt, B. 1—4, Lpz., 1908—24; Lewkowitsch J., Technologie et analyse chimiques des huiles, graisses et cires, t. 1—2, P., 1906—09; «Seifensieder-Ztg», Augsburg, ab 1918 **Л. Лялин.**

ЖМЫХИ, избоина, дуранда, макуха, остатки от извлечения жира из семян масличных растений, хорошее кормовое средство для сельскохозяйственных животных, в особенности для молочного скота (см. *Маслобойное производство*).

В практике кормления животных наиболее употребительны следующие Ж.: земляных орехов, хлопковые без шелухи, хлопковые с шелухой, кунжутные, Ж. сои, подсолнуховые, рапсовые, конопляные, льняные, кокосовые, пальмовые, буковых орешков и Ж. бабассу. Питательное достоинство Ж. объясняется богатым содержанием переваримых белковых веществ, содержанием жира и малым количеством трудно переваримой клетчатки. Сравнительная питательность Ж. разного происхождения видна из нижеследующей таблицы, в которой эта питательность выражена в питательной силе зерна—кормовой единице, т. е. указано, сколько *кг* зерна соответствует по питательной силе 1 *кг* Ж. данного сорта.

При употреблении Ж. в корм необходимо убедиться в их доброкачественности и свежести. Ж. не д. б. ни в какой степени прогорьклыми, д. б. совершенно свободными от малейшего заплесневения. Прогорыклость происходит от прогорькания жиров, благодаря слишком долгому хранению, а заплесневение—вследствие хранения в плохо проветриваемом помещении. В Ж., имеющих вид плотно спрессованных плиток, могут заключаться опасные для жизни животных предметы, напр. гвозди.

В зависимости от способов извлечения жиров из масличных семян получаются Ж. различного состава и прочности. В кустарном маслобойном производстве при отжимании масла из семян конопли или льна получаются Ж. более рыхлые, более богатые жиром и скоропортящиеся. Такие Ж. нужно скорее скармливать, т. к. они плохо переносят хранение. Все сорта Ж. должны подвергаться предварительной подготовке, которая сводится к

Питательность жмыхов разного происхождения в кормовых единицах.

Название жмыхов	Корм. ед. в 1 *кг* жмыха	Жмыха на 1 корм. единицу в *кг*		Переваримых белков в *г*	
		средн.	от—до	на 1 корм. ед.	на 1 *кг* жмыха
Земл. ореха без шелухи .	1,25	0,80	0,7—0,9	329	411
Хлопковый (Техас) . . .	1,18	0,85	0,8—0,9	320	376
» (Нью Орлеан).	1.05	0,95	0,9—1,0	289	304
» с шелухой . .	0,71	1,40	1,2—1,6	235	168
Кунжутный	1,25	0,80	0,7—0,9	300	375
Жмых сои	1,25	0,80	0,7—0,9	305	381
Дробина сои	1,18	0,85	0,7—0,9	341	401
Подсолнухов. украинский	1,11	0,90	0,8—1,0	267	297
» саратовский	1,00	1,00	0,9—1,1	279	279
» с шелухой .	0,83	1,20	1,0—1,5	198	165
Рапсовый обыкновенный .	1,11	0,90	0,8—1,0	214	238
» индийский . .	1,05	0,95	0,8—1,0	234	246
Конопляный мелкий . . .	0,83	1,20	1,0—1,4	311	259
» крупный . .	0,87	1,15	1,0—1,4	292	254
Льняной	1,11	0,90	0,8—1,0	228	253
Кокосовый	1,11	0,90	0,8—1,0	146	162
Пальмовый	1,00	1,00	0,9—1,1	127	127
Жмых бабассу	1,11	0,90	0,8—1,0	150	167

размельчению их на особой машине, *жмыходробилке* (см.). Измельчение производится до состояния муки или тонкой дерти, дающей возможность смешения разных сортов, т. к. считается нецелесообразным скармливать в отдельности какие-нибудь сорта Ж. Целесообразно задавать Ж. в виде смеси, составленной из нескольких сортов Ж. с примесью отрубей и муки или дерти различных хлебов. Такие смеси охотно и в больших количествах поедаются животными и не производят неблагоприятного действия ни на органы пищеварения животных ни на качество получающихся от животных молочных или иных продуктов. При даче животным в большом количестве какого-нибудь одного сорта Ж. наблюдается понижение качеств молока, ухудшение качества жира у откармливаемых животных, поносы, выкидыши (напр., от рапсового Ж.) и другие неблагоприятные последствия. Умение составлять кормовые смеси из разных Ж. и других кормов высоко ценится, и нек-рые особенно удачные смеси зачастую держатся хозяевами в секрете. В Дании кормовые смеси продаются в готовом виде, в запломбированной упаковке под литерами, напр. смесь A, B, C и т. п. Торговцы смесями контролируются правительственными организациями и строго отвечают за злоупотребление в составлении смесей. При кормлении жмыховыми смесями отпадает вопрос о неблагоприятном действии того или иного сорта жмыхов, так как в смесях ни один из сортов жмыхов не может входить в количествах чрезмерно больших. Каждая смесь должна заключать в себе гарантированное количество белков в 1 *кг*, с допускаемыми колебаниями. Так, например, датские употребительные смеси A, B, C и D должны содержать следующее количество белков (в скобках указаны допускаемые пределы; числа даны в *г*):

A—в средн. 140 (125÷160) C—в средн. 300 (280÷320)
B—» » 240 (220÷260) D—» » 350 (330÷370)

Смеси в пределах указанного содержания белков могут составляться в разных комбинациях отдельных сортов кормов. Так, смесей A обращается в продаже 8 комбинаций, B—7, C—6 и D—5, фактически удовлетворяющих требованиям белкового содержания. Наприм., № 1 смеси A: 20 *кг* подсолнухового Ж., 10 *кг* рапсового, 10 *кг* кокосового и 10 *кг* пальмового; № 3 смеси A: 10 *кг* рапсового Ж., 10 *кг* льняного, 25 *кг* кокосового и 25 *кг* пальмового; № 1 смеси D, богатой белками, содержит: 20 *кг* Ж. земляного ореха, 20 *кг* хлопкового, 10 *кг* кунжутного, 20 *кг* Ж. сои, 10 *кг* рапсового, 20 *кг* кокосового.

При кормлении жмыховыми смесями не требуется никакой их подготовки в виде заваривания, запаривания или приготовления пойл или болтушек. Смесь лишь слегка спрыскивается водой, чтобы мучнистая масса не пылила и не раздражала слизистых оболочек носа и глаз животных. Обычно смесь сильных кормов идет первой в дачу, а после нее дают другие корма. Такой уклад кормления позволяет скормить корове за кормовый год до 1 000—1 200 *кг* жмыховых смесей, при чем отмечается резкое повышение удоя. Без кормовых смесей не мыслимо современное молочное хозяйство, работающее в молочно-индустриальном направлении.

Задачи индустриализации сел. хозяйства в СССР ставят во весь рост вопрос о скармливании у себя всей массы получающихся у нас разных сортов Ж. и о ввозе к нам Ж. пальмовых и кокосовых. Население теперь уже поняло смысл скармливания Ж. и предъявляет большой спрос на них. Показателем степени индустриализации сел. хозяйства будет служить количество Ж., скармливаемых на голову с.-х. животных. Ж. применяются не только в дачах молочному скоту, но и молодняку рогатого скота, свиньям и лошадям. Развитие культуры масличных растений в СССР, и в особенности подсолнуха, ставит перед нами вопрос о скармливании подсолнуховых Ж., против к-рых у нас существует совершенно несправедливое предубеждение. При отсутствии сильных жмыходробилок возникают затруднения при измельчении подсолнуховых Ж.; в таком случае можно прибегнуть к запариванию их в корчагах и даже замачиванию в холодной воде. Конечно, это затруднение временное, и при развитии коллективизации не будет затруднений к приобретению сильных жмыходробилок. Только при употреблении Ж. мы сможем хорошо использовать грубые корма, к-рые теперь не скармливаются, а растрачиваются без пользы, т. к. на одних грубых кормах нельзя получить большой продуктивности животных, вместе же с сильными грубые корма превосходно используются.

Лит.: Богданов Е., Кормление молочных коров, 2 изд., М., 1916; Кельнер О., Кормление с.-х. животных, пер. с нем., Л., 1926; Генри и Моррисон, Корма и кормление, пер. с англ., М., 1924; Лискун Е., Кормление с.-х. животных, Москва, 1926. **Е. Лискун.**

Ж. как удобрение по своему удобрительному действию соответствуют ближе всего отбросам животного происхождения:

содержание: 5—7% азота, 1—2,34% фосфорной к-ты и 0,5—1% окиси калия. Ж. применяют на удобрение обыкновенно в случае их порчи; кроме того, идут на удобрение Ж., непригодные для кормления вследствие их ядовитости, напр. клещевинный Ж., к-рый получается на маслобойных з-дах при производстве касторового масла. Клещевинный Ж. как удобрение широко применяется за границей. Опытами установлено, что клещевинный Ж. легко разлагается, и содержащиеся в нем питательные вещества в первый же год в значительной мере становятся доступными для растений. Принимая за 100% прибавку в урожае от азота селитры, находили прибавки: 74—85% от клещевинного Ж., 79,6% от льняного и 75,5% от хлопкового. Опыты с применением Ж. на удобрение у нас весьма малочисленны. Если принять за 100% прибавку урожая от селитры, то прибавка в % от клещевинного Ж. в вегетационных опытах составляла:

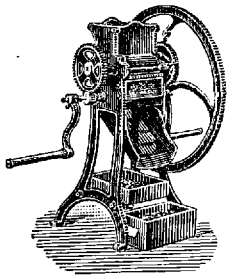
Почва	Растения	Прибавка
Суглинок	Пшеница	136
»	Лен	190
»	Овес	55
»	Ячмень	80
Чернозем	Просо	60
Песчаная почва	Гречиха	110

Многочисленные полевые опыты с клещевинным Ж. были проведены П. В. Будриным, к-рый считает, что клещевинный Ж. является преимущественно азотным удобрением; по своей усвояемости содержащийся в клещевинном Ж. азот почти равен азоту селитры. Рекомендуемая норма внесения клещевинного Ж.—1 *т* на *га*. Продуктивность его определяется как способность давать прирост зерна, равный $^1/_2$ весовой единицы клещевинного Ж. Такое соотношение еще д. б. проверено. В районе хлопководства ставились опыты с применением хлопкового Ж. По данным опытных полей Голодностепского, Андижанского и Асхабадского, применение 0,7—1,2 *т* на *га* хлопкового Ж. давало прибавку урожая хлопка-сырца от 0,3 до 2 *т* на *га*. Хлопковый Ж., содержащий органич. азот, в условиях орошаемых почв имеет некоторое преимущество перед минеральным азотом.

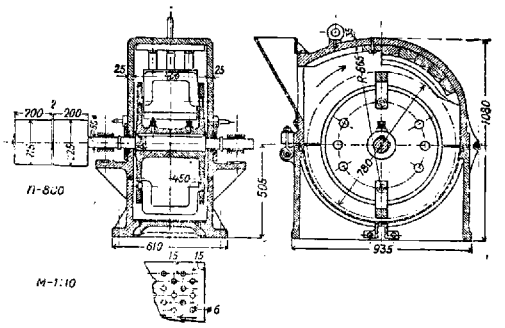
Лит.: Никитинский Я., Клещевина, СПБ, 1896; Дояренко А., Опыты с азотистыми туками органич. происхождения, сб. «Из результатов вегетац. опытов за 1904, 1906 и 1907 гг.», под ред. Д. Прянишникова, М., 1909; Юферев В. И., Хлопководство в Туркестане, Л., 1925. **Д. Дружинин.**

ЖМЫХОДРОБИЛКИ, машины для измельчения *жмыхов* (см.). Жмыхи продаются в виде твердых пластин, которые перед дачей скоту д. б. раздроблены на возможно мелкие куски. Обычное раздробление на куски до величины лесного ореха следует считать недостаточным, т. к. переваривание таких крупных кусков очень затруднительно, в особенности при подсолнечном жмыхе, заключающем в себе много расколотой шелухи (в виде острых иголок), зачастую вызывающей воспаление кишечника. Поэтому жмых лучше измельчать до крупности дробины, а подсолнуховый жмых размельчать в муку.

Рабочей частью Ж. (фиг. 1 и 2) являются вальцы, снабженные зубьями. Ж. с одной парой вальцов применяются для более мягких жмыхов, а для более жестких применяются дробилки двойного действия с одним добавочным валом или второй парой вальцов; верхняя пара тогда производит грубое дробление, а нижняя измельчает жмых окончательно. Значительно распространена Ж. двойного действия Бемфорда с тремя вальцами; снизу дробилка снабжена ситом, разделяющим раздробленные жмыхи на крупные и мелкие куски; крупные можно пропустить через Ж. вторично. Работу вальцов регулируют, изменяя расстояние между ними. Ж. с одной парой вальцов имеют производительность от 65 до 80 *кг/ч*, а с двумя парами вальцов—120÷160 *кг/ч*. Существует мнение, что современные Ж. не удовлетворяют своему назначению, т. к. отламывающиеся зубья вальцов являются опасными для скота (Фрейман). На ферме С.-х. академии им. К. А. Тимирязева и на Бутырском хуторе для дробления жмыхов применяются дезинтеграторы



Фиг. 1.



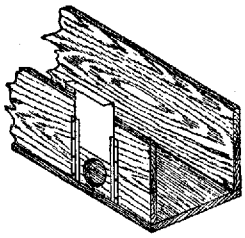
Фиг. 2.

системы Клеро, снабженные чугунными билами, насаженными на вал и помещенными внутри чугунной коробки; число оборотов вала 1 200 в минуту; производительность—1 *т* жмыха в час. **Б. Криль.**

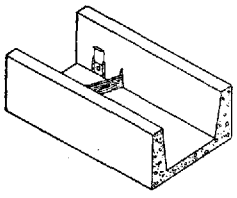
ЖОЛОБ, искусственное русло, проводящее жидкости или сыпучие тела.

В мелиоративном деле Ж. служит для стока оросительной воды или воды с осушаемых угодий. Особое распространение имеют желоба при орошении садов способом «бороздок». Такие Ж. делаются деревянные или бетонные. Деревянные Ж. делаются обыкновенно из 25-*мм* или 38-*мм* досок и имеют глубину от 10 до 25 *см* и ширину от 15 до 30 *см*. Связи располагаются через каждый *м* и делаются из брусков 5 × 10 *см*. В середине пролета между связями имеется отверстие, закрываемое заслонкой, в роде показанной на фиг. 1, служащее для выпуска воды в бороздки. Ж. дается продольный уклон до 0,002. Когда грунт имеет больший уклон, то возле каждого отверстия поперек Ж. ставят маленькие подпруды, обеспечивающие достаточно покойное движение воды в жолобе. Из дерева Ж. делают только в

местах, изобилующих очень дешевым лесом, чаще их изготовляют из бетона (фиг. 2). Бетонные Ж. при одной и той же пропускной способности обходятся вдвое дороже деревянных, но быстрое гниение дерева, в особенности если Ж. непосредственно прикасается к земле, делает бетонные Ж. в конце концов более выгодными. Бетонные Ж. получили в последнее время столь широкое распространение в орошаемых районах Сев. Америки, что изобретены даже машины для изготовления и укладки Ж. прямо на месте



Фиг. 1.



Фиг. 2.

в садах. Работа по укладке Ж. при помощи таких машин в общих чертах состоит в следующем: ящик машины наполняют цементным раствором, состоящим из 1 ч. цемента на 6 ч. крупнозернистого песка с прибавлением очень небольшого количества воды. Этот раствор при помощи рычага направляют в выходное отверстие через ряд пластинок, придающих смеси форму Ж. Таким образом, по мере отступания машины, Ж. прокладывается одной непрерывной линией через весь садовый участок. Когда Ж. готов, до того как раствор затвердеет, в боковую стенку Ж. с наружной стороны вставляют короткие трубочки от 2 до 4 *см* в диаметре (величина их зависит от размеров Ж.). Течение воды в этих трубках регулируется оцинкованными заслонками, показанными на фиг. 2. Машинные Ж. выделываются пяти размеров, начиная с ширины по дну в 12 *см* и кончая 35 *см*.

Ж. имеют также применение в канализационном деле на *полях орошения* (см.), где они служат для распределения сточных вод по отдельным фильтрационным участкам. Принцип устройства и работы этих Ж. тот же, что и в мелиоративном деле. Рассчитывают Ж. по количеству пропускаемых по ним сточных вод.

Ж. служат также для приема и отвода дождевых и откачиваемых вод, для направления воды на водяные колеса, и пр. Желоба на крышах см. *Крыши*.

Ж. для сыпучих тел устраивают подобно Ж. для жидкостей. **И. Скорняков.**

З

ЗАБОЙ, стенка горной выработки, в которой производится выемка полезного ископаемого или пустой породы. Обычно термином забой обозначают подвигающийся конец выработки, или же «рабочее пространство» у конца выработки. Плоскость забоя может быть горизонтальной, вертикальной или наклонной. При горизонтальном З. работы м. б. направлены сверху вниз (напр. при проходке шахт, скважин) или снизу вверх (проходка гезенков, углубка шахт «под зумпфом»); при вертикальном З. ось выработки м. б. горизонтальной или наклонной. Наклонные З. имеют место, напр., при выемке пласта, имеющего падающий к З. кливаж, а также при открытых работах в слабых породах. Размеры З. колеблются в широких пределах—от 5 *см*² (при бурении) до нескольких десятков и даже сотен *м*² (при гидравлич. разработках, при разработках штоков каменной соли). В зависимости от направления работ различают З. по простиранию и З. по падению; названия очистной З. и подготовительный З. указывают на характер работ (очистные работы, подготовительные работы—см. *Горные работы*). В зависимости от системы очистных работ различают: сплошной З., когда целый подэтаж или отдельные столбы выбираются непрерывным З.; отступающие З., когда они идут один позади другого в отступающем порядке; потолкоуступный З.—при потолкоуступной системе разработок; диагональный З., когда он направлен под углом к линии падения. З., не омываемый струей свежего воздуха, носит название глухого З. Проветривание глухих З. производится при помощи труб, вентиляционных перемычек или ручных вентиляторов.

Лит.: Бокий Б. И., Практич. курс горн. искусства, т. 3—Эксплоатация месторождений, М.—П., 1923.

ЗАБОЛАЧИВАНИЕ, процесс образования избыточно-увлажненных почв. Основные свойства таких почв резко отличаются от основных свойств почв с нормальной обычной влажностью. Процессы разложения органич. вещества происходят в них при недостатке кислорода и воздуха и при избытке воды. В зависимости от количества избыточной воды, недостатка воздуха в почве и состава материнской породы различают несколько видов избыточно-увлажненных почв, при чем во всех видах наблюдается переход от минеральных почв избыточного увлажнения, обычно подзолистых, к полуболотным и болотным почвам, состоящим из обычных торфяников. Процесс разложения органич. вещества и превращение его в минеральное при избытке воды в почве идет медленно. Процессы З. обычно свойственны районам, где климатич. и почвенные условия благоприятны для развития растительности и где излишек влаги и низкая $t°$ препятствуют перегниванию отмерших частей растительности. Остатки отмерших растений, не имея возможности перегнивать, образуют насыщенные водой скопления, известные под названием торфа (заторфовывание).

В практике осушительного дела различают процесс З. на водоемах и на суходолах.

Процесс образования болот на водоемах состоит в том, что на дне водоема со стоячей водой развивается подводная растительность, состоящая из рдестов (Potamogetonaceae), роголистников (Ceratophyllaceae), пузырчатки (Utricularia) и др. Отмершие остатки этих растений, осаждаясь на дно, образуют т. о. «гиттии» (Mudden). Одновременно с этим от берегов при глубине воды в водоеме 1—1¼ *м* надвигаются камыши (Scirpus lacustris L.), способствующие обмелению водоема и появлению таких растений, как тростник (Phragmites communis), манник (Glyceria), лютик (Ranunculus aquatilis L.), водяная лилия (Nymphaea alba L.) и других, составляющих группу камышево-тростниковых растений. По мере отмирания камышево-тростниковой растительности и уменьшения глубины воды в водоеме за счет накопления илисто-торфяного слоя, появляются хвощи, иловатый (Equisetum limosum L.) и болотный (Equisetum palustre L.), в более значительном количестве манник (Glyceria aquatica Whlb.) и др.; при этом происходит полное заболачивание (оторфование) части водоема, и торфяная масса (подушка), поднимаясь уже выше горизонта меженних вод водоема, вызывает смену растительности. Эта стадия заболачивания обычно характеризуется появлением осок (Carex), к к-рым примешиваются канареечник тростниковый (Phalaris arundinacea L.), вейник (Calamagrostis lanceolata Roth.) и др. Кроме этих растений, на

заболачивающихся землях появляются мхи гипновые и кусты ивы (Salix pentandra) и ольхи (Alnus glutinosa). По мере дальнейшего развития растительности процесс З. продолжает развиваться за счет отмирающей растительности и, выйдя из пределов затопления весенними и паводковыми водами, постепенно сменяет осоковую растительность на гипновые мхи. На таком болоте при уплотнении торфа образуются кочки. Развивающийся процесс торфообразования и связанное с этим обеднение почвы влечет за собой появление березы и сосны и вытеснение ольхи. Вместе с березой и ольхой появляются белые сфагновые мхи, шейхцерия (Scheuchzeria palustris), пушица (Eriophorum vaginatum L.), росянка (Drosera rotundifolia L.) и др. Сфагнум, развиваясь и ежегодно заполняя болота отмершим мхом, вытесняет лес, образует заметно возвышающиеся над уровнем бывшего водоема верховые сфагновые болота. Этим типом болот процесс заболачивания и заканчивается.

З. суходольных угодий идет двумя путями: или за счет поднятия уровня почвенных вод или за счет резкого нарушения водного режима. Явления З. путем повышения уровня почвенных вод свойственны гл. обр. лугам. В результате процесса хорошая луговая растительность заменяется болотной—появляется хвощ болотный, осока, пушица, черная ольха и береза, а по мере оторфования верхних слоев суходол превращается, подобно зарастающему водоему, в гипновое или сфагновое моховое болото. З. за счет резкого изменения водного режима наблюдается на минеральных почвах, в местах вырубок леса. При вырубке леса даже на возвышенных местах часто нарушается нормальный влагооборот, вследствие чего в почве скопляются избыточные запасы влаги, что влечет за собой постепенное З. в той же закономерной последовательности, как на лугах и водоемах.

Борьба с З. ведется при помощи регулирования стока излишних вод с заболачивающихся площадей и защитой заболачивающихся угодий от излишка стекающих сюда поверхностных вод. Немалую роль, способствующую З. особенно в лесах, играет отложение в подпочве непроницаемого для воды ортштейнового слоя.

Лит.: Доктуровский В. С., Болота и торфяники, развитие и строение их, М., 1922; Дубах А. Д. и Спарро Р., Осушение болот открытыми канавами, М.—Л., 1926; Пиотровский В. С., Практика осушения болот открытыми канавами, Владимир, 1910; Спарро Р., Введение в мелиорацию (курс, чит. в Горецком с.-х. ин-те), Горки, 1922; Сукачев В. Н., Болота, их образование, развитие и свойства, изд. 3, Л., 1926; Берш В., Руководство по культуре болот, СПБ, 1914. **А. Калабугин.**

При зарастании водоемов, когда ковер из мха или травянистых растений продвигается по поверхности воды, образуется зыбун (сплав, сплавина). В современный период зарастание озер встречается не часто. Большинство зыбунов являются «ископаемыми», погребенными под толстым слоем торфа, наросшего за последние 2—3 тыс. лет, когда закончился т. н. ксеротермич. период послеледниковой эпохи. В этот сухой и теплый период озера сильно понизили свой уровень и произошло быстрое затягивание обмелевших водоемов-зыбунов главным образом сфагнумом. **Д. Герасимов.**

ЗАБОЛЕВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ. Профессиональные вредности прежде всего могут влиять на частоту появления тех или других болезней, к-рые сами по себе отнюдь не являются обязательно связанными с профессиональным трудом. Проявления почти всех болезней могут встречаться чаще у той или другой профессиональной группы, в тесной зависимости от условий ее работы, и в отдельных случаях могут носить определенно профессиональное происхождение. В этих случаях приходится говорить о неспецифич. индивид. З. п. или о характерных особенностях профессиональной заболеваемости. Помимо того, однако, условия труда могут вызывать такие болезни, к-рые либо почти вовсе не встречаются в обыденной жизни (напр. отравления профессиональными ядами, с которыми вне условий производства человек вовсе или почти никогда не сталкивается) либо встречаются для данной профессии настолько часто, что вероятность профессионального происхождения заболевания граничит с почти полной достоверностью. В таких случаях говорят о специфич. профессиональных болезнях как об определенных нозологических (классификационно-патологических) формах. Специфически профессиональные болезни могут поражать самые различные системы и органы человеческ. тела. Т. к., однако, для специфич. профессиональных болезней характерна не связь с определенным органом, а непосредственная зависимость от той или другой этиологич. причины, т. е. определенной профессиональной вредности, то последующее рассмотрение отдельных профессиональных болезней будет вестись лишь по признакам распространенности и проф.-гигиенич. значения.

1) Профессиональные отравления. Наиболее часто встречающимся и наиболее распространенным видом специфич. З. п. следует признать профессиональные отравления. Привести полный перечень отдельных отравлений совершенно невозможно, ибо количество профессиональных ядов не только чрезвычайно велико, но и непрерывно изменяется в зависимости от постоянных изменений методов производства и применяемых при этом различных веществ. Основную классификацию профессиональных отравлений см. *Яды профессиональные.*

По официальным данным, зарегистрированные по РСФСР в 1924/25 г. 1 300 случаев профессиональных отравлений приходятся на следующие яды: сернистый газ—307, окись цинка—250, свинец—209, анилин—172, бензин—127, окись углерода—92, мышьяковистый водород—16, окись азота—13, окись меди—13, никотин—12, сероводород—11, хлор—9, динитробензол—8, мышьяк—7, сероуглерод—7, толуидин—4, аммиак—4, кантаридин—2, ртуть цианистая—2, сулема—2, двухромовая кислота—2, толуол—1, динитротолуол—1, ортотолуидин—1, синильная кислота—1, эфир—1, не указано—26.

Распределение 1 246 случаев отравлений, имевших место в 1925/26 г., по отдельным ядам таково: окись углерода—492, окись цинка—421, свинец—139, анилин—74, аммиак—18, сероводород—17, тротил—16, окись азота—13, сернистый газ—13, нитробензол—13, бензин—11, хлор—11, сероводород—8.

Всего по СССР было зарегистрировано профессиональных отравлений в 1925/26 г. 2 715, в 1926/27 г.—2 948 и в 1927/28 г.—3 914. Львиная доля из них естественно падает на РСФСР и УССР (напр. для 1927/28 г. соответственно—2 224 и 1 661). Количество профессиональных отравлений, имеющих место в про-

мышленности, фактически больше регистрируемых, что видно хотя бы из того, что за 3 года (1924—27 гг.) через одну только клинику Института по изучению профессиональных болезней имени Обуха в Москве прошло 579 отравлений, из которых приходится: на свинец—194, окись углерода—82, анилин—58, пары цинка—48, бензин—32, хлор—30, ртуть—22, пары нитранилина—21, мышьяковистый водород—16, нитробензол—15, сероводород—10.

2) Вынужденное положение тела, связанное с длительным стоянием, а также усиленной тяжелой физич. работой, длительной ходьбой и повышенной нагрузкой соответствующих суставов и сухожилий, вызывает ряд специфич. профессиональных изменений в органах движения. Сюда относятся, в первую очередь, изменения суставов, связочного аппарата и частично костей нижних конечностей. Наиболее характерным из них является плоская стопа, т. е. уплощение свода стопы вследствие растяжения и ослабления эластичности связочного аппарата, соединяющего большое количество мелких костей ее. Плоская стопа является типичн. профессиональной болезнью, поражающей грузчиков, пекарей, кельнеров, наборщиков, прядильщиц, ткачих и рабочих ряда других аналогичных профессий. У пекарей, кельнеров и других лиц, у которых постоянная ходьба и переноска тяжестей связаны с началом работы в раннем возрасте (еще до полного окостенения скелета), нередко встречаются искривления ног в коленном суставе — «**О**-ноги» или «**Х**-ноги». Это заболевание стоит в тесной связи с рахитом, к-рый, однако, при отсутствии соответствующих профессиональных вредностей гораздо реже дает столь значительные изменения. Далее, в профессиях, связанных не только с длительным стоянием, но и с длительной ходьбой (дворники, чернорабочие, письмоносцы и другие), часто встречаются расширения вен на нижних конечностях, связанные с затруднением оттока крови и вследствие расстройства кровообращения нередко ведущие к упорным, а иногда и весьма обширным язвам голени.

3) Напряжение мышц, особенно рук, связанное с быстрыми и мелкими движениями, часто вызывает особое, иногда субъективное, весьма мучительное заболевание—острый, подострый или хронич. тендовагинит (т. е. воспаление влагалищ, в к-рые заключены сухожилия мышц, управляющих движением кисти и пальцев). Это заболевание наблюдается особенно часто у различного рода пачечниц, клейщиц, этикетчиц, коробочниц, гладильщиц, табачниц и т. п. Особенно сильно увеличивается количество тендовагинитов у работниц после отпуска, а также в случае резкого внезапного увеличения норм выработки или при переходе на непривычные виды работы. Частые быстрые, мелкие движения могут вызывать также хронич. заболевания мелких суставов с их последующей деформацией (такие заболевания были описаны, в частности, у прачек и гладильщиц московских крупнейших прачечных). Длительное (обычно многолетнее) повторение одних и тех же быстрых, привычных и к тому же тщательно координированных движений вызывает так наз. профессиональные координаторные неврозы. Ярким примером таких неврозов является писчий спазм, поражающий не только представителей профессий, связанных с постоянным писанием (канцелярских работников, бухгалтеров), но также пианистов, скрипачей и ряд лиц других профессий, при к-рых требуется постоянная мелкая работа. Это заболевание выражается в невозможности совершать привычные движения либо вследствие судороги пальцев, наступающей даже при одной мысли о профессиональном движении, либо от мучительной боли в руках, либо от дрожания, появляющегося при попытках работать, либо, наконец, от сильного ослабления мышц руки. Заболевание это вызывается поражением соответствующих координирующих участков в центральной нервной системе (в подкорковых центрах головного мозга).

4) Длительное регулярное давление или трение может вызвать также определенные патологич. изменения кожи и подкожной клетчатки. Профессиональные мозоли являются типичным последствием профессиональной работы; в зависимости от места длительного давления находится и характер их локализации. Мозоли, кажущиеся сами по себе довольно безобидным последствием работы, могут, однако, приводить к достаточно длительным периодам неработоспособности вследствие образования весьма болезненных трещин, а затем и инфицирования образующихся на омозолевших местах ссадин и ранок. Иногда дело не ограничивается только кожей, а в результате давления инструмента появляются длительные, хронически протекающие, воспалительные процессы т. н. ладонного апоневроза (плотного сухожильного листка, расположенного непосредственно под кожей ладони). В результате появляются вначале утолщения, а затем рубцовые тяжи, захватывающие сухожилия, идущие к отдельным пальцам, и в результате приводящие рабочих к полной инвалидности, так как получается согнутая, не могущая принимать нормального положения рука, или же неподвижность отдельных пальцев (контрактура Дюпюитрена).

5) Постоянное вдыхание значительных количеств пыли ведет к осаждению в соединительной ткани легких значительного количества пылевых частиц и к связанным с этим особым специфически профессиональным заболеваниям—так наз. пневмокониозам (см. *Пыль*).

6) Постоянное соприкосновение с раздражающими едкими веществами вызывает, в первую очередь, различные местные повреждения—нарушение целости внешних покровов, иногда прямые язвы на открытых местах кожи, на слизистых оболочках носа и рта, разрушение зубов, и т. д. Особенно часто встречаются эти поражения у рабочих хим. з-дов, всего более в производствах, где вырабатываются и применяются к-ты и щелочи, а также у рабочих травильных отделений в металлопромышленности. Соприкосновение с различ. хим. веществами может, однако, вызывать не одни только явления поверхностных

раздражений и изменений, но также и более глубокие хронические кожные заболевания (дерматиты и экземы). Следует при этом подчеркнуть, что кожные заболевания обычно поражают далеко не в равной степени всех рабочих. У многих имеется специфич. идиосинкразия (повышенная чувствительность) к особого рода веществам. В этих случаях нередко встречаются т. н. аллергические заболевания, т. е. поражения кожи, отличающиеся своей интенсивностью и частой повторяемостью, а гл. обр. появлением экземы или высыпи отнюдь не только в местах соприкосновения с вызывающим это заболевание веществом. Типичным примером такого рода аллергич. кожных заболеваний является никелевая экзема, или, как ее называют немцы, никелевая почесуха (Nickelkrätze).

7) Аллергические заболевания являются не только заболеваниями кожи. Иногда повышенная чувствительность к особым веществам выражается в появлении заболеваний, весьма напоминающих бронхиальную астму; так, например, известна т. н. уреоловая астма у скорняков и меховщиков (см. *Парафенилендиамин*). Точно так же у нек-рых особо предрасположенных с.-х. рабочих и садовников встречается т. н. сенная лихорадка, выражающаяся в катаральных явлениях со стороны слизистых оболочек носа и глаз вместе с астмоподобными припадками и вызываемая вдыханием пыльцы от различных трав и растений. Сходная картина заболеваний получается иногда и от работы с коноплей (так называемая чесальная лихорадка).

8) Работа в условиях пониженного или повышенного воздушного давления вызывает также специфич. проф. заболевания, носящие названия горной болезни и кессонной болезни (см. *Кессонные работы*).

9) Длительное напряжение или раздражение органов чувств связано также с рядом специфич. профессиональных заболеваний. Сюда следует отнести, в первую очередь, поражение внутреннего уха, связанное с ослаблением слуха и доходящее иногда до полной глухоты у лиц, работающих в атмосфере интенсивного шума: котельщики («глухари»), ткачи, летчики у авиационных моторов, и т. д.

10) Профессиональные заболевания глаз. В отношении глаз резко различают З. п., вызываемые воздействием сильного, иногда ослепительно яркого, света, от заболеваний, вызываемых активным напряжением зрения при рассматривании вблизи мелких предметов или их деталей.

В первом случае возникают б. ч. весьма тяжелые заболевания сетчатки, ведущие к сильным расстройствам зрения, вплоть до слепоты. Подобного рода заболевания встречаются у киноработников (артистов, операторов), участвующих в съемках и вынужденных находиться в поле действия ослепительных «юпитеров», у рабочих при автогенной и электрич. сварке, и т. д. В случаях, когда воздействие яркого света связано также и с интенсивным воздействием теплового излучения, нередко возникает и профессиональная катаракта (у литейщиков, стеклодувов и т. д.). Это заболевание (помутнение хрусталика, делающее его непроницаемым для света) является чрезвычайно тяжелым, так как, приводя к слепоте, оно выводит соответствующих рабочих из строя из-за полной инвалидности и к тому же в раннем возрасте.

Длительное напряжение зрения в профессиях, требующих мелкой напряженной работы (граверы, часовщики и т. п.), нередко способствует возникновению близорукости. В данном случае речь идет по существу не о специфич. профессиональной болезни (т. к. близорукость весьма сильно распространена в населении и ее возникновение возможно и вне всякой связи с профессиональной работой), а об отдельных З. п., при чем связь с профессией обнаруживается лишь при статистич. анализе патологической пораженности заболеваемости данной профессиональной группы.

Имеется еще одно типичное З. п., связанное с органом зрения (хотя по существу причина его лежит в поражении центральной нервной системы). У подземных рабочих нередко встречается т. н. нистагм, т. е. быстровращательные или колебательные движения глазного яблока, сильно препятствующие нормальному зрению и иногда приводящие к полной инвалидности. Причина возникновения нистагма лежит в ряде условий подземной работы: в недостаточном освещении, неправильном положении тела, необычных условиях для фиксации зрением инструмента и объекта работы и, возможно, во влиянии окиси углерода.

11) Заболевание гортани. Следует также упомянуть об особом специфич. профессиональном заболевании гортани, заключающемся в появлении узелков на голосовых связках; это заболевание, называемое немцами Sängerknoten («узелки певцов»), нередко приводит к почти полной потере голоса. Болезнь поражает в первую очередь учителей, ораторов, певцов и т. д.

12) Воздействие лучей с весьма короткой волной. Применение в разных профессиях лучей радия и рентгеновских может вызвать весьма тяжелые профессиональные повреждения кожи и слизистых оболочек (дерматиты, язвы и даже раки). Опасности этого рода заболеваний подвергается медицинский персонал рентгеновских учреждений, рабочие по изготовлению или, правильнее, проверке и испытанию рентгеновских трубок и лица, по роду своей работы имеющие дело с радием и его производными. Кожный рак в качестве чисто профессиональной болезни встречается и при работе с целым рядом химич. веществ — в первую очередь с каменноугольным дегтем, смолой и с их производными (антрацен, акридин, фенантрен и др.). Помимо профессиональных раков у соответствующих групп рабочих, в первую очередь в химическ. производстве, известен еще и рак трубочистов, локализующийся гл. обр. в области мошонки и вызываемый постоянным раздражением ее кожи застревающею в складках сажею.

13) Рентгеновские лучи не только могут причинить тяжелые кожные пора-

жения, но иногда вызывают и заболевания внутренних органов, в особенности половой сферы, нередко приводя пострадавших к бесплодию. Лучи радия вызывают также и некрозы костей (челюстей).

14) Проникновение в организм человека живых существ. На первом месте здесь д. б. поставлен анкилостомиазис, т. е. проникновение в организм рабочего паразитов вида глист. Эта болезнь, носившая прежде название горной кахексии (т. е. истощения), поражает почти исключительно углекопов, рабочих различных рудников, рабочих по постройке тоннелей, землекопов, а иногда и рабочих кирпичного производства. Заболевание это вызывает тяжелое общее состояние, в первую очередь вследствие сильного малокровия. Развитие глистных заболеваний объясняется в этих случаях тем, что паразит для условий своего развития требует особой комбинации высокой влажности и высокой $t°$, что вне тропического климата встречается почти исключительно под землей.

15) Инфекции. Наконец, специфич. профессиональными болезнями для отдельных профессий д. б. признаны и нек-рые инфекции. Сюда относятся в первую очередь: сибирская язва—у кожевников и рабочих по обработке шкур, мехов, волоса и щетины (вследствие сохранения весьма стойких спор сибиреязвенных палочек от зараженных животных в самом материале), сап—у лиц, ухаживающих за лошадьми, внеполовой сифилис—у стеклодувов (от передачи инфекции через мундштук трубки, к-рую берут в рот при выдувании халяв или изделий из стекла), а также у медицинского персонала и кормилиц.

Из сделанного обзора явствует, что общее количество специфически профессиональных болезней относительно невелико. Однако, в целом ряде случаев, хотя болезнь, как определенная классификационная форма, сама по себе не м. б. признана профессиональной, конкретное заболевание отдельного рабочего бесспорно вызывается чисто профессиональной этиологией. Тогда приходится говорить уже не о профессиональной болезни, а о З. п., и не из самого названия болезни, а из тщательного анализа отдельной болезни устанавливать связь между болезнью и профессией. Такого рода З. п. могут поражать все органы человеческого тела.

Не останавливаясь на подробном разборе заболеваний, укажем лишь наиболее часто встречающиеся виды их. Целый ряд катаральных заболеваний дыхательных путей, а также и туберкулез легких в отдельных профессиях (см. *Пыль*) носят безусловно профессиональный характер, и для опытного врача в отдельных случаях установление такого рода диагноза не представляет особых затруднений. Сюда же относится эмфизема легких (потеря эластичности и расширение их) при работах, связанных с сильным напряжением дыхательных органов (стеклодувы, лица, играющие на духовых инструментах, и т. п.). Целый ряд тяжелых заболеваний сердечно-сосудистой системы (миокардит и пороки сердца) связан с предыдущей работой, требовавшей сильного мышечного напряжения, с переноской тяжестей и т. п. (кузнецы, молотобойцы, грузчики, чернорабочие и т. д.). В целом ряде случаев удается установить совершенно бесспорную связь между различными заболеваниями периферической нервной системы (невриты, т. е. воспаления периферич. нервов, и невралгии нередко находят себе прямое объяснение в чрезмерном перенапряжении отдельных мышц или групп их). Очень часто также удается установить непосредственную связь между различного рода заболеваниями кожи, глаз и других органов, не попадающими в перечень чисто профессиональных заболеваний, и конкретными условиями работы данного лица.

Однако, в целом ряде случаев такой непосредственной связи установить нельзя, несмотря на то, что из анализа профессиональной вредности вытекает значительная вероятность профессионального характера того или другого конкретного заболевания в данном индивидуальном случае. Примером может служить ревматизм, наприм., у прачки или горнорабочего. Это заболевание настолько широко распространено, не давая к тому же никаких отличительных черт в случаях даже бесспорно профессионального происхождения, что у каждого отдельного больного установление непосредственной связи между трудом и З. п. практически почти совершенно невозможно. В этих случаях приходится, не ограничиваясь анализом отдельного заболевания для выявления действительного влияния условий труда на профессиональную патологию данной группы, прибегать к чисто статистич. методу, устанавливая и изучая не отдельные З. п., а профессиональную заболеваемость всего данного коллектива. Преобладание при этом в той или другой профессии определенных болезненных форм, при действительно равных прочих условиях для различных профессий (примерно равное распределение возрастных групп, отсутствие резких различий в области заработной платы, жилищных условий, национального и расового состава, и т. п.), и наличие в санитарной характеристике данной профессии определенных вредностей делают в этом случае связь между трудом и З. п. достаточно вероятной; профессионально-гигиенич. анализ характера воздействия этих вредностей на организм переводит эту вероятность в соответственных случаях в достоверность.

Только изучение всей профессиональной заболеваемости, не одних лишь строго определен. профессиональных болезней и ярко выраженных индивидуальных случаев З. п., делает возможным выявление во всей широте значения профессионального труда для здоровья пролетариата и намечение рациональных мероприятий по борьбе с профессиональной заболеваемостью и оздоровлением труда. При этом весьма целесообразным является не ограничиваться одним только изучением данных, имеющихся в лечебных учреждениях и страховых кассах и основывающихся на обращении самих пострадавших рабочих за медицинской помощью. Огромнейшую пользу как в научно-исследовательских, так и в чисто практич. целях

приносит изучение т. н. патологической пораженности отдельных профессий, т. е. выяснение всех отступлений от нормы для данной группы, хотя бы и не связанных с потерей работоспособности и не причиняющих рабочему никаких субъективных ощущений, к-рые заставили бы его обратиться за медицинской помощью.

Для получения данных по профессиональной пораженности пролетарская советская медицина провозгласила и широко проводит сейчас в жизнь принцип т. н. диспансеризации. Последняя заключается во внимательном и углубленном изучении состояния здоровья всего коллектива рабочих отдельных предприятий и составлении на них (независимо от субъективных жалоб) т. н. санитарных журналов. Это изучение состояния здоровья всей массы рабочих, находящихся непосредственно у станка, дает возможность установить целый ряд серьезнейших профессионально-патологич. закономерностей, а следовательно, и вытекающих отсюда целесообразных мероприятий по линии охраны труда. В тех местах, где диспансеризация еще не проводится, особо серьезное значение имеет постановление Наркомтруда и Наркомздрава РСФСР от 24 сент. 1925 г., согласно которому введены обязательные периодические медицинские осмотры соответствующих профессиональных групп и установлены сроки этих осмотров. Постановлением Наркомтруда и Наркомздрава РСФСР от 1 марта 1924 г. введена обязательная регистрация профессиональных заболеваний. Характерной особенностью этого постановления, по сравнению с аналогичными иностранными законами, является не только полнота списка, но и то обстоятельство, что регистрации подлежат все случаи З. п., независимо от условий потери работоспособности. Администрация предприятия или учреждения обязана посылать санитарному инспектору в местный подотдел охраны труда извещения по установленной форме о всех известных ей случаях профессиональных отравлений и З. п., перечисленных в ст. 2 постановления. Извещение посылается администрацией предприятия или учреждения не позднее 48 часов после каждого случая отравления или сделанного о нем заявления. В случае массовых отравлений извещается немедленно (по телефону или телеграфу) местный инспектор труда.

О количестве З. п., регистрируемых на основе этого постановления, свидетельствуют следующие цифры: на первом месте стоят профессиональные отравления, соответствующие данные о которых приведены были уже выше. Всего З. п. в СССР было учтено за 1925/26 г.—3 944, в 1926/27 г.—5 281 и 1927/28 г.—7 597. В пределах РСФСР в 1924/25 г. З. п. распределялись след. обр.: кожные заболевания (дерматиты, экземы и др.)—136, сибирская язва—43, ожоги—36, изъязвления кожных покровов—18, перегревание тела—10, фурункулы—7, катары слизистых оболочек—2, сап—2, стоматит—1, итого—255; в 1925/26 г.: кожн. заболевания—74, сибирск. язва—22, глазные заболевания—11, перегревание тела—2, писчий спазм—1. Постоянно на первом месте стоят кожные заболевания, а на втором сибирская язва—профессиональное заболевание, к-рое во многих европ. странах почти вовсе исчезло.

Законодательство СССР встречается с понятием З. п. еще при определении размеров пенсии в случае трудовой инвалидности. Пособие по инвалидности в случае трудового увечья выдается в размерах, значительно больших, чем обычно; из всех заболеваний право на повышенную пенсию в таких же размерах дают лишь специфич. профессиональные болезни по списку, утверждаемому Центральным советом социального страхования (список этот был издан впервые 19 февраля 1925 г. и в значительно измененном виде был переиздан 4 января 1929 г.).

Мероприятия по предупреждению З. п. (профилактика) м. б. сведены в основном к следующим 5 группам: 1) санитарно-технич. оздоровление труда, 2) личная гигиена рабочих, 3) специальное законодательство в области охраны труда, 4) организация надзора за условиями труда и соблюдением трудового законодательства, 5) профилактически-медиц. мероприятия (диспансеризация, регулярные медицинские осмотры рабочих, осмотры при поступлении на работу и т. д.).

Оздоровительные мероприятия. На первом плане стоит проведение всюду, где возможно, радикального оздоровления производственных процессов, заключающегося в устранении самой вредности как таковой. Целый ряд примеров из промышленной практики доказывает, что, при достаточном внимании к данному вопросу и тщательном направлении научно-исследовательской и творческой мысли в эту сторону, удается достигать достаточно крупных объективных результатов. В целом ряде случаев удается процессы производства, связанные с применением ядовитых веществ, заменить другими, совершенно безвредными. Так, напр., давно уже поставлен вопрос о возможности замены свинцовых белил неядовитыми цинковыми или литопоновыми (состоящими из сернокислого бария и серпокислого цинка). В последнее время начали применять и танталовые белила. Вместо свинцовых аккумуляторов можно производить не худшего качества железоникелевые. Сурик свинцовый заменяется суриком железным. Чрезвычайно вредно отражающаяся на здоровьи рабочих обработка кроличьих и заячьих шкурок в производстве фетровых шляп содержащим ртуть раствором м. б. заменена обработкой их совершенно безвредным составом (едкий натр, патока и т. п.). Желтый фосфор в производстве спичек во всех культурных странах вытеснен уже неядовитым фосфором. Чрезвычайно вредное в отношении здоровья рабочих амальгамирование зеркал ртутным способом заменено наводкой зеркал посредством азотнокислого серебра. Золочение предметов через огонь с применением ртутной амальгамы совершенно вытесняется гальванопластикой. В СССР разрабатываются сейчас нек-рые способы устранения промышленных ядов из производства. Так, реально поставлен вопрос о возможности никелирования типографского шрифта, в результате чего сможет совсем исчезнуть образование в процессе работ значительного количества содержащей свинец пыли. Госуд. научный ин-т охраны труда выдвинул вопрос о введении в практику текстильного производства таких составов для крашения тканей, при к-рых количество анилина м. б. доведено до минимума, и анилиновые отравления станут

почти невозможными. Для предотвращения выделения особо вредной силикатной пыли в последнее время вводятся, особенно в Америке, искусств. наждачные камни (карборундовые и др.), не содержащие песчаника.

Вслед за полным устранением из производства источников З. п. следует поставить такие мероприятия, к-рые, не устраняя этих источников полностью, совершенно уничтожают практически возможность воздействия их на рабочего. Сюда относятся автоматизация и механизация производственных процессов, в первую очередь особо вредных или связанных с применением интенсивных мышечных усилий. Целый ряд производств радикально оздоровился вследствие применения подобного рода методов, диктуемых гигиеной труда. Процесс производства цемента, механическ. и пневматич. укупорка и транспортировка сыпучих и порошкообразных веществ, уход за печами, нагрузка и выгрузка печей и горнов в металлургич. и керамич. производствах, на химич. з-дах и т.п.— все это в наиболее рационально организованных предприятиях производится совершенно автоматически, без всякого участия человека, вследствие чего устраняются серьезнейшие вредности—высокая $t°$ и лучистая теплота. Механизация стекольного производства, устраняя необходимость выдувания тяжелых (весящих до 15 *кг* и более) стекольных халяв непосредственно силой легких выдувальщиков и вводя ряд совершенно автоматич. процессов вытягивания стекольного листа путем специальных механич. приспособлений (системы Оуенса, Липпольда, Фурко и др.), также резко оздоровляет производственный процесс.

В тех случаях, когда нет возможности по технич. или экономич. причинам совсем устранить ту или другую вредность, необходимо всемерно ослабить ее вредное действие на рабочих. Там, где невозможно полное удаление промышленного яда, необходимо стремиться к тому, чтобы довести соприкосновение с ним рабочих до минимума (герметически закрытые сосуды, механич. мешалки, производство заполнения и опорожнения сосудов, пересыпание сыпучих веществ и т. п. процессы при помощи специальных механических приспособлений, и т. д.). В отношении выделяющейся пыли, паров и газов должна применяться повсюду система удаления их в самом месте их возникновения (т. н. эксгаустеров), не дающая им возможности в значительном количестве проникать в рабочую атмосферу. Все производственные механизмы, к-рые связаны со значительным повышением температуры, должны снабжаться дающими возможно меньшее теплопроведение и теплоизлучение стенками, а в отдельных случаях д. б. прикрыты еще особым слоем изоляционного материала, отделены воздушными или водяными завесами и т. п. Все сосуды и трубы, по к-рым проходят вещества, могущие вредно воздействовать на организм рабочих, должны быть абсолютно непроницаемы, все места соединения отдельных отрезков, фланцы, краны и т. п. детали должны быть тщательно пригнаны и абсолютно не пропускать ни жидкости ни паров.

Помимо различных мероприятий в области производственных процессов и механизмов, большое значение для здоровья рабочих имеет правильная организация труда. Последняя должна учитывать не только интересы техники и производства, но и требования физиологии труда: правильное чередование периодов труда и отдыха, отсутствие физиологически недопустимой нагрузки как в смысле общей суммы работы (для наиболее тяжелых видов физического труда допустимо не более 200 000—250 000 *кгм* в течение рабочего дня), так и в отношении интенсивности труда (в первую очередь скорости). Особенно большое значение имеет правильная ритмичность работы и включение в процесс работы хотя бы кратковременных, но регулярных пауз.

Наконец, большое значение в смысле создания нормальных условий для трудового процесса имеет и общее санитарное состояние места работы: достаточная кубатура помещения, обеспечивающая рабочему возможность дышать достаточно свежим воздухом (по обязательным постановлениям Наркомтруда требуется не менее 20 $м^3$ на одного рабочего), достаточная освещенность всей мастерской и рабочего места, в особенности обеспечение достаточного обмена воздуха. Рационально устроенная *вентиляция* (см.) вызывает также понижение температуры и влажности и способствует уменьшению влияния тех производственных вредностей, которые не удается целиком устранить отмеченными выше методами.

Т. к. при современном уровне наших знаний и нашей техники мы не можем целиком устранить все источники влияния труда на здоровье человека путем мероприятий санитарно-технич. характера, направленных на оздоровление среды, то определенное значение имеет и личная профилактика рабочих, к-рая в принципе является безусловно лишь паллиативом, не дающим серьезных результатов. На первом месте здесь стоят различные *защитные приспособления* (см.)—специальная одежда, предохранительные маски или респираторы и защитные очки, имеющие своей задачей защищать рабочего в первую очередь от пыли, вредных паров и газов, а кроме того, и от ожогов, высокой $t°$, промокания (спецодежда) и т. п. Большое значение имеет соблюдение рабочими чистоты в тех случаях, когда им приходится соприкасаться с ядовитыми веществами; необходимо тщательное мытье рук, а в отдельных случаях и всего тела (для чего необходимо устройство на соответствующих предприятиях душей, ванных комнат или бань). В особо ядовитых производствах необходимо тщательное полоскание рта и чистка зубов (на ярославских заводах свинцовых белил каждый рабочий имеет индивидуальный стакан и зубную щетку). Точно так же в производствах, связанных с работой при высокой $t°$, большое значение имеет устройство специальных помещений для умывания. Во всех предприятиях, где имеется выделение ядовитых паров или пыли, рабочим д. б. категорически запрещено принимать пищу в мастерских, а также курить непосредственно во время работы. Особое внимание д. б. уделено волосам, на

к-рых легко оседает значительное количество пыли и паров. Во всех подобных производствах женщины должны обязательно работать в косынках, а мужчины не должны носить бороды и усов. Весьма серьезное значение имеет также и достаточная осведомленность рабочих обо всех угрожающих их здоровью, а во многих случаях и жизни, вредностях и опасностях производства. Лишь при таких условиях мероприятия, проводимые органами охраны труда или администрацией предприятий, не будут наталкиваться на инертность, а в нек-рых случаях даже на прямое сопротивление самих рабочих. Поэтому особое внимание в деле борьбы с вредностями производства д. б. обращено на санитарно-просветительную работу в отношении охраны труда на предприятиях.

Огромнейшее значение в деле предупреждения профессиональных заболеваний и для борьбы с ними имеет законодательство об охране труда, а в первую очередь законодательство о рабочем времени, женском труде и труде несовершеннолетних. Специально борьбе с З. п. и компенсации воздействия их на организм посвящено наше законодательство о вредных работах. Для того чтобы законодательство об охране труда действительно достигало фактическ. устранения или по меньшей мере значительного ослабления воздействия вредностей производства на рабочих, необходима правильная постановка надзора за выполнением трудового законодательства, что составляет задачу специальной части государственного аппарата—*инспекции труда* (см.).

Лит.: Каплун С., Профилактика профессион. заболеваний, сборн. «Основы профилактики в медицине», под ред. А. Молькова и др., М.—Л., 1927; его же, Гигиена, безопасность и охрана труда (серия стенных таблиц), М., 1927; его же, Труд, сборник «Социальная гигиена», под ред. А. Молькова, вып. 1, М.—Л., 1927; Леви Ю., Профессион. болезни, пер. с нем., вып. 1—2, М., 1925; Вигдорчик Н. А., Очерки по профессион. гигиене, М.—Л., 1925; Листовки о профессион. отравлениях и поражениях, вызываемых химич. веществами, пер. с нем., М., 1926; Кобсер Д. и Хенсон В., Профессион. болезни и гигиена профессии, пер. с англ., вып. 1—3, М., 1927—28; Гельман И. Г., Введение в клинику профотравлений, М., 1927; Оппенгейм М., Профессион. болезни кожи, пер. с нем., т. 1, М., 1925; Голяницкий И. А., Введение в социальную патологию хирургич. болезней, М., 1925; его же, Хирург. профессион. болезни органов движения, М., 1927; Кельш Ф., Профессион. болезни зубов и полости рта, пер. с нем., М., 1927; Уайт, Профессион. болезни кожи, пер. с англ., М., 1925; Шендер, Профессион. болезни уха, носа и горла, 2 изд., М., 1926; Handbuch d. sozialen Hygiene u. Gesundheitsfürsorge, hrsg. v. A. Schlossmann, A. Gotstein u. L. Teleky, B. 2—Gewerbehygiene u. Gewerbekrankheiten, B., 1926; Koelsch Fr., Meldepflichtige Berufskrankheiten, Mch., 1926; Balthazard M., La réparation des maladies professionelles, P., 1927; Breton L., Les maladies professionelles, P., 1911; Weyl's Handbuch d. Arbeiterkrankheiten, Jena, 1908; Sommerfeld T., Handbuch d. Gewerbekrankheiten, B., 1898; Rambusek J., Gewerbliche Vergiftungen, deren Vorkommen, Erscheinungen, Behandlung und Verhütung, Lpz., 1911; Bibergeil E., Berufs- u. Unfallkrankheiten d. Bewegungsorgane, Stg., 1913; Winkler, Gewerbekrankheiten d. Ohres, Halle, 1900.

С. Каплун.

ЗАБУТКА, см. *Каменные работы.*

ЗАВОДСКАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ (и фабричная вентиляция). Санитарная обстановка заводских и фабричных помещений определяется совокупным влиянием след. факторов: физико-химич. свойствами обрабатываемых материалов, сущностью технологич. процессов, характером фабрично-заводского оборудования, архитектурой производственных зданий, природными условиями местности, в к-рой работает предприятие. Возникающий в результате этих разнообразных влияний ряд вредностей, с к-рыми борется З. в., может быть сведен к пяти основным типам: 1) отклонения температуры рабочих помещений от гигиенических норм в ту или другую сторону; 2) ненормальное содержание водяных паров в воздухе; 3) изменение нормального состава воздуха вследствие примешивания вредных или ядовитых газов; 4) засорение воздуха пылью, попадающей во внутренние органы дыхания или вредно действующей на кожные покровы; 5) заполнение воздуха мельчайшими капельками конденсировавшегося водяного пара, остающихся во взвешенном состоянии. Этим пяти основным типам производственных вредностей соответствуют и пять основных методов борьбы с ними путем вентиляционных устройств, т. е. пять основных типов З. в. Нужно, однако, иметь в виду, что на практике лишь очень редко приходится иметь дело с одною какою-либо вредностью, и обычно несколько видов их сочетается в одном производстве. Поэтому только тщательный анализ санитарной обстановки данного помещения может служить отправным пунктом для проектирования вентиляционного оборудования и дать возможность выбрать систему З. в., определить ее мощность и найти правильное размещение ее частей.

Виды вентиляционных устройств. Общий принцип З. в. заключается в том, что в помещении создается обмен воздуха с таким расчетом, чтобы воздух, содержащий вредности, извлекался из помещения, а взамен его вводился в помещение приточный воздух, совершенно лишенный вредностей или обладающий ими в минимальном количестве, не влияющем на здоровье человека. Обозначим объем помещения, подлежащего вентиляции, через V (в $м^3$), общее количество вредности, возникающей в помещении в течение 1 часа, — через Z, концентрацию вредности перед началом работ (остаток от предыдущего рабочего дня)—через z_0, содержание той же вредности в приточном воздухе—через z_1, содержание вредности в извлекаемом воздухе по истечении промежутка времени t—через z_t, (z_0, z_1, z_t отнесены к 1 $м^3$ воздуха), часовой обмен воздуха—через O и время действия вентиляции (в ч.)—через t. Рассмотрим случай, когда и вредность и обмен воздуха равномерно распределяются по всему объему помещения. Так как z_0 и z_t—начальное и конечное содержание вредности, составляем уравнение:

$$Oz_1'dt + Z\,dt - \int_t^{} Oz_t\,dt = V\,dz_t, \qquad (1)$$

определяющее приращение вредности в помещении за указанный промежуток времени. После преобразования получаем:

$$Oz_1 + Z - Oz_t = V\frac{dz_t}{dt} = Vz_t',$$

откуда

$$z_t' + \frac{O}{V}z_t - \frac{Oz_1 + Z}{V} = 0.$$

Вводя обозначения

$$\frac{O}{V} = A \quad \text{и} \quad \frac{Oz_1 + Z}{V} = B,$$

приводим уравнение к виду

$$z_t' + Az_t - B = 0,$$

откуда

$$z_t = (Oz_1 + Z)\frac{1 - e^{-\frac{O}{V}t}}{O} + z_0 e^{-\frac{O}{V}t}. \qquad (2)$$

Ур-ие (2) предлагается нами как общее и основное ур-ие З. в., одинаково пригодное для всех типов вредностей. На практике приходится или определять z_t по заданному O или же, что гораздо чаще, определять O по заданному z_t. Первое не представляет никаких затруднений, второе несколько сложнее, но при помощи метода последовательного приближения может быть выполнено без громоздких переделок. Заметим, что при установившемся процессе ур-ие (2) существенно упрощается, так как, полагая $t = \infty$, мы получаем:

$$z_t = (Oz_1 + Z)\frac{1}{O} = z_1 + \frac{Z}{O};$$

если $z_1 = 0$, то $z_t = \frac{Z}{O}$.

Ур-ие (2) получено при условии равномерного распределения вредности и обменов. Рассмотрим случай, когда при равномерном распределении вредности обмен распределяется неравномерно. Представим себе помещение разбитым на n равных частей, объем которых $v_1 = v_2 = \ldots = v_n = \frac{V}{n}$. Каждая из частей помещения получает приток вредности в количестве $\frac{Z}{n}$. Если обмены организованы таким образом, что весь приточный воздух последовательно проходит через все части помещения, входя в первую и извлекаясь из последней, то, допуская при достаточно большом значении n распределение вредности в каждой части здания равномерным, мы к каждой части помещения можем применить ур-ие (2), что приводит нас к ряду соотношений:

$$z_t^{(1)} = \left(Oz_1 + \frac{Z}{n}\right)\frac{1 - e^{-\frac{O}{V/n}t}}{O} + z_0 e^{-\frac{O}{V/n}t};$$

$$z_t^{(2)} = \left(Oz_t^{(1)} + \frac{Z}{n}\right)\frac{1 - e^{-\frac{O}{V/n}t}}{O} + z_0 e^{-\frac{O}{V/n}t};$$

. . . . . .

$$z_t^{(n)} = \left(Oz_t^{(n-1)} + \frac{Z}{n}\right)\frac{1 - e^{-\frac{O}{V/n}t}}{O} + z_0 e^{-\frac{O}{V/n}t}.$$

При установившемся состоянии, т. е. при $t = \infty$, эти ур-ия принимают вид:

$$z_t^{(1)} = z_1 + \frac{1}{n}\cdot\frac{Z}{O};$$

$$z_t^{(2)} = z_1 + \frac{2}{n}\cdot\frac{Z}{O};$$

. . . . . .

$$z_t^{(n)} = z_1 + \frac{Z}{O}.$$

Т. о., в данном случае получается постепенное нарастание вредности по направлению движения воздуха. Если бы при этом $z_1 = 0$, то нарастание вредности было бы равномерным, и величины вредности были бы пропорциональны пути прохождения воздуха. Наихудшие санитарные условия получились бы для последнего по ходу воздуха участка v_n, при чем эти наихудшие условия были бы одинаковы с теми, которые были определены для случая равномерного распределения обменов. Наоборот, наилучшие санитарные условия получились бы для первого участка, особенно, если $z_1 = 0$. Полученные значения z_t для разных участков помещения являются неточными, т. к. при неравномерном распределении вредности, получаемом в результате действия вентиляции, может возникнуть процесс перемещения вредности из участков с большей концентрацией ее в участки с меньшей концентрацией, т. е. в направлении, обратном движению воздуха. Вследствие этого, значения $z_t^{(1)}$, $z_t^{(2)}$, ..., $z_t^{(n)}$ будут стремиться к выравниванию в зависимости от соотношения скоростей движения воздуха и диффузии вредности.

Из предыдущего видно, что распределение обменов весьма существенно влияет на значение z_t. Оперируя одним и тем же обменом воздуха, но распределяя его различным образом, мы в отдельных участках помещения можем получить концентрации вредностей $z_t^{(1)}$ в несколько раз меньшие, чем в других $z_t^{(n)}$. Принимая во внимание, что распределение людей по площади рабочих помещений не всегда бывает равномерным и никогда не бывает таким по высоте помещений, мы получаем возможность во многих случаях малыми обменами достигать должных санитарных результатов в пунктах пребывания людей, игнорируя при этом дурное санитарное состояние тех участков помещений, где людей не бывает вовсе или где их пребывание является кратковременным.

Предыдущие рассуждения построены в предположении, что распределение вредности по помещению равномерно; в действительности же равномерное распределение вредностей по всему объему V никогда не наблюдается. Каждая единица объема пространства, непосредственно окружающего источники вредности, получит больше вредности, чем такая же единица объема пространства, удаленная от источника вредности. Мы будем принимать распределение вредности равномерным в том случае, если сами источники вредности распределены равномерно по площади пола, если расстояние между ними сравнительно невелико и если, наконец, вредность выделяется ими одинаково во все стороны. Что касается распределения вредности по вертикали, то, вообще говоря, непосредственный интерес для нас представляет в большинстве случаев лишь зона пребывания человека, т. е. ограниченная высотой от 1,8 до 2 *м* над полом. Исключением из этого являются помещения с балконным размещением работ.

При неравномерном распределении вредности по помещениям можно было бы также применить ур-ие (2), снова разбивая помещение на n равных частей и предполагая в пределах каждой такой части распределение вредности равномерным. Математическ. анализ (метод рассуждений аналогичен приведенным выше) приводит к следующим выводам. 1) При неравномерном распределении

вредностей в помещении равномерно распределенные обмены создают неравномерн. концентрации по отдельным частям помещения. 2) Задаваясь для отдельных частей помещения одним и тем же значением z_t и решая уравнение относительно O, получаем по всему помещению равномерную концентрацию вредности за счет неравномерно распределенных обменов. 3) Сосредоточивая притоки в пунктах пребывания людей, можно достигнуть малых концентраций вредностей в них, оперируя сравнительно небольшими обменами. 4) Организуя извлечение воздуха из тех частей здания, куда вредность поступает в большем количестве, а приток—в те части, куда вредность поступает в меньшем количестве, получаем лучшие санитарные условия, чем при обратной организации обменов. 5) Отступление от этого общего правила допустимо только в тех случаях, когда размещение работающих людей требует иной организации обменов. Четвертый из перечисленных пунктов приводит нас к заключению, что извлечение воздуха следует устраивать непосредственно у самого источника вредности с расчетом на улавливание им возможно большего количества выделяющихся вредностей. Рассмотрим те условия, при которых можно было бы рассчитывать на полное удаление вредности из пространства, непосредственно окружающего источник вредности, и, таким образом, совершенно избавить от нее остальную часть помещения.

Если мы вообразим нек-рое пространство объемом v_k, окружающее источник вредности, непосредственно воспринимающее вредные выделения и передающее их остальной части помещения, и предположим, что за то время, в течение к-рого вредность может достигнуть границ объема v_k, весь воздух, наполняющий этот объем, будет удален в отсос и замещен новым воздухом, поступающим из остальной части помещения, то будет достигнута локализация вредности. Теоретически это вполне мыслимо, но практически осуществимо только в редких случаях и обыкновенно с применением очень значительных обменов. Дело в том, что приближение отсосов к источнику вредности не всегда допустимо по конструктивным соображениям, а при значительных размерах их приближенные отсосы оказываются даже удаленными от противоположных частей источников. Скорости воздушных токов, создаваемых отсосами, быстро убывают с удалением от отсосов, вследствие чего для полного захвата вредностей отсосами пришлось бы прибегать к чрезмерно большим обменам воздуха. Практика обходит эти затруднения след. обр.: пространство объемом v_k охватывается закрытием, непроницаемым для воздуха и вредности, с оставлением сравнительно небольших отверстий для притока воздуха и, если это требуется, для наблюдения за ходом технологического процесса. Отсос устраивается из-под закрытия. Благодаря отсосу в оставленных отверстиях устанавливается некоторая скорость приточных струй воздуха. В закрытом пространстве создается некоторая более или менее высокая концентрация вредности, которая может быть учтена по формуле (2):

$$z_t = (Oz_1 + Z)\frac{1-e^{-\frac{O}{v_k}t}}{O} + z_c e^{-\frac{O}{v_k}t},$$

принимающей вследствие незначительных размеров v_k упрощенный вид:

$$z_t = \frac{Oz_1 + Z}{O} = z_1 + \frac{Z}{O}.$$

Задаваясь $z_1 = 0$, определяем $z_t = \frac{Z}{O}$. Величина Z определяется технологич. процессом. Величина O зависит от размеров отверстий в ограждении и скорости воздушных струй в них. Обозначая площадь отверстий через Ω (в $м^2$) и скорость воздуха в отверстии через C (в $м/сек$), определяем $O = 3\,600\Omega C$ $м^3/ч$. Но концентрация вредности z_t, создающаяся под закрытием, определяет собой скорость диффузии вредности через отверстие закрытия в помещение. В некоторых случаях, кроме того, нам приходится считаться и с механич. условиями, сопутствующими возникновению вредности и создающими некоторые скорости, с которыми эта вредность устремляется через отверстия закрытия в помещение. Если обозначить скорость движения вредности сквозь отверстие через C_1, то условие полной изоляции помещения от вредности определяется выражением $C_1 \leqslant C$, т. е. $C_1 \leqslant \frac{O}{3\,600\Omega}$.

Все изложенное приводит к трем видам вентиляционных систем, различающихся между собою степенью достигаемого с их помощью санитарного эффекта. Наилучшие результаты получаются от систем, в которых источники вредностей закрыты ограждениями и воздух извлекается из-под этих ограждений. Этим системам присвоено весьма неудачное название местной системы, но так как именно она и способна дать полное и радикальное оздоровление всего помещения, то правильнее будет называть ее *закрытой*, или *локализующей*. Наименование *местных систем* с бо́льшим основанием может быть отнесено к таким устройствам, в к-рых действием притоков, сосредоточенных в определенных местах, мы достигаем в них улучшения санитарных условий за счет ухудшения их в других местах. Типичным примером таких местных устройств являются *воздушные души*. Третьим видом вентиляции, известным под наименованием *общей вентиляции*, являются устройства, имеющие целью понизить по всему помещению вредные концентрации до уровня, требуемого гигиеной. Три указанных вида вентиляцион. устройств не устраняют возможности применения смешанных видов. Так, иногда приходится применять системы полузакрытые, к-рые допускают прорывы из-под закрытий нек-рого количества вредных выделений; равным образом при устройстве общей вентиляции очень часто приходится пользоваться в неполном виде принципом местной вентиляции, обеспечивая некоторые особо важные пункты усиленным притоком воздуха.

Кроме деления вентиляционных устройств по санитарным признакам, применяется деление по признакам конструктивным и функциональным. По первым признакам разли-

чают системы естественной вентиляции, в к-рых обмены производятся без побудителей (за счет разности уд. в. наружного и внутреннего воздуха), от систем с тепловыми, механическими и эжектирующими побудителями. По второму признаку системы разделяются на приточные, вводящие свежий воздух в помещения, и вытяжные, удаляющие из него испорченный воздух.

Нормы допускаемых вредностей. На основании основного ур-ия (2) можно определить обмены воздуха O, исходя из принятого значения z_1 как нормы допускаемой вредности. К сожалению, область гигиены, изучающая вредности, в настоящее время еще не настолько разработана, чтобы дать достаточно точные и определенные указания о допускаемых нормах для практического использования их при выполнении расчетов З. в. В общем эти указания сводятся к следующему.

Нормы температуры. Исходным пунктом для суждения о нормальной для нашего организма $t°$ помещений являются данные о тепловых потерях человеч. тела. Взрослый здоровый человек (мужчина) расходует в состоянии покоя за 1 час в среднем около 112 Cal. Из этого количества около 84 Cal, т. е. 74%, теряется путем конвекции и лучеиспускания и около 16 Cal, т. е. ~ 14%, на кожные испарения. Нормальной $t°$ и нормальной влажностью воздуха, окружающего тело человека, считаются такие $t°$ и влажность, к-рые обусловливают указанные тепловые потери без всякого влияния терморегулирующей способности организма. При более низких $t°$ и влажности мы испытываем ощущение холода, при более высоких—ощущение жары. Воздушной средой, непосредственно окружающей тело человека, является не воздух помещения, а воздух того пространства, к-рое ограничивается его нижней одеждой. Все наши суждения об оптимальных климатич. условиях для человека должны базироваться на оптимальных условиях в пододежном пространстве. Климатич. условия помещения могут интересовать нас лишь постольку, поскольку они влияют на обнаженные части нашего тела (голова, руки), поскольку они определяют качество воздуха для процесса дыхания и, наконец, поскольку они оказывают влияние на пододежное пространство. Работы Рубнера позволяют судить об оптимальной $t°$ пододежного воздуха. При спокойном состоянии его и отсутствии мышечной работы человека эта $t°$ колеблется между 28 и 30°.

Обозначая поверхность человеч. тела через F (в $м^2$), среднюю $t°$ его—t_1, коэфф-т отдачи тепла—k, оптимальную $t°$ воздушной среды—t и нормальные теплопотери—W Cal/ч., мы приходим к упрощенному ур-ию:

$$W = Fk(t_1 - t). \qquad (3)$$

Полагая $W = 84$ Cal, $F = 2{,}2$ $м^2$ (для мужчины), $t_1 = 36{,}6°$ и $t = 29°$, определяем $k = \frac{W}{F(t_1 - t)} = \frac{84}{2{,}2(36{,}6 - 29)} \cong 5$. При мышечной работе и усиленном освобождении тепловой энергии в организме тепловой расход д. б. увеличен, что вызывает необходимость в понижении темп-ры пододежного воздуха, которая, как явствует из ур-ия (3), равняется

$$t = t_1 - \frac{W}{Fk} = 36{,}6 - \frac{W}{11{,}0}.$$

Приведенное соображение позволяет заключить, что оптимальная темп-ра пододежного пространства колеблется в очень широких пределах (приблизительно от 12 до 30°). Если бы человек работал обнаженным, то нормальная температура помещений была бы даже выше в виду существования воздушных токов и возможности повышения лучеиспускания благодаря холодным стенам, окнам и т. д. Одежда существенно изменяет характер температурного взаимодействия между телом и воздухом помещения, и здесь необходимо считаться с влиянием таких факторов, к-рые не поддаются точному определению и математич. выражению. Обозначим поверхность одежды, покрывающей тело человека, через F_1 (в $м^2$), коэфф. теплопередачи через—k_1, темп-ру помещения—через t_2, часовой обмен воздуха в пододежном пространстве—через O_1 (в $м^3$) и теплоемкость 1 $м^3$ воздуха—через c. При установившемся состоянии количество тепла, выделяемого человеческим телом в пододежное пространство, будет равно сумме количеств тепла, проходящего через одежду в помещение, и тепла, расходуемого на подогревание воздуха, вентилирующего пододежное пространство:

$$Fk(t_1 - t) = F_1k_1(t - t_2) + O_1c(t - t_2)\frac{273 + t_2}{273 + t};$$

преобразовывая это ур-ие, получаем:

$$t_2 = t - \frac{Fk(t_1 - t)}{F_1k_1 + O_1c\frac{273 + t_2}{273 + t}}. \qquad (4)$$

Анализируя эту формулу, мы замечаем, что с увеличением знаменателя в правой ее части значение t_2 приближается к t. Величина F_1 определяется покроем одежды. В фабрично-заводских условиях рационально выработанный покрой рабочего костюма, приспособленный к условиям производства, представляется не только желательным и вполне возможным, но иногда даже и экономически выгодным. Величина k_1 всецело определяется физич. свойствами ткани (теплопроводность). Обращаясь, наконец, к величине O_1, замечаем, что она определяется как покроем одежды, так и воздухопроницаемостью ткани. Так. обр., в помещениях с большим выделением тепла применение одежды из ткани большой теплопроводности, большой воздухопроницаемости и с покроем, облегчающим естественную вентиляцию пододежного пространства, повышает оптимальную темп-ру помещений и понижает требования, предъявляемые к вентиляционному устройству. Т. о., без всякого вреда для здоровья человека, дорогое устройство м. б. заменено дешевым при условии продуманного подбора рабочей одежды. Особенно выпукло сказывается это при обслуживании помещений малым числом работников. Органы охраны труда мало учитывают это обстоятельство и обнаруживают совершенно необоснованную боязнь высоких темп-р. Измерения темп-ры, произведенные авторами в прослойках воздуха между тканями одежды, дали следующие результаты: под нижней

льняной рубашкой—29°, поверх рубашки—27°, поверх надетой на рубашку шерстяной фуфайки — 26°, поверх второй такой же фуфайки (и под надетым на нее пиджаком из тонкого сукна)—25°. Темп-ра помещения определялась в 17°. Несмотря на отсутствие точных приборов при этих измерениях и необходимость поверочных испытаний, приведенные числа позволяют сделать некоторые практич. заключения. Если бы испытуемый субъект был одет в костюм из одной льняной ткани, оптимальной температурой помещения явилась бы для него темп-ра несколько более 27°. Одежда наших прядильщиков на мюльмашинах и ватерах очень часто состоит только из легкой свободной бумажной рубашки без пояса, таких же панталон и туфель, одетых на босую ногу. При этом условии оптимальная темп-ра помещения доходила бы, несомненно, уже до 28—29°, а возможно и превышала бы 30°. Отсюда вытекают следующие выводы. 1) Наши суждения о нормальной темп-ре помещений должны исходить из оптимальной темп-ры пододежного пространства, определяемой сообразно с расходованием человеком мышечной энергии. 2) Нормальная темп-ра помещений должна определяться сообразно с характером рабочего костюма, наиболее подходящего для того или иного конкретного случая. 3) Высшим пределом нормальной температуры помещений при спокойном состоянии воздуха следует считать ок. 30°; низшим—ок. 12°. 4) При темп-ре помещений выше 30° необходимо прибегать к увеличению теплопотерь тела за счет увеличения конвекции, что достигается созданием принудительных воздушных токов, омывающих тело. 5) Предельной высшей темп-рой помещения при наличии воздушных токов следует считать темп-ру человеческого тела, т. к. при этом теплообмен прекращается.

Два последних пункта требуют некоторых пояснений. Каждое тело, имеющее темп-ру высшую, чем темп-ра окружающей его воздушной среды, создает около себя тонкий воздушный слой с повышенной температурой, являющийся как бы слоем изоляции, более или менее стойким в зависимости от формы и характера поверхности тела. Создание принудительных токов, омывающих тело, разрушает этот изоляционный слой и приводит в соприкосновение с поверхностью тела новые, более холодные частицы воздуха. Благодаря этому конвекция делается более энергичной, и коэффициент k в формуле $W = Fk(t_1 - t)$ возрастает. Т. о., потеря тепла телом, помещенным в воздушную среду с низшей температурой, при существовании токов определяется не только разностью температур, но и значением k, являющегося нек-рой функцией от скорости воздушных токов. Это положение полностью применимо к человеческому телу: полагая $Fk(t_1 - t) = \text{Const}$, мы можем для каждого значения t определить соответствующее значение k, затем по этому значению подобрать соответственную скорость воздушных токов. Для человеческого тела, прикрытого одеждой, под скоростью воздушных токов следует понимать те скорости, к-рые создаются в пододежном пространстве. Эти скорости зависят не только от скорости движения воздуха, омывающего одежду (скорости воздушных токов в помещении), но и от покроя одежды и от воздухопроницаемости ткани.

Нормы влажности. Влажность воздуха помещений оказывает влияние на наш организм в двух отношениях: с одной стороны, она имеет значение для дыхания, а с другой—определяет характер кожных испарительных процессов.

Предельное содержание водяных паров в годном для дыхания воздухе на 1 *кг* его составляет 0,0186 *кг*. Эта абсолютная влажность вдыхаемого воздуха составляет следующую относительную влажность его при различных темп-рах:

$t°$ воздуха . . .	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Относит. влажность в % . .	100	95	90	85	79	75	71	66	63	59	56	53	50	47

Эта влажность является предельной и отнюдь не может приниматься для определения допускаемой нормы. Лучшим критерием для суждения о последней являются те естественные климатич. условия, в которых мы живем и в к-рых сложился и развился наш организм. В табл. 1 показано соотношение между темп-рой и влажностью для Московского района для всех теплых месяцев, а равно для августа и сентября, на к-рые падает минимум легочных и грудных заболеваний, и к-рые, следовательно, дают более желательные нормы.

Вопрос о влиянии влажности воздуха на процесс кожных испарений разработан еще очень мало. То относительно замкнутое воздушное пространство, к-рое образуется нашей одеждой, принимает все испарения человеческого тела и все водяные пары, содержащиеся в приточном воздухе, вентилирующем это пространство, за исключением тех испарений, к-рые впитываются тканью одежды и количество которых постепенно уменьшается по мере насыщения влагой волокон ткани. При установившемся процессе, согласно уравнению (2), содержание водяных паров в воздухе пододежного пространства определится выражением:

$$g_t = (O_1 g_1 + G)\frac{1}{O_1} = g_1 + \frac{G}{O_1},$$

где g_t и g_1—относительные влажности извлекаемого и приточного воздуха, а G—вы-

Табл. 1.—Соотношение между температурой, давлением и влажностью для Московского района (по наблюдениям А. Н. Селиверстова).

$t°$	Для всех теплых месяцев			Для августа и сентября		
	атм. давление в *мм* рт. ст.	влажность		атм. давление в *мм* рт. ст.	влажность	
		абсолют. в *г/м³*	относит. в %		абсолют. в *г/м³*	относит. в %
15	744,970	9,80	78,5	745,954	10,40	83,4
20	746,219	11,05	65,5	744,689	10,74	63,7
25	746,419	12,30	54,6	747,515	11,18	49,6
30	745,950	13,55	45,5	748,200	11,61	39,0

деляемая телом влага за время t; отсюда:

$$g_1 = g_t - \frac{G}{O_1}. \quad (5)$$

Т. о., если бы мы имели установленную оптимальную для нашего организма норму влажности пододежного воздуха, мы могли бы определить и нормальную влажность воздуха помещения в зависимости от обмена O_1. вентилирующего пододежное пространство, т.е. от покроя и ткани одежды. К сожалению, точных данных относительно значений g_t мы не имеем, и вопрос находится еще в стадии лабораторных исследований. По некоторым соображениям, можно предположить, что нормальная влажность пододежного воздуха держится на очень высоком уровне, изменяясь в пределах 40÷50%, а возможно и выше, в зависимости от воздухопроницаемости всех слоев одежды. Нормальное выделение влаги кожею взрослого мужчины составляет в среднем около 0,0333 *кг* в час. Принимая среднее из приведенных выше предположительных значений пододежной влажности, т. е. 45%, и относя его к 29°, получим, что содержание водяных паров в 1 $м^3$ пододежного воздуха равно $0{,}45 \cdot 0{,}0285 = 0{,}0128$ *кг*. Произведя соответственные подстановки, получаем:

$$g_1 = 0{,}0128 - \frac{0{,}0333}{O_1}.$$

Два требования, к-рым должна удовлетворять нормальная влажность помещений, а именно—обеспечение здоровых условий для дыхания и кожных испарений, несколько расходятся между собой, т. к. влажность вдыхаемого воздуха характеризуется сравнительно небольшими числами (табл. 1), а влажность воздуха, непосредственно окружающего человеческое тело, определяется более высокими числами. Создающееся противоречие м. б. разрешено след. обр.: 1) нормальная влажность помещений должна приниматься в соответствии с естественными климатическими условиями каждого района; 2) принятая норма влажности помещений должна сопровождаться введением такого рабочего костюма, который обеспечил бы создание вентиляционных обменов воздуха в пододежном пространстве, устанавливающих в нем приведенную выше повышенную влажность его.

Указанный способ установления нормальной влажности осложняется на практике трудностью определения обменов O_1. Вычислять их, исходя из воздухопроводности ткани и из разности давлений воздуха под одеждой и поверх нее, представляется крайне сложным, а кроме того, весьма неточным, так как при этом не учитывается влияние покроя одежды. Наиболее точным является экспериментальный способ определения значений O_1 одновременными измерениями содержания CO_2 в воздухе: под одеждой u_t и над одеждой u_1. В этом случае из уравнения $u_t = u_1 + \frac{U}{O_1}$ подстановкой численных значений u_t и u_1 мы без труда получаем: $O_1 = \frac{U}{u_t - u_1}$, где U—количество CO_2, выделяемое кожей в час. С несколько меньшей точностью можно определять O_1, пользуясь ур-ием:

$$O_1 = \frac{G}{g_t - g_1}.$$

Создание принудительных воздушных токов в пододежном пространстве вызывает более энергичный процесс испарения с поверхности кожи. Но т. к. кожные выделения несут физиологическую функцию независимо от выравнивания теплового баланса тела, то форсирование кожных выделений едва ли можно допускать как нормальное явление. В силу этого создание принудительных токов воздуха в пододежном пространстве должно сопровождаться таким повышением влажности, которое в конечном результате оставило бы испарительный процесс без изменения. Во всяком случае, как уже сказано, вопрос о нормальных темп-рах помещений недостаточно разработан гигиенистами, и санитарная техника не имеет точных практических указаний.

Нормы газовых вредностей. Существующие практич. нормы, полагаемые в основание расчетов вентиляционных систем, не м.б. признаны строго обоснованными и допустимы лишь благодаря отсутствию других более авторитетных данных. Некоторые практические нормы определяют, исходя из кратности обменов вентиляции по кубатуре помещений. Этот метод не выдерживает критики. Другой метод исходит из данных Лемана, которому принадлежат наиболее систематич. и авторитетные, хотя и далеко не исчерпывающие, работы. В этом случае практика сводится к уменьшению тех норм, к-рые не вполне им исследованы. В табл. 2 приведены нормы, полученные по этому методу, с изменениями, которые были введены гигиенистами после него. Данные Лемана разбиты на три категории. В первую включены газы, относительно которых Леманом приведены нормы, не дающие вредных последствий при действии их в течение 1 мес.; эти нормы включены в табл. 2 без всякого изменения. Ко второй категории отнесены такие газы, нормы которых не дают вредных последствий при действии в течение 6 ч.; эти нормы уменьшены в целях осторожности на 50%. Наконец, к третьей категории отнесены те газы, для которых Леман приводит безопасные нормы только для $^1/_2$—1 ч. Эти газы принимаются как совершенно недопустимые.

Нормы пылевых вредностей. Данные, относящиеся к нормам пылевых вредностей, являются еще более скудными и практически не разработанными. Единственные авторитетные указания мы снова находим в работах Лемана, определяющего примесь пыли в воздухе 5—10 *мг* на 1 $м^3$ как переносимую, до 20 *мг* на 1 $м^3$ как обременительную и до 30 *мг* на 1 $м^3$ как опасную. Никаких других достаточно обоснованных данных гигиена не дает. Между тем имеются все основания думать, что вредное влияние пыли определяется не только ее весовым содержанием в воздухе, но и химич. составом ее, формою пылинок, а по мнению нек-рых гигиенистов—и размерами пылинок. При классификации пыли по степени ее вредного влияния на организм человека на первое место следует поставить пыль такого химич. состава, который, независимо от засорения легких, способен произвести отравляющее действие. На второе место можно поставить

Табл. 2.—Нормы допускаемых газовых вредностей для фабрично-заводских помещений.

Наименование газов	Химическая формула	Молекулярный вес	Концентрация газов в *мг* на 1 *л*					Позднейшие исправления	50%-ное снижение норм безопасности в течение 6 ч.	Нормы, рекоменд. для пользования при составлении проектов З. в.
			вызывает смерть		переносится					
			немедленно	через ½—1 ч.	без последствий в течение ½—1 ч.	без существ. симптомов в теч. 6 ч.	без вреда в течение 1 мес.			
Азотистая к-та	HNO_2	47,02	—	0,60—1,00	0,20—0,40	0,20	0,10	—	—	0,10
Азотная к-та	HNO_3	63,02	—	—	—	—	—	—	—	—
Азотный ангидрид	N_2O_5	108,02	—	—	—	—	—	0,005	—	0,005 *1
Акролеин	$CH_2C{:}CH{\cdot}CHO$	56,03	—	0,02	ок. 0,02	0,01	—	—	0,005	0,005
Амилацетат	$CH_3{\cdot}COOC_5H_{11}$	130,11	—	—	ок. 20,00	5,00	—	—	2,500	2,500 *1
Аммиак	NH_3	17,03	—	1,50—2,70	0,18	0,06	—	—	0,030	0,030
Анилин	$C_6H_5{\cdot}NH_2$	93,06	—	—	0,50	0,15—0,20	—	—	0,075—0,100	0,088 *3
Ацетальдегид	$CH_3{\cdot}CHO$	44,03	—	10,0—20,00	ок. 1,00	0,50	—	—	0,250	0,250
Ацетон	$CH_3{\cdot}COCH_3$	58,04	—	—	—	—	—	—	5,00—8,00	5,00—8 00
Бензин	—	—	—	200,00	30,00—40,00	20,00—30,00	10,00	0,2—0,4	—	0,300 *2
Бензол	C_6H_6	78,046	—	20,00—30,00	10,00	15,00—10,00	—	0,05—0,1	—	0,075 *2
Бензальдегид	$C_6H{\cdot}CHO$	106,05	—	—	3,00—5,00	—	—	—	—	—
Бром	Br	79,92	5,00	0,22—0,33	0,022	0,005	—	—	0,0025	0,0025
Двуокись азота	NO_2	46,00	0,40—0,70	0,30—0,50	—	—	—	—	—	0,0001
Метилэтилкетон	$CH_3CH_2COCH_3$	72,06	37,00 (через 22 мин.)	17,00 (через 1 ч.)	8,00	5,00	—	—	2,500	2,500
Мышьяковистый водород	AsH_3	77,98	5,00	0,05	0,02	0,01—0,02	<0,01	—	—	0,008
Нафталин	$C_{10}H_8$	128,06	—	—	—	—	—	0,03	—	0,030 *1
Нитробензол	$C_6H_5NO_2$	123,05	—	—	1,00—1,50	0,30—0,50	—	—	0,15—0,25	0,200
Окись углерода	CO	28,00	—	2,00—3,00	0,50—1,00	0,20	—	0,01—0,02	—	0,015 *2
Сернистая к-та	H_2SO_3	82,08	—	1,40—1,70	0,17—0,64	0,6—0,10	0,10	—	—	0,100
Сернистый газ	SO_2	64,06	—	—	—	—	—	0,02	—	0,020 *2
Сернистый углерод	CS_2	76,14	—	15,00	3,00—5,00	1,50—2,00	—	—	0,075—0,100	0,088
Синильная к-та	HCN	27,02	0,3	0,12—0,15	0,05—0,06	0,02—0,04	—	—	0,030	0,030
Сероводород	H_2S	34,09	1,20—2,40	0,60—0,84	0,24—0,36	0,12—0,14	—	0,04	—	0,040 *2
Скипидар	—	—	1,20—2,40	4,00—6,00	2,00—3,00	2,00—3,00	—	—	1,250	1,250
Соляная к-та	HCl	36,47	—	0,118—0,26	0,06—0,13	0,13	—	—	0,065	0,065
Тетрахлорэтан	$CHCl_2CHCl_2$	167,85	—	50,00—60,00	8,00—16,00	2,00—3,00	1,00—2,00	—	—	1,500
Толуидин	$CH_3C_6H_4NH_2$	107,08	—	—	0,50	0,15—0,20	—	—	0,075—0,100	0,088
Треххлористый фосфор	PCl_3	137,42	—	0,3 и менее	0,01—0,02	0,004	—	—	0,002	0,002
Угольный ангидрид	CO_2	44,00	—	90,00—120,0	60,00—70,00	30,00—45,00	—	—	15,00—22,50	18,750
Фенол	$C_6H_5{\cdot}OH$	94,04	—	—	—	—	—	0,03	—	0,030 *1
Фосген	$COCl_2$	98,92	—	0,36	—	—	—	—	—	0,000
Формальдегид	HCHO	30,02	—	2,00—4,00	ок. 0,50	<0,10	—	—	<0,05	0,040
Фосфористый водород	PH_3	34,06	—	0,56—0,84	0,14—0,28	0,14	<0,014	—	—	0,010
Хлор	Cl	35,46	ок. 2,50	0,10—0,15	0,01	0,003—0,050	0,005	—	—	0,005
Хлорбензол	C_6H_5Cl	112,50	0,40—0,70	0,30—0,50	—	—	—	—	—	0,00
Хлористый бензил	$C_6H_5CH_2Cl$	126,51	—	0,30 и менее	0,01—0,02	0,004	—	—	—	0,002
Хлороформ	$CHCl_3$	119,38	—	200,00	30,00—40,00	20,00—30,00	10,00	—	—	10,00

*1 По нормам НКТ УССР.
*2 » » НКТ СССР.
*3 По нормам НКТ рекомендуется применение закрытой вентиляции, но при невозможности применения ее по конструктивным соображениям во многих случаях приведена норма, принятая, согласно указанному выше, для газов второй категории.

пыль, способную вызвать травматич. повреждения органов дыхания, благодаря наличию у пылинок острых режущих граней и углов. Третье место должна занимать пассивная пыль, вызывающая только засорение внутренних органов дыхания. Нормы запыления по Леману повидимому применимы только к последнему виду пыли. В виду того что существует предположение, что мелкая пыль вреднее крупной, к ней именно необходимо относить низший предел нормы Лемана, т. е. 5 *мг* на 1 $м^3$, высший же предел допустим только для более крупной пыли. Что касается вопроса о дозировке двух первых видов пыли, то в настоящее время его приходится считать совершенно открытым.

Меры против вредностей.

Температура. Хотя вопросы низкой температуры относятся, собственно говоря, к области отопления, однако, их полезно рассматривать в связи с вентиляцией, так как оба эти оборудования д. б. координированы между собою и, кроме того, один из видов отопления, часто применяемого в фабрично-заводских зданиях,—воздушное отопление, скорее относится к вентиляционным устройствам, чем к отопительным.

Источники тепловых вредностей весьма многочисленны и разнообразны.

1) Прежде всего сюда относится освобождение тепла как результат превращения механической энергии в тепловую в производствах, связанных с большим расходованием механической энергии. Если одновременно освобождается и какая-либо другая энергия (напр. электрическая) или если часть расходуемой механич. энергии рассеивается на постороннюю работу (например сотрясение здания), то выделение тепла уменьшается. Ткацкие станки для хлопчатобумажных тканей, работающие с большим числом ударов батана, судя по результатам исполненных вентиляционных установок, почти полностью превращают свою механич. энергию в тепловую. Большие ткацкие станки суконных фабрик с малым числом ударов батана выделяют тепла значительно менее (75—80%). Приблизительно такой же % затраченной энергии выделяется в виде тепла металлообрабатывающими станками механич. мастерских. Т. о., приток тепла W_1 от этого источника колеблется от полного значения термического эквивалента, т. е. 637 Cal, до 637·0,75 Cal на 1 Hp.

2) Вторым источником тепла является животная теплота, выделяемая занятыми в помещении людьми в зависимости от выполняемой ими мышечной работы. Как уже указано выше, тепло, выделяемое человеком в спокойном состоянии, составляет около 84 Cal/ч. Теплообразование во время работы, по данным, приведенным д-ром Яковенко, выражается следующими цифрами (в Cal/ч.):

Портной	112	Металлист	190
Переплетчик .	142	Маляр	201
Сапожник . . .	144	Каменщик	317
Плотник	179—206	Пильщик	379

Принимая приближенно приток тепла в помещении в 75% от общей суммы теплообразования организма, мы должны оценивать этот источник тепла W_2 от 84 до 284 Cal на 1 человека в час.

3) В помещения с большими просветами окон и верхних фонарей благодаря радиации солнца поступают значительные количества тепла W_3, к-рые изменяются по часам дня, по месяцам года, по градусам широты и расположению стен помещения относительно стран света. В. М. Чаплин исчисляет радиацию около 100 Cal/ч. на 1 $м^2$ площади окна, выходящего на юг. Практика авторов показывает, что эту радиацию нужно считать ок. 150 Cal/ч. на 1 $м^2$ стекла или же ок. 100 Cal/ч. на полную поверхность (светлую и темную) южной стены.

4) Тепловые выделения аппаратуры заводских помещений могут определяться двумя методами: или на основании данных технологич. процесса, протекающего в аппаратах, или путем измерения темп-ры стенок аппаратов, в зависимости от материала, из которого они сделаны, и характера их поверхности по общей ф-ле

$$W = Fk(t_1 - t),$$

приведенной выше для определения теплопотерь человеческого тела. Обозначая выделение тепла аппаратурой через W_4, поверхность ее через f, разность темп-р наружной стенки ее и помещения через $\theta - t$ и коэфф. теплоотдачи через k, получаем:

$$W_4 = fk(\theta - t).$$

5) С помощью аналогичного ур-ия определяют тепловые выделения паропроводов, труб для проводки горячей и холодной воды:

$$W_5 = f_1 k_1 (\theta_1 - t).$$

6) При огневых процессах, протекающих в кирпичных обмуровках, определение выделения тепла наружными поверхностями обмуровок учитывают по аналогичному ур-ию

$$W_6 = f_2 k_2 (\theta_2 - t),$$

при чем под $(\theta_2 - t)$ следует понимать разность температур двух газов, разделенных друг от друга стенкою обмуровки. Коэфф. k_2 зависит от толщины кирпичной стенки.

7) При нек-рых производствах помещения получают приток тепла от сырья, фабрикатов и полуфабрикатов, вводимых в помещения с темп-рою, отличною от темп-ры помещений. Обозначая вес вводимых тел через Q, начальную темп-ру их через t' и конечную через t'', теплоемкость через c, получим:

$$W_7 = Qc(t' - t'').$$

Если процесс охлаждения указанных тел будет происходить в течение промежутка времени τ час., то приток тепла в помещение за 1 ч. обычно определяется уравнением:

$$W_7 = \frac{Qc(t' - t'')}{\tau}.$$

Это уравнение не является вполне точным, т. к. процесс остывания тел носит постепенно замедляющийся характер. В некоторых случаях это приходится принимать во внимание, согласно ур-иям:

$$\frac{dt_2}{d\tau} = -C_1(t_2 - t),$$

$$\frac{dt}{d\tau} = C_2(t_2 - t) - C_3(t - t_н),$$

при чем

$$C_1 = \frac{\text{поверхн. нагревателя} \times \text{коэфф. теплоотдачи}}{\text{вес нагревателя} \times \text{теплоемкость}},$$

$$C_2 = \frac{\text{поверхн. нагревателя} \times \text{коэфф. теплоотдачи}}{\left\{\begin{array}{l}\Sigma \text{ весов воздуха, строит.}\\ \text{конструкций и оборудов.}\end{array}\right\} \times \text{теплоемкость их}},$$

C_3—тепловые потери помещения; t_2—температура нагревателя, t—темп-ра окружающей воздушн. среды и размещен. в ней тел, $t_{н.}$—темп-ра наружного воздуха, τ—время.

8) Если темп-ра помещения t отличается от темп-ры наружного воздуха $t_{н.}$, то помещение теряет или приобретает некоторое количество тепла W_8, в зависимости от знака разности $(t-t_{н.})$, при чем

$$W_8 = F_3k_3(t-t_{н.}) + F_3'k_3'(t-t_{н.}) + \ldots = \\ = \sum F_3k_3(t-t_{н.});$$

это ур-ие определяет величину потери тепла наружными ограждениями помещения. Суммируя единовременные тепловые притоки в помещение по указанным статьям, получаем:

$$W_1 + W_2 + \ldots + W_8 = W \text{ Cal/ч.},$$

т. е. тот полный приток тепловой вредности, к-рый в ур-ии (2) имел общее обозначение Z.

В фабрично-заводских помещениях, находящихся в работе, этот общий приток тепла м. б. определен более простым методом. Если помещение не имеет вентиляции, то темп-ра его повышается до тех пор, пока не установится равенство притоков и тепловых потерь наружных ограждений. Измеряя темп-ру помещений в разных пунктах по высоте его и находя среднюю внутреннюю темп-ру $t_{ср.}$, можно определить разность средней внутренней и наружной темп-р. Зная эту разность и размеры поверхностей охлаждения, мы узнаем общую сумму тепловых потерь помещения. При установившемся состоянии общая сумма тепловых потерь определяет общий приток тепла от всех имеющихся в помещении источников. Измерения следует делать не в солнечный день, чтобы избежать влияния солнечной радиации. Если после этого сделать поправку на влияние естественной вентиляции, а также принять во внимание уменьшение тепловыделений при установившемся состоянии благодаря повышению внутренней темп-ры, то можно получить материалы, вполне достаточные для учета количества W.

Распределение температуры. Все перечисленные источники тепловых вредностей, кроме солнечной радиации, отдают свое тепло помещению двумя путями: путем лучеиспускания и путем конвекции. Лучистая теплота, нагревая ограждения помещения и тела́, размещенные в нем, в свою очередь заставляет их посылать тепловые лучи телам, имеющим низшую темп-ру, и создавать новые конвекционные токи воздуха. Конвекционные токи поднимаются кверху и производят под перекрытием скопление воздуха с темп-рой более высокой, чем в рабочем пространстве. Если в верхних частях перекрытия устроены приспособления для отвода теплого воздуха в атмосферу и притом в количестве, равном общему количеству воздуха, поднимающегося в виде конвекционных токов кверху, то вся теплота, израсходованная на их образование, удалится из рабочей зоны и не окажет влияния на организм человека, если, конечно, он не будет находиться непосредственно в токах нагретого воздуха. Если перекрытие помещения не будет иметь приспособления для удаления нагретого воздуха, то последний будет постепенно накапливаться и, в конце концов, достигнет рабочей зоны, правда, с температурой несколько низшей, чем под перекрытием, но иногда все же более высокой, чем это желательно. То же явление, хотя и в меньшей степени, будет иметь место при недостаточном удалении теплого воздуха из-под перекрытия. Если бы мы создали удаление воздуха не из-под перекрытия, а из низшей зоны, то из помещения удалился бы наиболее холодный воздух, и его место занял бы опустившийся теплый воздух. Т. о., теплота конвекции посылает вредность в верхнюю зону помещения. В силу этого для учета обменов, необходимых для создания намеченной темп-ры в нижней рабочей зоне, конвекционную теплоту принимать в расчет не следует. Для приближенных расчетов можно принимать на конвекцию около 50% всех тепловых выделений. Для более точных подсчетов следует учитывать сначала теплоту лучеиспускания по общей ф-ле:

$$W_{л.} = \frac{C_1C_2}{C}\left[\left(\frac{T}{100}\right)^4 - \left(\frac{T'}{100}\right)^4\right],$$

где C_1, C_2 и C—коэффициенты теплоизлучения тел: излучающего, окружающих его и абсолютно черного тела, а T и T'—абсолютные температуры излучающего и окружающих тел. Затем определяют теплоту конвекции как разность общих тепловыделений и теплоты лучеиспускания.

Что касается распределения лучистой теплоты, то часть ее будет также направляться в верхнюю зону, не влияя, или влияя в слабой степени, на темп-ру рабочего пространства. Это распределение приходится принимать приближенно, соответственно с размещением нагревателей, высотою их и положением излучающих поверхностей. Если конвекционные токи не удаляются спокойно кверху, а смешиваются с воздухом нижней зоны вследствие движения механизмов, ремней и т. п., то в нижней зоне остается соответственное количество теплоты.

Если перемешивание воздуха не имеет места, то основное уравнение вентиляции принимает вид:

$$w_t = (Cw_1 + W_{лм.})\frac{1-e^{-\frac{O}{v_{н.}}t}}{O} + w_0e^{-\frac{O}{v_{н.}}t},$$

где $W_{лм.}$—количество лучистой теплоты, попадающей в нижнюю зону; для установившегося состояния имеем:

$$w_t = w_1 + \frac{W_{лм.}}{O}, \quad \text{или} \quad O = \frac{W_{лм.}}{w_t - w_1}.$$

В этих выражениях $v_{н.}$ означает объем нижней рабочей зоны. Обмен воздуха O, осуществляя намеченную норму w_t, определяет и темп-ру воздуха под перекрытием, т. к. тепловые выделения верхней зоны распределятся в объеме O и соответственно повысят его темп-ру.

Организация обменов. Согласно общему принципу, указанному выше, извлечение воздуха из зоны наибольшей концентрации вредности должно сопровождаться введением воздуха в зону наименьшей концентрации. Последнею является нижняя зона. Если число работающих в помещении не особенно велико и если можно впускать воздух в известные участки, не беспокоя лю-

дей, то притоки можно опускать до 1—1,5 *м* расстояния от пола, направляя их или прямо к полу или же ниспадающим каскадом. Скорости в приточных отверстиях в этих случаях следует принимать равными 0,5—1,0 *м/сек*. При значительной населенности помещения притоки поднимают выше, для того чтобы не создавать резких токов. При расположении притоков на высоте 3 *м* от пола скорости в приточных отверстиях м. б. доведены до 3 *м/сек*. При равномерном размещении нагревателей и людей по площади помещения организация притоков по площади также д. б. равномерной. При нахождении работающих в районе резкого действия лучистой теплоты нагревателей притоки полезно направлять ниспадающими струями с расчетом создания принудительных токов под одеждой со стороны нагревателя. В подобных случаях иногда является полезным создание очень энергичных воздушных токов, омывающих тело. Если работающие размещены по разным высотам помещения, то наихудшие темп-рные условия возникают в высших зонах. Обслуживание этих зон следует производить сосредоточенными притоками в пункты нахождения людей. В этих случаях также являются полезными энергичные токи воздуха для омывания тела.

Все изложенное относится к общей и местной вентиляциям. Закрытая вентиляция для устранения температурных вредностей применяется лишь в исключительных случаях. При закрытых системах следует соблюдать одно важное правило, которое очень часто упускается из вида. При неполном улавливании всех тепловых выделений закрытия, а также при теплопроводном материале закрытых систем помещение получает все же некоторые тепловые притоки, требующие удаления теплого воздуха из-под перекрытия. Если отверстия для впуска воздуха под закрытие устроены в нижней зоне, то необходимы дополнительные отсосы воздуха из верхней зоны.

Приточный воздух. Из выражения $O = \frac{W_{\text{м.}}}{w_t - w_1}$ видно, что обмен O уменьшается с уменьшением w_1, т. е. с понижением температуры приточного воздуха. С экономич. точки зрения выгодны притоки с возможно низшей темп-рой, но по санитарным соображениям не следует создавать слишком большой разницы в температурах воздуха помещения и приточного воздуха. Это побуждает для зимнего времени, в случае введения наружного неподогретого воздуха, впускать его сверху, для того чтобы, опускаясь через более или менее высокий слой теплого воздуха, приточный воздух успел нагреться до темп-ры, не опасной для организма. Этот способ, однако, допустим лишь при достаточно высоких помещениях и при дроблении приточного воздуха для лучшего его перемешивания с теплым воздухом; иначе он представляет серьезную опасность. В целях лучшего дробления приточных струй некоторые специалисты рекомендуют применение матерчатых фильтров. Введение холодного приточного воздуха сверху, применимое зимой, совершенно недопустимо летом, и поэтому такой способ оказывается выгодным лишь в тех случаях, когда для летнего времени можно совершенно не иметь приточной вентиляции, ограничиваясь, например, открыванием окон. Однако, если отказаться от ввода приточного воздуха сверху, приходится обеспечить нагревание его. Обычные методы нагревания, с применением калориферов, т. е. с расходами пара или горячей воды, представляются крайне нецелесообразными, так как расходуют тепло для борьбы с тепловыми же выделениями. В виду этого техника прибегает к т. н. циркуляционным устройствам, принцип к-рых основан на том, что приточный воздух только отчасти засасывается снаружи, остальное же количество его засасывается из помещения. Регулируя дозы наружного и обратного воздуха сообразно с изменениями наружной $t°$, получают надлежащую $t°$ приточного воздуха. Дозы наружного воздуха принимаются по санитарным нормам, соответственно числу занятых в помещениях людей. Следует при этом заметить, что существующие в настоящее время нормы НКТ не имеют достаточных оснований. Они установлены согласно с теорией Петтенкоффера, применительно к содержанию CO_2 в воздухе помещений. В настоящее время теория Петтенкоффера отвергнута, и порча воздуха, вызываемая присутствием человека, принимается только в отношении увеличения темп-ры и влажности, а потому и нормирование притока наружного воздуха теряет свое основание.

Если тепловые потери помещения превышают приток тепла и применяется воздушное отопление, то остается в силе ур-ие (2). Необходимо только изменить размещение притоков и вытяжек сообразно новому распределению вредности, т. е. отсосы должны быть устроены снизу.

Влажность. Источниками влажности в помещениях являются чаще всего водная поверхность резервуаров, размещенных в помещении, лужи на полу помещений, связанные с «мокрыми» работами, присутствие влажных предметов и пр. Сравнительно редко встречаются источники влажности в виде прорывов пара через отверстия и неплотности паропроводов. Учет выделения водяных паров при образовании их над поверхностью водных резервуаров производится по ф-ле Дальтона:

$$F = \frac{GH}{45{,}6\, c\, (S_1 - S_2)},$$

где F—зеркало испарения в $м^2$; G—вес в *кг* испарившейся воды за 1 час; H—атмосферное давление в *мм* рт. столба; c—коэфф., зависящий от скорости омывания поверхности воды воздушными токами; S_1—упругость водяных паров на поверхности зеркала испарения; S_2—упругость водяных паров в воздухе помещения. По той же формуле можно учитывать и испарения с мокрых поверхностей полов, принимая, конечно, соответственное значение S_1. Выделение влаги с поверхности влажных предметов, находящихся в помещениях, лучше учитывать по производственным данным относительно усушки их или же производя специальное взвешивание влажных предметов. Определение количества паров, могущих выделяться из аппаратуры, производится общими приемами,

применяемыми при учете расходных статей парового хозяйства. Общее поступление водяных паров в помещение м. б. определено при обследованиях путем измерений обменов воздуха, а также содержания водяных паров в приточном и извлекаемом воздухе.

Распределение влажности. При спокойном испарении водяные пары довольно быстро и равномерно распределяются по помещению. В таких случаях применение закрытых систем является излишним,и можно ограничиться системами общей или местной вентиляции. Последний способ является предпочтительным, если работники размещаются в непосредственной близости от пунктов испарения. Так как у нас нет специальных правил для расстановки испаряющих резервуаров, то обычно приходится встречать резервуары, размещенные в несколько рядов. Такое размещение надо признать неправильным с санитарной точки зрения, т. к. работники у средних резервуаров будут со всех сторон окружены более влажным воздухом, чем это допустимо. Лучшим размещением следует считать или размещение резервуаров по стенам, с превращением середины помещения в своего рода сборник чистого приточного воздуха, или же, наоборот, расстановку испаряющих резервуаров в центре, с притоками у стен.

Определение обменов производится по основному уравнению, из к-рого для установившегося состояния будем иметь:

$$O = \frac{G}{g_t - g_1} .$$

Так как обмены O уменьшаются с уменьшением g_1, то приточный воздух желательно вводить с возможно меньшим содержанием водяных паров. Зимою это легко достижимо, так как наружный воздух обладает малым количеством водяного пара и сохраняет это количество, пройдя через калорифер. Летом влажность приточного воздуха определяется влажностью атмосферного воздуха. Для расчета вентиляционной системы следует принимать летние условия, как более трудные. Введение неподогретого воздуха в данном случае совершенно недопустимо, т. к. он вызовет образование тумана.

Увлажнение воздуха. Меры против недостаточного содержания водяных паров в воздухе заключаются в увлажнении его. Все виды увлажнительных устройств сводятся к двум основным видам: к увлажнению с водных поверхностей и к увлажнению водой в виде мельчайших капелек. Первый способ в практике фабрично-заводских работ почти никогда не применяется. Второй способ особенно часто применяется на текстильных ф-ках. Испарение раздробленной воды производится или непосредственно в помещениях или же в специальных увлажнительных камерах. Увлажнительные процессы, связанные с испарением мельчайших водяных капелек, вообще мало обследованы, что объясняется не столько сложностью вопроса, сколько недостаточным вниманием к нему со стороны специалистов. Если испарение капель производится в самом помещении, то главным вопросом, подлежащим разрешению, является вопрос о полной их испаряемости. Распыляясь близ потолка помещений и падая книзу, капля должна испариться прежде, чем достигнет рабочей зоны. При обычной высоте помещений ок. 4,5 *м* путь испарения определяется приблизительно в 2,2 *м*. Вопрос м. б. решен т. о.: из ур-ия $\frac{dG}{d\tau} = -DF$ находим, что $\frac{dr}{d\tau} = -D$, или $r = r_0 - D\tau$, где G—объем капли, τ—время падения капли, D—знаменатель правой части ф-лы Дальтона; F—поверхность капли, r_0—начальный радиус капли, r—радиус капли по истечении промежутка времени τ. Ур-ия составлены при условии, что влажность и темп-ра воздуха в помещении постоянны и что испаряющаяся капля приобрела установившуюся темп-ру, соответствующую темп-ре воздуха. Зная величину r_0, зависящую от системы распылителя, можно определить время полного испарения капли и решить вопрос, успеет ли капля испариться до достижения рабочей зоны. Возможность занесения капель в рабочую зону делает применение увлажнителей, работающих непосредственно в помещениях, нежелательным как с санитарной, так и с производственной точек зрения. Следует, однако, отметить и положительные стороны таких увлажнителей: в помещениях, в к-рых приходится, кроме повышения влажности, заботиться о понижении $t°$, они выполняют обе задачи, в помещениях пыльных они способствуют осаждению пыли. В общем, отрицательные стороны все же превалируют.

Увлажнение воздуха в специальных камерах и введение этого воздуха в рабочие помещения при внимательном проектировании вполне гарантируют помещение от проникновения в них мелких водяных капелек. Процесс испарения в камерах также не получил еще достаточного освещения, которое представляется необходимым уже по одному тому, что в настоящее время до 95% всей пульверизируемой воды остается в жидком состоянии. В уравнении $\frac{dr}{d\tau} = -D$, приведенном выше, D будет зависеть от количества водяного пара, растворенного в воздухе, от темп-ры воздуха и от темп-ры воды. Пусть $t_з$—темп-ра воды, t—темп-ра воздуха, k—коэфф-т отдачи тепла от капли к воздуху, n—количество капель, ω—количество влаги в воздухе. Тогда

$$\frac{dt}{d\tau} = 4\pi r^2 \cdot n \cdot k(t_з - t) ,$$

откуда

$$\frac{dt}{dr} = -\frac{4\pi r^2 \cdot n \cdot k(t_з - t)}{D} . \qquad (6)$$

Мы замечаем, что

$$\frac{dQ}{d\tau} = -J_1 \frac{dG}{d\tau} - J_2 \frac{dt}{d\tau} ,$$

откуда

$$Q = -J_1 G - J_2 t + \text{Const} =$$

$$= -J_1 \cdot \tfrac{4}{3}\pi r^3 n - J_2 t + \text{Const} ,$$

где Q—количество тепла в воде в момент τ, J_1—скрытая теплота испарения, J_2—теплоемкость окружающей среды. Далее имеем:

$$\omega = \frac{\frac{4}{3}\pi(r_0^3 - r^3) + G_0}{O} .$$

Подставляя значения ω и $t_з$ в уравнение (6),

получаем соотношение между r и t. Т. о., все величины, входящие в эти ур-ия, можно выразить в зависимости от r, а следовательно, и от τ. Влажность воздуха в увлажнительной камере без особого труда доводится почти до 100%. Зная температуру и влажность приточного воздуха, который вводится в помещение, можем определить обмен по общему уравнению.

Организация обменов. Принимая во внимание охлаждение воздуха в камере в результате процесса испарения капель, приток следует вводить сверху ниспадающими каскадами. Отвод воздуха можно делать как из верхней, так и из нижней зоны. Распределение притоков по площади помещения следует делать равномерным в целях равномерного распределения влажности. Камерное увлажнение допускает циркуляцию воздуха, т. е. пропускание через камеру воздуха, представляющего собою смесь наружного воздуха и воздуха, возвращаемого из помещения. В целях удешевления устройств, камеры обычно устраиваются в подвальных этажах. Перемещение воздуха осуществляется вентилятором. Перемещение приточного воздуха из камеры в помещение и обратного воздуха из помещения в камеру совершается по приточной и обратной шахтам. Описанное устройство относится к центральным системам. Кроме центральных систем, в практике находят применение т. н. полуцентральные системы, сущность к-рых заключается в том, что распыление и испарение воды совершается не в специальных камерах, а в самих воздухопроводах, распределяющих воздух по помещениям. Основной принцип устройства остается тот же, что и для центральных систем. Существенное отличие заключается в меньшей длительности увлажнительного процесса, в необходимости применения мер против занесения капелек воды в помещение, в более трудном регулировании систем и управлении ими. Из лучших полуцентральных систем можно отметить системы Кестнера, Мюллера и Жакобине. Последняя система производит перемещение воздуха путем эжекции пульверизаторами. Первые системы пользуются центробежными вентиляторами. Пульверизаторы как для центральных, так и для полуцентральных систем имеются нескольких типов. До войны 1914—18 гг. чаще всего применялся тип бр. Кертинг, после того вошли в употребление пульверизаторы Васильева, а в последнее время—пульверизатор Ильина, представляющий существенное упрощение пульверизатора Васильева.

Туман. Энергичное испарение с поверхности резервуаров, особенно в соединении с парами, прорывающимися сквозь толщу водного слоя из отверстий дырчатых змеевиков, характеризуется образованием больших количеств пара над зеркалом испарения. Этот пар, смешиваясь с подтекающим воздухом, создает восходящий к перекрытию помещения ток воздуха, аналогичный конвекционному току. Восходящий ток состоит из смеси воздуха с мельчайшими капельками сконденсировавшегося пара, придающего току воздуха характерную окраску. При обширных и достаточно высоких помещениях и не особенно мощном парообразовании видимые потоки тают, не доходя до перекрытия, и, растворяясь в воздухе помещения, повышают его влажность. Это испарение нек-рых частиц тумана совершается за счет тепла восходящего потока, что вызывает новое образование тумана, и т. д. Темп-ра воздушного потока, измеренная на расстоянии 0,05 *м* от зеркала испарения, показывает около 40°, тогда как на расстоянии 5—6 *м*—около 33°.

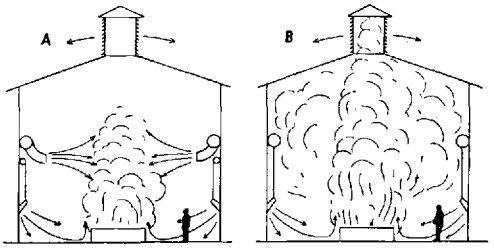
Учет тумана. Количество тумана м. б. учтено из баланса тепла в процессе, происходящем над зеркалом испарения. Количество тепла, приносимое паром и выделяющееся при конденсации его, + количество тепла, заключающееся в подтекающем воздухе с растворенными в нем парами, = количеству тепла смеси воздуха с растворенным в нем паром + количество тепла в конденсате.

Распространение тумана по помещению. В зависимости от энергичности парообразования на поверхности резервуара и от темп-ры выделяющегося пара, видимый поток, состоящий из смеси тумана с насыщенным воздухом, устремляется кверху с большей или меньшей скоростью. Этот поток окружается прозрачным восходящим током воздуха, подогреваемым за счет диффундирующего в него пара и вместе с этим получающим повышенную влажность. Мощные потоки, достигая перекрытия, расплываются в верхней зоне, заполняют ее и, охлаждаясь вблизи поверхностей, ограничивающих помещение, дают новые туманообразования, заполняющие помещение до нижней зоны включительно. Темп-ра капелек тумана при этом выравнивается с темп-рой воздуха. Влажность в помещениях весьма значительна: бывают случаи, когда она превышает 90% при температуре нижней зоны около 29—30°.

Задача, предъявляемая вентиляции, может формулироваться трояко: 1) полное обеспыливание помещения и создание в нем нормальной влажности; 2) уничтожение тумана, но с сохранением повышенной влажности около источников парообразования; 3) уничтожение тумана в нижней рабочей зоне с повышенной влажностью в ней. Первая задача разрешима только применением закрытой вентиляции; вторая разрешается общей вентиляцией с удалением воздуха из верхней зоны и притоками, направленными частью с нормальной темп-рой в нижнюю зону, частью же с темп-рой возможно более высокой (60—100°) в среднюю зону (фиг. 1, А); третья задача разрешается созданием вытяжек из верхней зоны и притоков воздуха нормальной $t°$ в нижнюю зону (фиг. 1, В). Радикальное разрешение задачи дается только первым способом. При правильном проектировании этот способ является, кроме того, и наиболее рентабельным.

Определение обменов. При определении обменов закрытой вентиляции приходится тщательно учитывать упругость водяных паров под закрытием, обусловленную соотношением между количеством выделяющихся паров, их температурою и количеством вводимого под закрытия воздуха, его температурою и влажностью. Указанное

соотношение определяет необходимую скорость воздуха в отверстиях закрытия, в зависимости от обменов воздуха закрытого пространства. Сообразно с этим определяют и размеры отверстий в закрытии. Определение обменов при втором способе производится по



Фиг. 1.

ур-ию (2) с разделением помещения на две зоны по высоте и учетом обменов для каждой зоны отдельно при различных темп-рах приточного воздуха. Обмены воздуха для третьего способа производятся также по уравнению (2), применяя его к объему нижней части помещения, высотою 2—3 *м* от пола. При достаточно высоких помещениях извлечение воздуха при всех трех видах вентиляции можно производить путем устройства достаточно высоких вытяжных труб без всяких побудителей. Отметим, однако, что применение первого способа открывает возможность утилизации удаляемого воздуха путем проведения его через теплоуловители, что имеет значение для зимнего времени.

Организация обмена. Притоки воздуха в верхнюю зону при втором и третьем способах абсолютно не допустимы, как и вытяжки из нижней зоны: санитарное состояние последней при этом резко ухудшается. Первый способ допускает приток в верхнюю зону постольку, поскольку он вообще допустим, т. е. в зимнее время. Распределение обменов по площади помещения при первом способе вентиляции д. б. согласовано с размещением отсосных отверстий в закрытиях. При втором и третьем способах имеет силу общий принцип введения притока в пункты с меньшей концентрацией вредности. Необходимо, кроме того, иметь в виду, что при втором и третьем способах покрытие помещений д. б. по возможности нетеплопроводным; в противном случае следует создавать для них специальное обогревание.

Газы. Опасность, представляемая примесью газов к воздуху, настолько серьезна, что требует особенно внимательного отношения к вентилированию помещений, получающих газовые выделения. Эта осторожность должна усугубляться в виду недостаточной освещенности вопроса о допустимых нормах примесей, а также в виду того, что средние концентрации в той или иной части помещения не гарантируют от возникновения высоких концентраций в отдельных пунктах. Кроме того, химическ. процессы, являющиеся источником газовых выделений и протекающие с большей или меньшей определенностью в лабораториях, в обстановке заводских и фабричных помещений получают далеко не столь определенный характер. Поэтому представляется крайне желательным обслуживать все опасные или даже сомнительные пункты технологических процессов закрытыми системами вентиляции, которые являются единственно надежными и вместе с тем вполне разрешающими поставленную санитарную задачу.

Учет газовых выделений производится при помощи анализа воздуха (см. *Газоопределители*).

Распространение газовой вредности. Распространяясь по всему пространству помещения, газы дают бо́льшие или меньшие концентрации в верхних и нижних зонах в зависимости от своего уд. веса и темп-ры. Учитывая разность уд. в. газа и воздуха помещения, дающую скоростную слагающую, направленную вверх или вниз, и принимая во внимание скорость диффузии газа, дающую слагающую по направлению от большей концентрации к меньшей, мы можем с достаточной точностью определить траектории газовых частиц и определить поле концентраций, создающееся в помещении. Выделяя из этого поля части с концентрациями недопустимыми и создавая в этих частях достаточно энергичные токи воздуха для удаления газовых частиц в отсосные пункты, мы оставляем в помещении лишь концентрации, которые не превосходят допускаемых норм.

Определение и организация обменов. Обмены общей вентиляции для борьбы с газами определяются согласно основному ур-ию (2). Считаясь с серьезным характером вредности, распределение обменов следует производить сосредоточенными токами в пункты пребывания людей, обеспечивая в этих пунктах зону наименьшей концентрации. Распределение вытяжных пунктов следует производить в пунктах наибольшей концентрации. Направление приточных и вытяжных токов следует принимать с расчетом на омывание человека токами чистого приточного воздуха. Применение циркуляционных систем недопустимо, исключая случаи, когда возможна вполне надежная очистка воздуха от газов. При соблюдении указанных правил и внимательном учете обстановки помещения возможно достигнуть, если не вполне здоровых, то допустимых санитарных условий. Устройство закрытых систем должно следовать обычным принципам. Т. к. случайное нарушение правильности химич. процессов может вызывать выбивание вредных газов из-под закрытий, то независимо от закрытой вентиляции следует устраивать и небольшие отсосы воздуха для общей вентиляции помещения. Возможность катастрофич. явлений при нек-рых газах вызывает необходимость вентиляции аварийного характера для возможно быстрого проветривания помещений. Управление такой вентиляцией следует делать не из помещения, а вне его. Необходимо заметить, что газовые выделения требуют внимательного отношения к выбору материалов для отдельных частей вентиляции (закрытый воздухопровод и т. п.). При газах, разрушительно действующих на металл, вытяжные вентиляторы полезно заменять эжекторами. Очень значительные выделения вредных и в особенности тяжелых газов в атмосферу могут заразить

воздух окружающего района. Во избежание этого следует прибегать к обезвреживанию удаляемого из помещения воздуха (поглощение, нейтрализация).

Пыль. Пыль, выделяющаяся в заводских помещениях, с вентиляционной точки зрения м. б. отнесена к двум категориям: а) сравнительно крупная пыль, к-рая, вылетая из рабочих органов машин, описывает траектории, определяемые совокупным влиянием инерции, сопротивления воздушной среды и тяжести; б) мелкая пыль, к-рая, будучи выброшена в воздушную среду, остается в ней на более или менее продолжительное время во взвешенном состоянии. Пыль первой категории, вообще говоря, менее опасна, чем пыль второй категории: если только человек не находится непосредственно в пылевом потоке, то эта пыль падает на пол, минуя наружные органы дыхания. Из сказанного не следует, что с такой пылью следует мириться, т. к. даже осевшая пыль может подняться в воздух под влиянием воздушных токов и т. п. факторов. Пыль второй категории несравненно опаснее, так как она распространяется по всему помещению и неизбежно попадает в легкие. Обе эти категории пыли могут получаться одновременно из одного и того же материала и под влиянием одних и тех же причин.

Учет пыли. Учет пыли следует производить путем лабораторного анализа воздуха. Для приблизительного определения можно пользоваться способом определения пыли по т. н. «угару» (разница в весе материала, поступающего в помещение, и фабриката, выходящего из него).

Определение обменов. Обмены воздуха, требующиеся при вентиляции пыльных помещений, определяются в зависимости от вида вентиляции, который предполагается применить. Общая вентиляция может найти применение лишь в таких случаях, когда пыль поступает в помещение достаточно низко для того, чтобы оказаться в сфере влияния отсосов воздуха, устроенных у пола помещения. При этом условии и при подаче воздуха сверху возможно достижение удовлетворительных результатов, рассчитывая обмены по уравнению (2). При источниках пыли, расположенных настолько высоко, что влияние низовых отсосов делается недействительным, или же пыль должна проделать путь, пересекающий уровень головы человека, общая вентиляция делается неприменимой. При закрытой системе вентиляции в случаях газов, паров и туманов, скорость в отверстиях закрытия определялась на основании расчетов упругости пара или газа под закрытием и скорости диффузии. Имея дело с пылью, приходится иметь в виду не скорость диффузии, а ту скорость, которую приобретают пылинки под влиянием воздушных токов или же ударов, производимых пылящими органами машин. Если эта скорость направлена к отсосу и способна доставить к нему всю пыль без осаждения ее, скорость в отсосе берется с расчетом, чтобы пылинки не осели в воздухоприемнике. Если скорость пылинок имеет иное направление, то скорость воздуха в отсосах должна быть принята такой, чтобы преодолеть силу инерции пылинок и полностью направить их в отсос. Т. к., вообще говоря, для пыли требуются значительные скорости в отсосах, то в целях уменьшения обменов следует брать возможно меньшие размеры отсосных сечений, при том непременном условии, чтобы они все же полностью захватывали пылевые выделения. Устройство закрытий, применяемых для других вредностей, не всегда применимо для пыли. Пылевое закрытие не должно допускать образование осаждений пыли. Из этого же соображения назначаются и скорости в воздухопроводах. В зависимости от характера пыли скорости в воздухопроводах колеблются в пределах 8÷25 *м/сек*. Подобные скорости вызывают необходимость применения вентиляторов, создающих разрежение от 80—100 до 150—200 *мм* вод. ст. и требующих значительной затраты энергии. Циркуляция воздуха в пыльных помещениях допустима лишь в тех случаях, когда обеспечена чистка обратного воздуха. Последняя производится или с помощью фильтров (матерчатых или сетчатых) или с помощью пропускания воздуха через водяную завесу (водяные капли). Несмачивающуюся водой пыль осаждают по способу, разработанному А. Н. Селиверстовым и основанному на пропускании пыльного воздуха сначала через легкую паровую завесу, а после этого через водяную. При больших количествах удаляемой из помещения пыли не рекомендуется выпускать ее в атмосферу во избежание загрязнения дворового воздуха, особенно, если завод или фабрика работают непосредственно близ населенного пункта. В таких случаях следует устраивать отстойные камеры, циклоны или пылеуловители Каурелла.

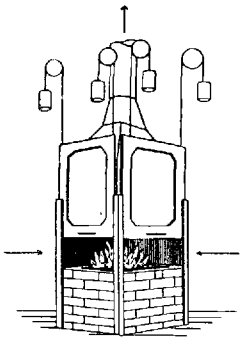
Комбинированные вредности. Легкое разрешение вентиляционной задачи получается в тех случаях, когда каждая из одновременно действующих вредностей требует однородных методов борьбы, вызывает одно и то же распределение обменов, направление токов приточного и извлекаемого воздуха и т. п. Различие в размерах обмена, требующегося для каждой вредности, не представляет в данном случае затруднений, т. к. обмен принимается по той вредности, к-рая требует большего обмена. Т. о., темп-рная вредность и туман удобно комбинируются друг с другом. Темп-рная вредность посылает токи теплого воздуха в верхнюю зону помещения, а для испарения тумана мы умышленно вводим нагретый воздух в верхнюю или среднюю зоны. В силу этого в рассматриваемом случае одни вредные выделения помогают бороться с другими. Удаление воздуха как при тумане, так и при повышенной температуре должно производиться из высших пунктов перекрытия. В целях понижения температуры и влажности в рабочей зоне мы вводим в нее притоки воздуха. В этих случаях задача получает гармоническое разрешение. Сочетание температурной вредности и влажности также можно считать поддающимся легкому и удобному разрешению. Сочетание температурной вредности и газов поддается общей вентиляции лишь при легких газах, имеющих стремление подняться кверху. Наоборот, в случае тяжелых газов борьба с ними должна производиться

с помощью закрытий, а для удаления теплого воздуха должны быть устроены отдельные вытяжки под перекрытием. Сочетание темп-рной вредности с пылью путем общей системы обслуживается очень плохо, и этот вид вентиляции допустим только при очень энергичных обменах, рассчитанных на борьбу с темп-рой и понижающих пылевые концентрации до степени, позволяющей игнорировать ее (бумагопрядильни). Легко комбинируется борьба с тяжелыми газами и пылью, так как оба эти типа вредностей требуют нижних отсосов и подачи воздуха сверху.

В общем, можно сказать: 1) при возможности применения закрытых систем можно без затруднений дать разрешение задачи вентиляции для любой комбинации двух и большего числа вредностей; 2) при необходимости пользования общей вентиляцией задача разрешима только в том случае, если методы, применяемые для борьбы с одной вредностью, не мешают борьбе с другими вредностями; 3) при возможности дать для борьбы с одной из вредностей закрытую вентиляцию м. б. устранена невозможность применения общей вентиляции для борьбы с остальными вредностями, не гармонирующими с первой.

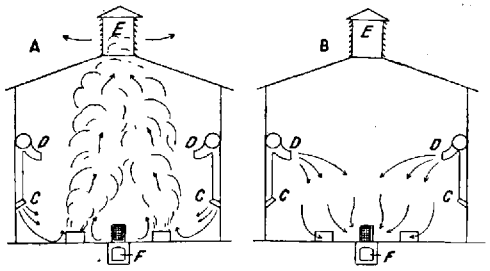
Примеры из практики. Механические цехи. Здесь вредностью является гл. обр. повышенная температура, и потому эти цехи принадлежат к числу наиболее здоровых. Единственную опасность представляют наждачные круги и точила, к-рые необходимо обслуживать отдельными закрытыми системами. Общая вентиляция характеризуется верхними вытяжками и притоками в верхнюю или среднюю зоны.

Кузницы. Вредностью является дым от кузнечных горнов. Наиболее энергичное выделение дыма наблюдается в период заправки горнов. Удаление дыма производится с помощью зонтов, поставленных над горнами. По существу, зонт является закрытием с весьма большим отверстием. Разрешение задачи удаления дыма сводится к созданию отсосов из-под зонта, развивающих такие скорости подтока воздуха в пространство между бортом горна и нижней кромкой зонта, к-рые парализовали бы скорости диффузии газов, заполняющих пространство под закрытием. Задача без труда решается по основному ур-ию (2). Обмены получаются довольно значительные, особенно на время заправки, почему полезно применять опускные фартуки зонтов. Случайные прорывы дыма удаляются дополнительными вытяжками из верхней зоны (фиг. 2).



Фиг. 2.

Чугунолитейные. а) Во время литья газовые выделения из опок скопляются под перекрытием и по мере накопления опускаются из верхней зоны в рабочее пространство; опускание усиливается при соприкосновении газов с холодными покрытиями. Отсос следует делать под перекрытием; впуск воздуха — в нижнюю или, в крайнем случае, в среднюю зону. Т. к. количество газовых выделений не выявлено с достаточной точностью, определение обменов лучше производить по практич. нормам (4—6 обменов, в зависимости от общего веса отливок и размеров последних). б) Пыль из опок, при практикуемых способах выбивания опок по всей площади литейной, фактически неустранима. Обычно применяют отсосы внизу и впуск воздуха сверху, но существенного влияния они не оказывают. При выбивании

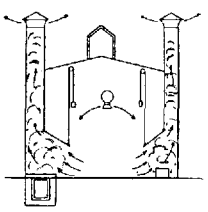


Фиг. 3.

опок на определенных пунктах в последних устраивают мощные отсосы со скоростью в отверстиях 10—12 *м/сек*, дающие хороший эффект. Попытки применить для вентиляции чугунолитейных закрытые вентиляции с помощью переносных закрытий до настоящего времени нельзя считать удавшимися, так как они стесняют производство.

На фиг. 3 представлена схема вентиляции с верхней разводкой притока: *A*—в период отливки, *B*—при формовке и выбивании опок, *C*—нижние притоки для периода отливки, *D*—верхние притоки для периода формовки и выбивания опок, *E*—верхняя вытяжка, *F*—подпольный вытяжной канал. Такая же вентиляция может быть устроена и с нижней разводкой притока.

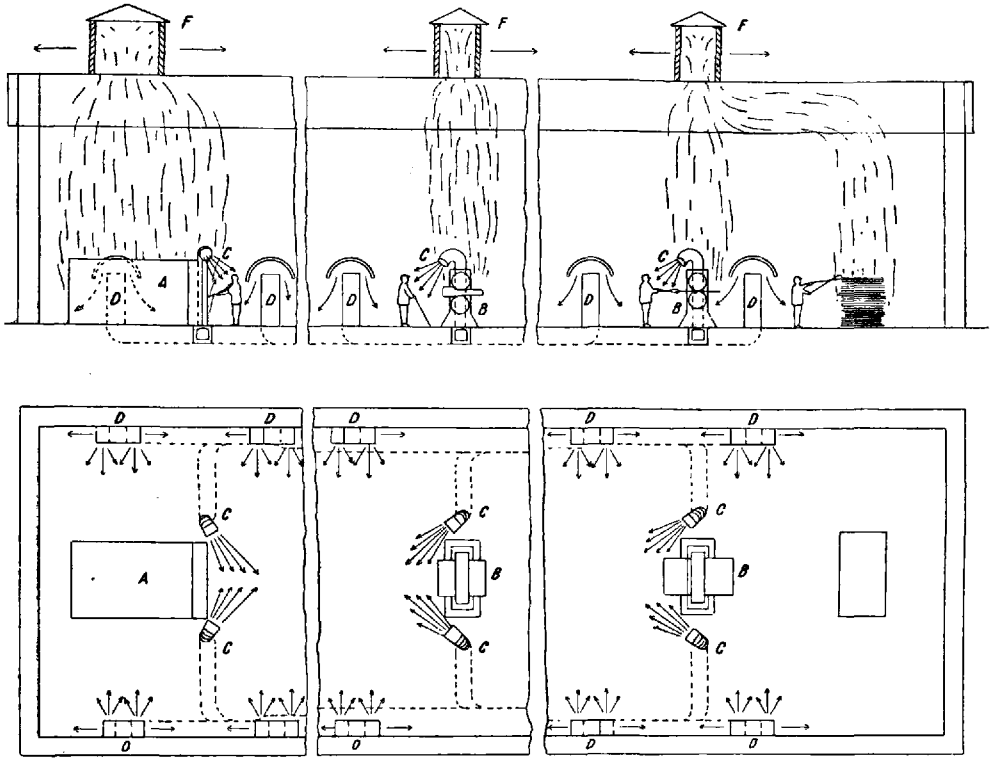
Медно- и цинколитейные. Процессы крайне вредные (литейная лихорадка). Общая вентиляция не позволяет рассчитывать на полное удаление вредности. Применение зонтов над тиглями и формами дает удовлетворительные результаты. Зонты над формами очень затрудняют производство, почему их и следует делать подвижными, вращающимися и т. п. Продуманное размещение пунктов отливки значительно облегчает задачу (фиг. 4).



Фиг. 4.

Прокатные цехи. Главной вредностью являются тепловые выделения, в особенности от накаленных болванок; тепловые выделения механизмов связываются, хотя и не полностью, водным охлаждением. Приток тепла от нагретого металла так велик, что при равномерном распределении тепла в помещении темп-ра была бы невозможно высока для пребывания человека, но благодаря конвекционным токам, значительная часть тепловыделений направляется в верхнюю зону. Тем не менее, расчет вентиляции приходится вести, имея в виду и борьбу с повышенной темп-рой, к к-рой присоединяется еще и лучистая теплота накаленных

болванок и печей (при открывании дверок). Вредное влияние лучистой теплоты не м. б. полностью устранено путем вентиляции; в качестве паллиатива можно рекомендовать

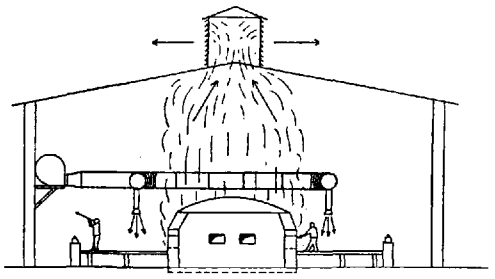


Фиг. 5.

воздушные души. Нужно при этом иметь в виду, что в приточных отверстиях душей у печей воздуху можно сообщать значительную скорость лишь в том случае, если нет опасности выбивания газов из печей и эжекции их душевыми токами. Эти газовые выделения являются второй вредностью помещения, но, вообще говоря, они, имея высокую темп-ру и попадая в конвекционные потоки, быстро удаляются под перекрытие. Вентиляция помещений сводится к удалению теплого воздуха из-под перекрытия путем специальных шахт или фонарей, распределение которых должно соответствовать распределению притоков тепла. Ввод приточного воздуха следует производить в нижнюю или, по крайней мере, в среднюю зону. При отсутствии газовых выделений или при возможности локализации их возможна циркуляция воздуха. В зимнее время возможно введение раздробленных притоков холодного, неподогретого воздуха в верхнюю зону. Наличие подъемных кранов затрудняет возможность верхней прокладки приточных воздухопроводов, особенно для обслуживания средних (по плану) участков помещения. Такие участки м. б. обслужены подпольными каналами с выходами наверх в пунктах, не мешающих ходу работ и движению материалов.

На фиг. 5 изображены план и разрез вентиляции прокатного цеха: *A*—печь, *B*—прокатные станы, *C*—души около станов и печи, *D*—притоки общей вентиляции, *F*—вытяжки.

Стекольные заводы. Как и в предыдущем случае, вредностью являются мощные тепловые выделения печей. Главная масса тепла направляется кверху, но и нижняя зона получает высокую $t°$ благодаря лучеиспусканию из печных отверстий. Вытяжные отверстия необходимо устраивать из-под перекрытия; притоки—в нижнюю или среднюю зону. Над пунктами пребывания людей следует устраивать воздушные души. В зимнее время вполне возможна циркуляция воздуха или раздробленный приток в верхнюю зону (фиг. 6). Воздушные души иногда

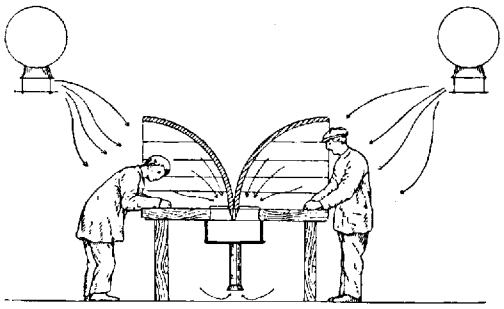


Фиг. 6.

заменяются постановкой электрич. вееров, что менее рационально, так как они гонят на работника тот же нагретый воздух. Они удобны лишь тем, что легко м. б. устанавливаемы в любом положении.

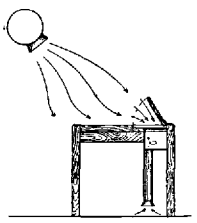
Резиновые заводы. Здесь имеется большое число помещений с разнообразными технологич. процессами и многочисленными вредностями. Главнейшие из вредностей

следующие. а) В размольной—пылевые выделения (в том числе—глет). Вентиляция—закрытая вытяжная и, кроме того, общая вытяжная, с отсосами у пола для удаления пыли, выделяющейся при переноске порошкообразных материалов. Притоки—сверху. Обслуживание пунктов развески порошкообразных материалов—притоками и вытяжками, рассчитанными, если не на улавливание пыли, то на сдувание ее в сторону, противоположную от работника. б) Помещения для работ с выделением бензиновых паров. Рабочие столы прикрываются застекленными колпаками немного выше головы рабочего; вытяжное отверстие делается в крышке стола. При работе с одного борта стола отверстие помещается у противоположного борта; при работе с двух бортов отверстие делается по осевой линии стола (фиг. 7).



Фиг. 7.

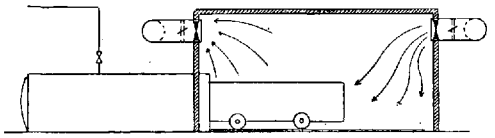
В последнем случае полезно разделять стол продольной вертикальной стенкой (во избежание «сквозняка»). Лучше давать по одному отсосу на каждого работника. При невозможности устройства закрытий над столами, следует устраивать открывающиеся бортики у стола, с отсосами под ними через крышку стола (фиг. 8). Независимо от указанных вытяжек, полезно делать добавочные вытяжки (по одной от каждого стола) из зоны непосредственно над полом помещения. Приток следует давать сверху. Отопление в помещениях этого назначения рекомендуется воздушное, но не водяное и в особенности не паровое. в) В вулканизационном отделении наиболее существенными вредностями являются тепловые выделения и пары от котлов и от самих вулканизованных предметов. Для упрощения вентиляции полезно отгораживать переборкой пространство, занимаемое выдвинутой тележкой, и прилегающую к нему часть котла от остального помещения и вентилировать отгороженную часть холодным притоком (люди отсутствуют) с отдельной вытяжкой (фиг. 9). При невозможности такого разделения приходится делать вытяжки в верхней зоне, а притоки внизу. г) В отделении вальцов и барабанов—весьма сильные тепловые выделения, а при нек-рых составах резины и неприятный специфич. запах. Возможно применение закрытой системы, полезной в отношении уменьшения



Фиг. 8.

обменов (фиг. 10). При отсутствии дурного запаха воздух, извлекаемый из-под закрытий, может быть в зимнее время использован для циркуляции.

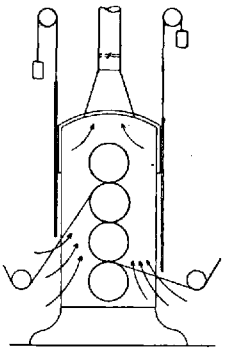
Травильные отделения. Вредностью являются кислотные выделения из



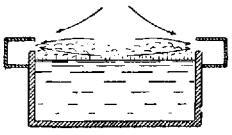
Фиг. 9.

ванн. При употреблении недостаточно очищенной к-ты возможны выделения соединений мышьяка. Рекомендуется закрытая вентиляция и только при невозможности осуществления последней—вентиляция с бортовыми отсосами (фиг. 11). Невозможность применения закрытий очень часто преувеличивается производственниками. Единственное возражение против них—неудобство загрузки предметов, подлежащих травлению,—отпадает при рациональн. системе закрытий.

Хлорные заводы. Новейшие з-ды для добывания хлора основаны на электролизе NaCl. Процесс в технологических целях д. б. закрытым, с отсосом хлорных выделений, и, следовательно, заводский процесс сам по себе осуществляет, разумеется только отчасти, задачу вентиляционного устройства. На долю последнего остается лишь борьба с выделением хлора через неплотности закрытий. Эти выделения нельзя считать незначительными, тем более что процесс разложения NaCl происходит при повышенной темп-ре ванн (около 70°). Это обусловливает возникновение конвекционных токов, посылающих скопляющийся у пола газ кверху через рабочую зону. Задача вентиляции повидимому разрешается созданием притоков-душей над проходами и двойным извлечением воздуха: от пола для улавливания тяжелого газа и из-под перекрытия—для удаления восходящих токов воздуха, насыщенного хлором. Этот способ нельзя считать совершенным, но практика пока не выработала ничего лучшего, в виду сравнительной новизны этой отрасли производства.



Фиг. 10.

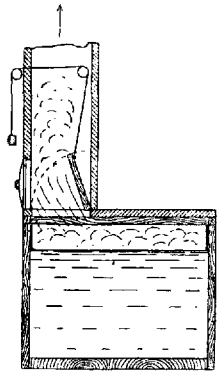


Фиг. 11.

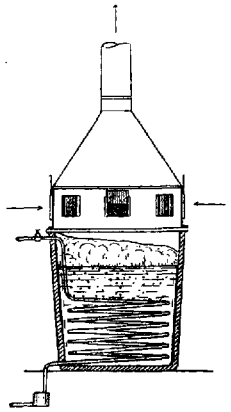
Заводы азотной кислоты. При новом (контактн.) способе получения HNO_3 производство может считаться одним из самых безвредных. Единственной вредностью его являются тепловые выделения. Благодаря размещению источников тепла и форме их, тепловые выделения почти полностью направляются в верхнюю зону. Задачей вентиляции является удаление теплого воз-

духа из-под перекрытия и подача притоков в нижнюю зону. В зимнее время вполне допустима циркуляция.

Заводы серной кислоты. В новых заводах процессы также протекают в герметически закрытых вместилищах и при нормальном ходе не должны давать вредных газовых выделений. Единственной нормальной вредностью являются тепловые притоки. В печных отделениях они создают условия тем более тягостные, что часть работников



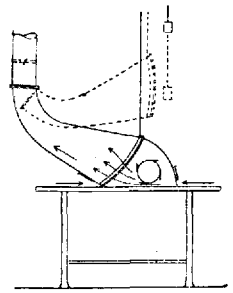
Фиг. 12.



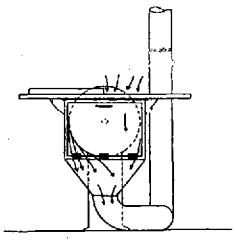
Фиг. 13.

занята в средней зоне помещения (на мостках и площадках). С другой стороны, печное отделение имеет мощный источник тепла в виде горячего воздуха, нагреваемого валами мешалок. Летом этот воздух отводится в атмосферу, зимой же (с подмесью наружного воздуха) м. б. использован для притока. Вентиляция печного отделения сводится к охлаждающему притоку в нижнюю зону и охлаждающим душам в пунктах работы средней зоны. Извлечение воздуха д. б. организовано из-под перекрытия.

Мыловаренные заводы. Наиболее вредны варочные отделения, т. к. производственники до недавнего времени не допускали закрытий над варочными котлами, и последние выбрасывали в помещения огромные



Фиг. 14.

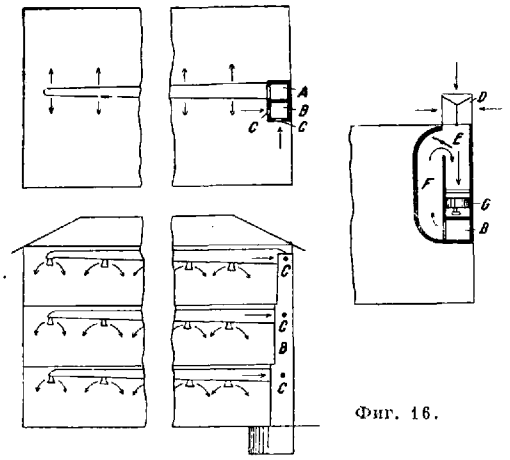


Фиг. 15.

количества тумана. Сравнительно недавно эта задача получила исчерпывающее разрешение (фиг. 12—расщепительный котел, фиг. 13—варочный котел).

Деревообделочные. Вредностью является лишь пыль, выделяющаяся, однако, в громадном количестве. Единственное средство борьбы с нею—это применение закрытой системы (фиг. 14 и 15). Однако, не все деревообделочные станки допускают закрытие. В таких случаях полезно устраивать путем перегородок кабинки, осаждающие пыль и локализующие ее от остального помещения. По характеру обслуживания станков пылеулавливающим устройством они разделяются на две группы: в первой группе пыль непосредственно захватывается отсосом; во второй—она поступает в сборник и, падая на дно, вступает в район действия засосных отверстий. Вытяжная система заканчивается циклоном, который полезно устраивать непосредственно у котельной для автоматической подачи пыли в топки.

Ткацкие фабрики. Вредности: тепловые выделения и пыль; применение закрытых систем невозможно. Сочетание вредностей затрудняет гармонич. разрешение задачи. Вентиляция считается только с $t°$; борьба же с пылью сводится к получению низких концентраций, что и представляется осуществимым в виду того, что значительное теплоотделение само по себе создает необходимость больших обменов. Однако, задача осложняется требованием производства создавать повышенную влажность. Наихудшие условия создаются в летние жаркие дни,



Фиг. 16.

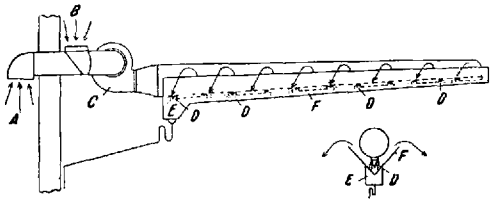
когда приходится вести борьбу с повышенной темп-рой. Требование повышенной влажности определяет метод этой борьбы т. о.: приточный воздух пропускается через водяные завесы, увлажняется по возможности до полного насыщения, понижая вместе с тем свою темп-ру, и вводится в помещение. Нагреваясь в последнем, он связывает тепловые выделения и понижает свою влажность до намеченной нормы. В зимнее время применяется циркуляция. Запыленность обратного воздуха должна уничтожаться осаждением пыли водяными каплями.

На фиг. 16 представлена схема вентиляции ткацкой ф-ки; *A*—приточная шахта, *B*—циркуляционная шахта, *C*—циркуляционные отверстия, *D*—воздухоприемник, *E*—увлажнительная камера, *F*—циркуляционный канал, *G*—приточный вентилятор.

Прядильные фабрики. Бумагопрядильные ф-ки отличаются от ткацких более мощными выделениями тепла и тем, что в различн. отделениях должна поддерживаться неодинаковая влажность, а именно (в %):

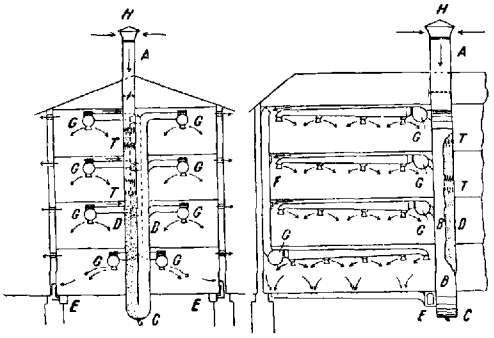
Трепальные отделения	45—50
Чесальные »	40—50
Толстые банкаброши	50—55
Тонкие »	55—60
Ватера и мюльмашины	60—65

Главным затруднением для централизованной вентиляции этих фабрик является необходимость удовлетворения различных по каждому помещению требований. Чесальные



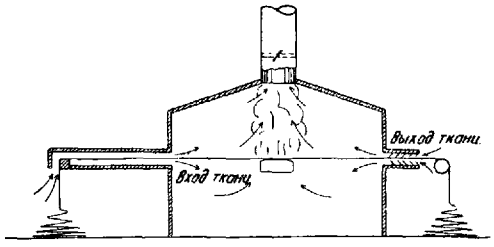
Фиг. 17.

отделения страдают от значительного выделения пыли, что делает желательным применение низовых отсосов, тем более что тепловые выделения этих отделений невелики.



Фиг. 18.

Главной вредностью льнопрядилен являются значительные пылевые выделения, борьба с к-рыми возможна только путем применения пылеудаляющих систем. В кардных отделениях влажность воздуха д. б. ок. 45%; в промежуточных, до ватерных, отделениях 55—60 %, в отделениях сухих ватеров—ок. 60 %. При мокрых ватерах приходится бороться с повышенной влажностью. Задача отсасывания пыли от банкаброшей и сухих

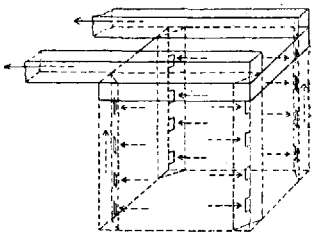


Фиг. 19.

ватеров до сего времени не разрешена. Вентиляция пенькопрядилен по существу близка к вентиляции льнопрядилен.

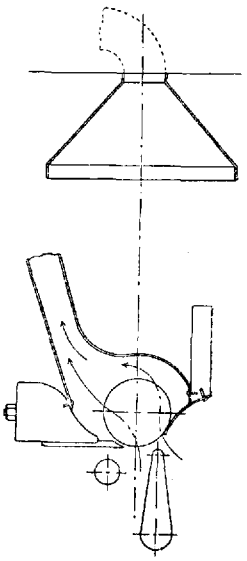
На фиг. 17 изображена схема полуцентральной увлажнительной вентиляции для тканких и прядильных фабрик: *A*—засос наружного воздуха, *B*—засос обратного воздуха зимой, *C*—приточный вентилятор, *D*—увлажнитель, *E*—каплеуловитель, *F*—отстойное корыто. На фиг. 18 представлены продольный и поперечный разрезы центральной вентиляции бумагопрядильной фабрики: *AB*—приточная шахта, *C*—каплеотстойник, *D* — приточно-циркуляционная часть шахты, *E*—подпольный циркуляционный канал, *F*—перегонная шахта, *G*—приточные вентиляторы, *H*—воздухоприемник, *T*—увлажнитель.

Красильно-отделочные и ситцепечатные фабрики. а) Разборка суровья. Если ткань, поступающая в отделение, не пропускается через пылеочистительную машину, то необходима вентиляция для устранения пыли: отсосы снизу, притоки сверху. б) Опалка. Вредности: пыль и запах гари. В настоящее время опальные



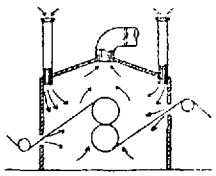
Фиг. 20.

машины закрываются ограждениями с отсосами воздуха. В выходной щели полезно ставить вращающиеся круглые щетки или специальные отсосы для освобождения выходящей ткани от газов и мелких пылинок обгорелого хлопка (фиг. 19). в) Промывка в барках. Вредность: влажность, вследствие испарения с поверхности барок и мокрой ткани, а также с мокрых полов. Холодные барки можно оставлять без закрытий. Хлорные и кислые барки следует закрывать. Вентиляция должна рассчитываться на снижение влажности. г) Хлорные ящики. Очень вредная работа, т. к. рабочему приходится спускаться в довольно глубокий ящик, в к-ром скопляются хлорные выделения. Необходимо делать вытяжки из ящика в виде приставных каналов по углам с несколькими отверстиями по высоте: по мере закрытия нижн. отверстий укладываемой тканью продолжают работать верхние отверстия (фиг. 20). д) Стригальные машины. Вредность: пыль. В этих случаях применяется закрытая вентиляция (фиг. 21). е) Красильные отделения. Вредности: повышенная влажность и туман. При вентиляции этих отделений следует принять за правило закрывать все выделения пара насколько возможно. Значительные обмены, необходимые для закрытых барок, почти всегда позволяют бороться с открытым парением по принципу общей вентиляции. Барки с вредными выделениями (анилин, сернистые выделения) д. б. безусловно закрыты. Крайне желательно более свободное размещение барок, позволяющее свободное подтекание свежего сухого воздуха в коридоры между ними (рабочие пункты). ж) Горячие барабаны. Вредности: теплота и влага. В настоя-



Фиг. 21.

щее время барабаны редко остаются незакрытыми. Отсос воздуха из-под закрытий происходит через щели для входа и выхода материи (фиг. 22). Кроме того, необходимо давать засосы в те же закрытия или независимо от них. Горячие барабаны, создавая под закрытиями горячий и влажный воздух, являются мощным источником тепла, могущего быть использованным для вентиляционных целей путем теплоуловителей. Последние дают подогретого воздуха больше, чем требуется для нужд отделения, почему он может быть применен и для других отделений фабрики. Сообразно с наличием тепловыделений притоки даются в нижнюю или среднюю зону. з) Печатные отделения. Вредности: анилиновые пары и высокая темп-ра. Вентиляцию этих отделений полезно связывать с вентиляцией сушильного отделения, почти всегда располагаемого под ними. Воздух верхней зоны печатного отделения удаляется в сушила. Приток в печатные отделения направляется в виде душей над рабочими пунктами. и) Сушильные отделения. Вредности: пары анилина, влажность и высокая темп-ра. Задачей вентиляции является, во-первых, локализование тепловыделения в рабочей части отделения путем нетеплопроводных переборок и, во-вторых, создание в рабочем пространстве повышенного давления, а в сушилах пониженного, для того чтобы вредности не могли вырваться через щели для входа и выхода материи. Так как все же некоторое количество паров анилина и некоторое количество тепла выносится из сушильной камеры самою тканью, то необходимы, прежде всего, предупредительные меры: последний оборот ткани, идущий к выходу из сушила, проветривается встречным током воздуха в узком канале, отгороженном от пространства сушила. Само рабочее пространство получает вытяжку из верхней зоны и приток в среднюю зону или душ.



Фиг. 22.

А. Н. и Н. А. Селиверстовы.

Лит.: Бродский С., Новые пути в деле вентиляции стекольных гутт, «ГТ», 1928, *5*, стр. 107—108; Вавакин Т. С., Защитный кожух «Стандарт» и вентиляция от наждачных кругов, «ВИ», 1927, *3*, стр. 119; Вейнер М., Опыты тонкой очистки воздуха в электрич. фильтрах, «ВИ», 1928, *9* и *10*; Гамарников Э. Я., Методика обследования вентиляц. установок для борьбы с туманами, «Сборник работ санит. и технич. инспекции Мосгубохрантруда», М., 1927, т. 1, вып. 1; Дюскин В., К вопросу о вентиляции литейных, «Тепло и сила», Москва, 1928, *8*; Емельянов Ф. Ф., К вопросу об удалении дыма кузнечных горнов в мелких кузницах, «Сборник работ санит. и техн. инспекции на Украине», Харьков, 1927, вып. 6; Изгарышев П. А., Физ.-хим. методы борьбы с дымами и туманами. Труды I Всер. съезда по проф. гигиене и технике безопасности (25 ноября—2 декабря 1924 г.). М., 1926; Каган Э., Проблема оздоровления чугуно- и меднолитейных, там же; Ростовцев Г. И. и Смирнов Н. В., Борьба с высокой темп-рой воздуха на Запрудненском стекольном з-де, «Охрана Труда», М., 1928, *4*; Савельев П., Большая вентиляцион. установка с притоком, подогреванием и увлажнением воздуха, «ВИ», 1926, *3*; Свобода К. и Дисман М., К вопросу об устройстве вентиляции в кузницах, «ВИ», 1927, *11*; Селиверстов А. Н., Основные принципы отопления и вентиляции прядильных и ткацких корпусов, ч. 1, М., 1911; Стахорский С. М., К вопросу о рациональной промышлен. вентиляции, «ГТ», 1925, *1*; Строганов В. В. и Тетерев-ников Н. Н., Основные практич. задачи в области рацион. вентиляции производств. помещений и общая методика исследоват. работы Бюро вентиляции Ленинграда. «Труды научно-исследоват. секции охраны труда Ленингр. ГОТ'а», Л., 1927, т. 1, вып. 1—2, стр. 329; Чаплин В. М., Особенности вентиляции фабр.-зав. зданий, «ВИ», 1925, *3*; Adam G., Die Entnebelung von gewerblichen Betriebsräumen, Braunschweig, 1907; Rietschels Leitfaden d. Heiz- u. Lüftungstechnik, 8 Aufl., bearb. v. H. Gröber, B., 1928; Hottinger M. u. v. Gonzenbach W., Die Heiz- u. Lüftungsanlagen, B., 1929; Recknagel's Kalender für Gesundheits- u. Wärmetechnik, München, 1927; Carrier W. H., Fan Engineering, Buffalo, N. Y., 1925; Aucamus E., Chauffage, ventilation et fumisterie, 2 éd., P., 1923.

ЗАВОДСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, промышленное зодчество, часть специальной архитектуры, трактующая о сооружении зданий для промышленных предприятий. С развитием техники и механизации производственных процессов промышленные предприятия сделались гораздо обширнее и сложнее; возникли новые методы работы, к-рые потребовали новых приемов планировки рабочих помещений и привели к организации производства по принципу согласованных между собою непрерывных рабочих потоков. Т. о., в задачи современного З. с. входит не только создание помещений, в к-рых м. б. установлено нек-рое механич. оборудование, но и создание целых архитектурно-производственных комплексов, при чем строительные проблемы не м. б. резко отделены от проблем технологических. Помимо этого, громадную роль стали играть требования профессиональной гигиены, промышленной санитарии и охраны труда.

Проблема З. с. может быть сведена к следующим основным задачам: 1) целесообразное использование территории, с учетом возможности планомерного расширения в будущем отдельных производственных единиц без нарушения общей производственной схемы предприятия; 2) постройка зданий, отвечающих условиям производства; 3) обеспечение предприятия необходимыми транспортными путями и устройствами; 4) снабжение предприятия энергией, водой и отвод сточных вод; 5) обеспечение предприятия противопожарными средствами и 6) устройство необходимых вспомогательных помещений и санитарных приспособлений для рабочих. Помимо этих технич. задач, особенное значение в З. с. приобретают вопросы экономики, к-рые здесь связаны с целым рядом специфич. условий. Главным из них является, конечно, срок действия предприятия: чем меньше расчетный срок эксплоатации предприятия, тем более упрощенные типы зданий и конструкций должны находить применение; но даже в случае длительного срока работы экономич. подсчеты иногда обнаруж. вают выгодность более крупных ежегодных затрат на поддержание зданий, построенных менее капитально, чем единовременное вложение крупных средств. Второе важное условие заключается в том, что при непрерывном техническом прогрессе нередко бывает, что вполне еще исправное производственное оборудование через 10—20 лет оказывается с точки зрения новой техники совершенно устаревшим (моральный износ) и неспособным конкурировать с более новым типом. Между тем замена старого

оборудования новым далеко не всегда бывает возможна в прежнем здании. В виду этого в З. Европе, и особенно в Америке, очень сложное и дорогое оборудование часто устанавливается в легких и дешевых зданиях, рассчитанных на короткий срок амортизации. Степень капитальности зданий зависит также и от рыночной стоимости выпускаемого фабриката, так как дорогие фабрикаты допускают, естественно, и большие накладные расходы по амортизации. Наконец, экономика З. с. нередко тесно связана и с производственными условиями: напр., опасные в пожарном отношении производства рискованно помещать в легких сгораемых зданиях; в некоторых отраслях промышленности приходится считаться с наличием условий, разрушительно действующих на те или другие виды строительных материалов, и в этом случае может оказаться необходимым применение более дорогих и капитальных конструкций, чем это требуется прочими условиями производства.

В состав заводского предприятия обычно входят следующие здания: 1) производственные здания (мастерские, цехи); 2) складочные помещения; 3) здание силовой станции; 4) административное здание (заводоуправление); 5) здание ремонтной мастерской, обслуживающей ремонтные нужды предприятия; 6) здания вспомогательного назначения: табельная, или проходная контора, пожарный сарай, гараж, конный двор и т. п.

Основное место на территории заводского предприятия занимают обычно чисто производственные здания, к-рые м. б. одноэтажными и многоэтажными, при чем выбор между ними определяется гл. обр. характером производства. Целый ряд производств, относящихся к тяжелой индустрии и связанных с применением крупных и тяжелых машин, печей и т. п. устройств, естественно, м. б. располагаем только на поверхности земли; то же относится и к рабочим помещениям, в к-рых производится обработка или сборка особенно тяжелых и крупных изделий (напр. машин, вагонов, паровозов, мостовых конструкций). Для удобного размещения оборудования и обрабатываемых объектов обычно требуются большие помещения, свободные по возможности от опор; для перемещения значительных тяжестей в таких помещениях обычно устраиваются мостовые катучие краны большой грузоподъемности, требующие большой высоты помещения. Т. о., для тяжелой индустрии наиболее целесообразными оказываются одноэтажные здания, значительные по площади и высоте, с большими пролетами и освещаемые, хотя бы частично, верхним светом. Производственные помещения средней индустрии м. б. размещаемы как в многоэтажных, так и в одноэтажных зданиях, при чем последние имеют меньшие пролеты и высоту. Многоэтажные здания дают компактное решение схемы производственных потоков, в значительной мере сокращают потребную площадь земельного участка и нередко уменьшают длину и сечение трубопроводов, электросети и транспортных путей, но значительная нагрузка пола требует устройства массивных междуэтажных перекрытий и капитальности сооружения. Это обстоятельство, а равно необходимость вертикальных транспортных устройств и средств сообщения, значительно усложняет конструктивную схему здания и большею частью исключает возможность применения облегченных конструкций. К этому нужно добавить, что в многоэтажных зданиях не удается достигнуть достаточной равномерности освещения естественным светом. В силу сказанного, вопрос о размещении производственных цехов средней индустрии не м. б. в общей форме разрешен ни в том ни в другом направлении. Во всяком случае, в производствах, в к-рых, по прочим условиям производства, допустимы здания упрощенной и облегченной конструкции, одноэтажное расположение может дать существенные выгоды, и преимущество многоэтажных зданий м. б. доказано только обоснованными экономич. подсчетами. Нужно при этом иметь в виду, что одноэтажные здания позволяют без особых затрат увеличивать пролеты и высоту помещения, что играет большую роль в случае морального износа оборудования. Т. о., для средней индустрии основным типом производственного помещения следует признать одноэтажные здания облегченной конструкции. В пользу многоэтажного варианта нередко приводится соображение об удобстве и надежности укрепления трансмиссии и приводов к массивным междуэтажным перекрытиям, но, поскольку в последнее время трансмиссионная передача энергии уступает место индивидуальным моторам, это соображение начинает терять свое значение. Нельзя, однако, упускать из вида, что в одноэтажных производственных помещениях при верхнем свете приходится серьезно считаться с инсоляцией, т. е. с нагреванием помещения солнечными лучами.

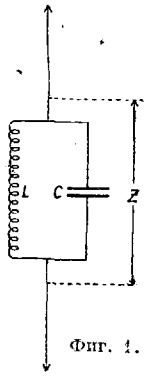
Для легкой индустрии одноэтажные здания уже не представляют таких преимуществ, и в местностях со знойным летом и с суровой зимой многоэтажные здания с их меньшею поверхностью нагревания и охлаждения могут представлять значительные производственные, санитарные и экономич. выгоды. Наконец, многоэтажные здания оказываются экономически целесообразными в тех случаях, когда обработке подвергаются рыхлые сыпучие или жидкие материалы, которые под влиянием собственного веса могут ссыпаться или стекать в вертикальном направлении, переходя от одной стадии обработки к другой. В этом случае оказывается возможным поднять сырье один раз в вертикальном направлении и получать в нижнем этаже, без затрат на вертикальный спуск, полуфабрикат или готовый фабрикат (мельницы, элеваторы). В современных фабрично-заводских предприятиях лишь редко бывает, что все производственные операции носят во всех стадиях обработки единообразный характер. В большинстве случаев готовый продукт получается в результате разнообразнейших производственных процессов, требующих как сложных и тяжелых орудий обработки, так и самого легкого оборудования. Любая современная машина, станок или двигатель состоят из большого числа элементов, к-рые по характеру своего из-

готовления м. б., с одной стороны, отнесены к объектам средней или тяжелой индустрии (станина, вал, якорь, ротор), а с другой—к мелкой индустрии (болты, гайки, масленки). Поэтому, при строительстве крупных фабрично-заводских предприятий в большинстве случаев приходится на одной и той же территории применять как одноэтажные, так и многоэтажные здания, при чем нередко встречаются комбинированные типы, в к-рых одна часть является многоэтажной, а другая—одноэтажной. Подробности о зданиях см. *Фабрично-заводские здания*.

Все сказанное выше о производственных зданиях в известной мере относится и к складочным зданиям, которые, в зависимости от характера, объема и веса материалов, строят одноэтажными или многоэтажными. Для тяжелых, малоценных и устойчивых против атмосферных влияний материалов вполне целесообразны легкие дешевые складочные здания (сараи, амбары, навесы и т. п.); наоборот, цепные изделия, требующие для хранения определенных темп-рных и атмосферных условий, целесообразно размещать в больших капитальных отапливаемых зданиях, при чем многоэтажные нередко имеют преимущество компактного хранения и концентрированного обслуживания. В зависимости от условий хранения и от характера производимых в складочных помещениях операций эти помещения могут приобретать характер рабочих помещений. Устройство производственных и складочных зданий, а равно зданий силовых и тепловых станций регулируется специальными издаваемыми в законодательном порядке правилами. Устройство прочих зданий, входящих в состав фабрично-заводских предприятий, регулируется общими правилами гражданского строительства.

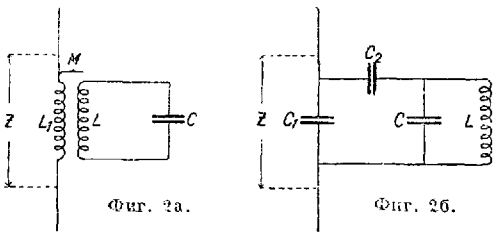
Лит.: Серк Л., Архитектура промышленных зданий, 2 изд., М.—Л., 1928; Гофман В. Л., Фабрично-заводская архитектура, ч. 2, Л., 1927; Буфф К., Техническая организация фабрично-заводских предприятий, пер. с нем., М.—Л., 1929; Franz W., Fabrikbauten, Lpz., 1923; Buff C. T., Werkstattsbau, 2 Aufl., B., 1923; «Der Industriebau», Lpz. **Л. Серк.**

ЗАГРАЖДАЮЩИЙ КОНТУР, запирающий контур, или отсасывающий контур, колебательный контур, оказывающий при включении его в рабочую цепь переменного тока большое сопротивление для токов определенной частоты (или узкой полосы частот) и малое сопротивление для токов всех других частот. З. к. применяется гл. обр. в радиотехнике, в приемных схемах, для уменьшения помехи приему отдаленной радиостанции со стороны местных мешающих передатчиков.



Фиг. 1.

Существуют два вида включения З. к. в рабочую цепь: 1) непосредственное включение—действие З. к. на резонанс токов, проходящих через C и L (фиг. 1), и 2) включение через посредство связи индуктивной (фиг. 2а), емкостной (фиг. 2б) или какой-либо другой—действие З. к. на отсасывание энергии мешающего тока из рабочей цепи. Действие З. к. характеризуется величиной вносимого им в



Фиг. 2а. Фиг. 2б.

рабочую цепь сопротивления. По схеме фиг. 1 сопротивление З. к. определяется из ур-ия:

$$Z = \frac{R}{x^2R^2 \cdot \frac{C}{L} + (x^2-1)^2} - j\omega L \frac{R^2 \cdot \frac{C}{L} + (x^2-1)}{x^2R^2 \cdot \frac{C}{L} + (x^2-1)^2},$$

где R—сопротивление катушки З. к. и $x = \frac{f}{f_r}$ (f_r—резонансная частота З. к., f—рабочая частота). При $x=1$

$$Z_r = \frac{L}{R \cdot C} - j\omega L.$$

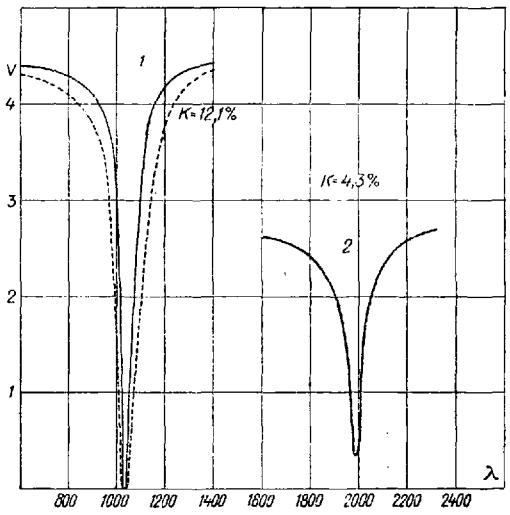
Так как практически $\omega L < \frac{L}{R \cdot C}$, то $Z_r \cong \frac{L}{R \cdot C}$. При x, близком к 0, $Z = R$, при x, близком к ∞, $Z \cong 0$. По схеме фиг. 2а

$$Z = \frac{M^2}{L^2} \cdot R \left[\frac{x^4}{(1-x^2)+x^2R^2\frac{C}{L}} \right] + j\omega L_1 \left[1 + \frac{M^2}{L_1 L} \cdot \frac{x^2(1-x^2)}{(1-x^2)^2+x^2R^2 \cdot \frac{C}{L}} \right].$$

При $x = 1$

$$Z_r = \frac{\omega^2 M^2}{R} + j\omega L_1.$$

Избирательность З. к. обусловливается отношением $\frac{Z}{Z_r}$, где Z_r взято при $x=1$. Недостаток схемы фиг. 1 заключается в том, что при включении З. к. в рабочую цепь,

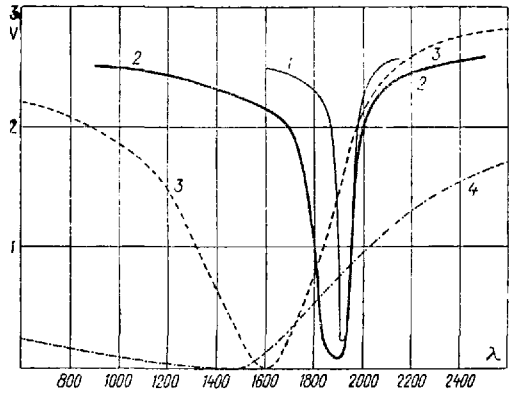


Фиг. 3.

представляющую собою настроенный в резонанс контур, она вносит заметное изменение в настройку этого последнего, особенно

при коротких волнах. Схема фиг. 2а надлежащим подбором L_1 и M позволяет этот недостаток практически полностью устранить.

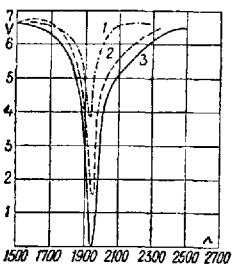
Экспериментальное изучение действия З. к. в радиоприемных схемах показывает, что при небольших общих избирательностях схем З. к. позволяет почти полностью избавляться от мешающего действия мощных



Фиг. 4.

передатчиков, отличающихся по частоте на 10—20 кц. и больше от принимаемого. На фиг. 3 показаны кривые зависимости напряжения мешающего действия на выходных зажимах приемника от настройки З. к., заснятые при волнах длиною в 1 030 и 1 990 *м* (по схеме фиг. 2а; *k*—коэфф. связи). Пунктирная кривая относится к случаю, когда последовательно с L З. к. включено сопротивление $R=30\,\Omega$. На фиг. 4 показаны такие же кривые для емкостной связи З. к. (схема фиг. 2б): кривая *1* для $C_2=45$ *см*, *2*—для $C_2=75$ *см*, *3*—для $C_2=260$ *см* и *4*—для $C_2=460$ *см*. В обоих случаях З. к. был связан с постоянным колебательным контуром приемника.

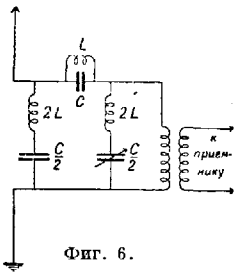
В приемных схемах З. к. может быть включен в цепь антенны, в настроенные контуры и в цепь сетки усилительных ламп. Для получения наилучших условий избавления от очень мощных мешающих действий рационально включение нескольких З. к. в одну и ту же или в различные цепи приемника.



Фиг. 5.

На фиг. 5 показаны такие же кривые, как на фиг. 3 и 4, для случая двух З. к., один из к-рых (кривая *1*) включен в цепь сетки, а другой (кривая *2*)—в цепь антенны. Кривая *3* показывает их результирующее действие. Для получения от З. к. хорошей работы необходимо, чтобы сопротивление его было по возможности наименьшим (см. фиг. 3). Идеальные условия работы дает З. к. с нейтрализацией сопротивления при помощи лампы с обратной связью—регенеративный З. к.

З. к. является лучшим средством для осуществления приема в непосредственной близости от антенны передающей радиостанции (дуплексная радиосвязь). В самом деле, если передатчик мощностью 4 kW в антенне, при $\lambda=300$ *м*, индуктирует в приемной антенне, расположенной в непосредственной близости от передающей антенны или даже под ней, ток в 10 А, то З. к. с данными: $L=240\cdot10^{-6}$ H, $C=11\cdot10^{-11}$ F, $R=2\,\Omega$ и $Z_r=1\,100\,000\,\Omega$—уменьшает мешающий ток при сопротивлении антенны 10 Ω в 100 000 раз. Т. о., мешающий ток становится равным 100 μA. От такого тока легко отстроиться нормальными избирательными средствами приемника. Еще лучшие результаты получаются при включении двух или трех З. к. или при применении схемы З. к., показанной на фиг. 6, дающей наиболее полное избавление от помехи. Исключительное преимущество З. к., по сравнению с другими средствами для тех же целей, заключается в том, что Z_r его не зависит от перестроек в приемных контурах, а следовательно, не зависит и от принимаемой λ. Кроме того, З. к. позволяет устранять помеху в антенне, т. е. в самом начале развития этой помехи. Опыты массового применения З. к. в радиовещательн. приемниках для избавления от мешающего действия 50-kW и 100-kW передатчиков, произведенные в Америке, показали что 65 % из общего числа жалоб, заявленных радиослушателями на сильное мешающее приему действие этих передатчиков, было удовлетворено применением З. к.



Фиг. 6.

Принцип действия З. к. использован также в «поглощающих волномерах», широко применяемых в современной технике радиоприема и радиоизмерений.

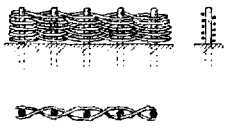
Лит.: Bock H., Der Riedelsche Sperrkreis, «Radio für Alle», Stuttgart, 1928, Dezember, p. 541—545; Brown O. F., The Rejector Circuit—its Theory and some Applications, «Experimental Wireless and Wireless Engineer», London, 1925, v. 2, *16*, p. 233—236; Howe G. W., Rejectors a. Absorbers, ibid., 1926, v. 3, *30*, p. 131—133; Goldsmith A. N., Reduction of Interference in Broadcast Reception, «Proc. of the Inst. of Radio Engineers», N. Y., 1926, v. 14, *5*, p. 575—603.

П. Куксенко.

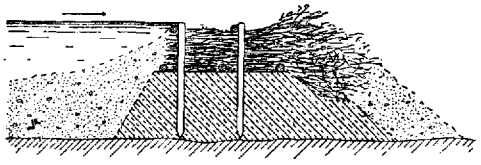
ЗАГРАЖДЕНИЯ в гидротехнике—один из типов простейших и легких регуляционных (выправительных) сооружений (т. н. сквозных), служащий для закрытия протоков, защиты берегов, русел и долин рек от размыва и вообще для образования искусственных отложений наносов. По расположению в плане З. разделяются на продольные и поперечные, а по материалу и конструкции—на плетневые, фашинные, сетчатые, древесные (ветвистые), эстакадные (сквозные) и смешанные.

З. применяются в тех случаях, когда река, на которой устраиваются З., несет много наносов. Сущность действия З. заключается в том, что, перегораживая им поток, замедляют скорость, вследствие чего на участках с замедленной скоростью из воды отлагаются наносы. З. с большим успехом применяются на реках с весьма подвижным, легко размываемым дном, где другие сложные капитальные сооружения, построенные из камня, фашинной кладки и т. п., мало при-

годны вследствие значительной и неравномерной осадки под ними грунта; сквозные же З. постепенно заносятся наносами и еще более содействуют образованию около себя искусственных наносных сооружений. Плетневые З. (плетневые заборы) показаны на фиг. 1; они применяются на малых, а иногда и на больших реках (верховья Днепра) на незначительных глубинах; при этом ледоход должен проходить над плетнями во избежание их повреждения. На больших реках (Висла) плетневые З. выполняются в виде плетней из прутяных канатов по забитым в ряд через 1 *м* сваям. Для предотвращения подмыва в основание таких З. кладут фашинные

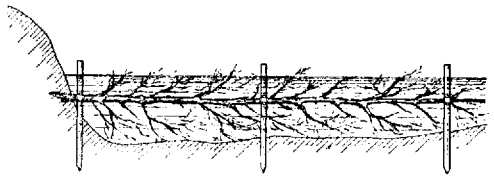


Фиг. 1.



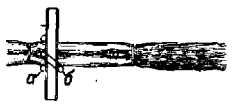
Фиг. 2.

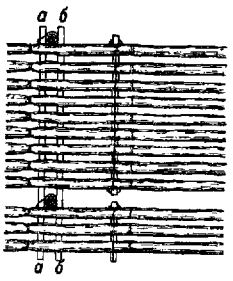
тюфяки. Фашинные З. разных типов имеют более надежную конструкцию, как это видно из фиг. 2, где показана дамба из фашинной кладки, сверху которой уложен слой хвороста. Фашинные З. устраивают для



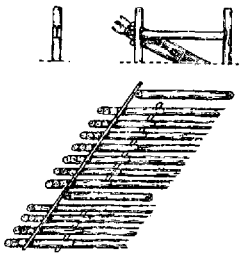
Фиг. 3.

более интенсивного задержания и более быстрого накопления наносов, что происходит параллельно с процессом заиления фашинной кладки самого тела дамбы. Сетчатые З. могут быть устроены из металлической сетки, прикрепляемой к забитым в дно реки



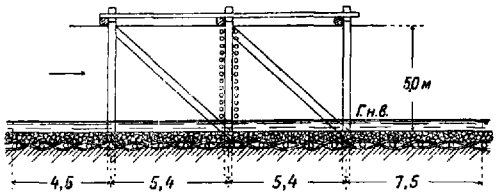


Фиг. 4.



Фиг. 5.

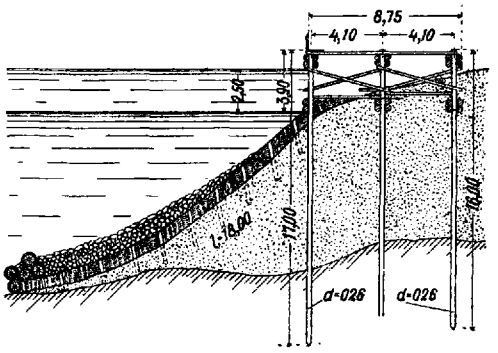
кольям или сваям. Древесные З. делают или в виде завес или в виде отдельных сильно ветвистых деревьев, положенных поперек потока (фиг. 3). При большой ширине и глубине потока целые ветвистые деревья устанавливаются на якорях-камнях. Эта система в последние годы применена инж. Несмеяновым в СССР. З. системы Вольфа показаны на фиг. 4 и 5. Они с успехом



Фиг. 6.

применяются в Германии, Австрии и Швейцарии и состоят из подвижных фашинных щитов, прикрепленных при помощи полусхваток *аа* и *бб* к сваям, забитым в ряд через 2,5 *м*, при слабом течении потока или к двум рядам свай в случае быстрого течения потока. Эстакадные (сквозные) З. изображены на фиг. 6 и 7. Смешанные типы представляют собою комбинации из описанных выше и других (см., напр., фиг. 2).

В целях предохранения от размыва весенними водами занесенной и заиленной части целесообразно устраивать З. в виде рассадки растений, преимущественно черенками кустарниковой ивы. Посадку ведут рядами, гнездами и по бороздам. Ряды располагают поперек потока через 0,5 *м*, а в ряду черенки—через 0,2 *м*; на песчаных почвах ряд от



Фиг. 7.

ряда располагают через 0,6—1,0 *м*, а в ряду черенки—через 0,5 *м*. Гнезда друг от друга располагают через 1,5 *м*, а всего черенков в гнезде от 6 до 20 шт. Борозды глубиной в 15 *см* располагают под углом к течению в 45—60°, а друг от друга на 0,6—0,8 *м*. В борозды укладывают черенки длиной в 2 *м* и заполняют землей с легкой трамбовкой.

З. в виде деревянных запруд применяют при регулировании горных потоков и укреплении оврагов. Придавая З. роль не только сооружений для уменьшения живой силы потока, но также уловителей ила и наносов, предохраняют овраги и горные реки от размыва. См. *Регулирование рек* (горных потоков) и *Укрепление оврагов*.

Лит.: Кандиба Б. Н., Регулирование рек, Л., 1927; Зброжек Ф. Г., Курс внутр. водяных сообщений, 3 изд., П., 1915; Цвикель И. Б., Фашинные работы. Детали устройства более важных

сооружений по способам, употребляемым на р. Висле, Варшава, 1895; Транспортный Hütte, Москва, 1928, вып. 7 и 8, отд. 30—Внутренние водные сообщения; Engels H., Handbuch d. Wasserbaues, 13 Aufl., B. 1—2, Lpz., 1923—26; Deutsch S., Der Wasserbau, T. 1—2, Lpz., 1906; van Ornum J. L., The Regulation of Rivers, N. Y., 1914; Francius O., Der Verkehrswasserbau, B., 1927. **Е. Близняк.**

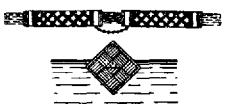
ЗАГРАЖДЕНИЯ в военном деле — искусственные преграды, устанавливаемые с целью воспрепятствовать проходу кораблей противника или для предохранения от неприятельских торпед и плавающих мин. З. ставятся как для защиты фарватеров, гаваней целых водных пространств и рек, так и для защиты отдельно стоящих военных кораблей. З. бывают: постоянные (неподвижные), пловучие и минные.

Постоянные З. служат самостоятельным средством обороны таких проходов и водных районов, пользование которыми не предполагается; к ним относятся: каменные наброски, плотины, молы, ряжи и эстакады. Постоянные З. применяются только на небольшой глубине и на реках с очень тихим течением. Простейший вид постоянного З. представляют собою затопленные суда, загруженные балластом. Затопляемые суда после их загрузки ставят на якоря поперек фарватера, соединяют между собой и берегом цепями или стальными тросами и, открыв кингстоны, затапливают трюмы водой.

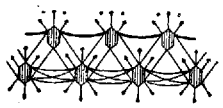
Более сложные З. воздвигают, пользуясь ряжами или эстакадами. Последние требуют очень продолжительной работы, делаются обычно в мирное время и редко применяются на реках. Ряжи представляют собою бревенчатые срубы, наполненные глиной или камнями и погружаемые на дно под горизонт воды (см. *Ряжи*). Для пропуска своих судов в ряжах оставляют ворота, не доводя их (ок. 2 *м*) до горизонта воды. При глубинах менее 8—9 *м*, небольших течениях и подходящем грунте забивают в шахматном порядке куски свай, а между ними натягивают пловучий бон из бревен с цепями. При крепком дне и небольшой глубине можно впускать рогатки из рельсов. Наконец, очень удобны З. из подводных плотиков. Такие З. были применены американцами, и сущность их заключается в следующем: З. ставится из бревен, связанных в плотики по четыре, с промежутками между бревнами около 0,6—1,0 *м*. Отдельные плотики соединяют между собой цепями и ставят один от другого на расстояние менее ширины одного корабля. Один край плотика загружается ящиками с камнями, чтобы он плотно упирался в дно реки, другой же край поддерживается на плаву близ поверхности воды, привязанный к бревнам анкерами. Чтобы усилить действие этого З., верхние концы бревен заостряются и снабжаются чугунными или железными наконечниками.

Пловучие З. предназначаются гл. обр. для охраны в приморских крепостях якорных стоянок военных кораблей от атак миноносцев, подводных лодок и торпедных катеров. Пловучие З. имеют по сравнению с постоянными то преимущество, что применимы при всяком грунте, любой глубине фарватера и скорости течения, сравнительно легко и быстро устанавливаются и снимаются и меньше стесняют плавание своего флота. Невыгоды же пловучих З. заключаются в том, что их сопротивление прорыву неприятельских судов гораздо меньше, чем у постоянных З., в виду возможности их уничтожения путем взрыва. При пловучих З. часто употребляются в качестве вспомогательных средств сети против прохода подводных лодок и торпед неприятеля.

По своей конструкции пловучие З. разделяются на тяжелые боны и легкие якорные. К тяжелым бонам относится англ. бон (фиг. 1), звено к-рого состоит из 9 квадратн. брусьев с поперечным сечением 30 × 30 *см*; средний брус срезан по диагонали, и через образующиеся трехгранные отверстия пропущены три 6-дм. проволочных троса; звенья бона скреплены вдоль перекрестными железными



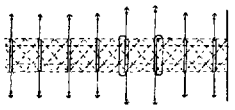
Фиг. 1.



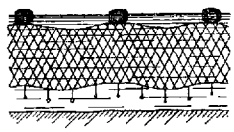
Фиг. 2.

полосами, а по концам хомутами, которые для связи соединены цепями длиной 1,2 *м*. Бон (фиг. 2), предложенный в свое время для защиты Антверпена, состоит из ряда плотов, поддерживающих протянутые по разным направлениям цепи. Заслуживают внимания по удобству конструкции боны системы Кольза (фиг. 3): продольные цепи поддерживаются через каждые 31,7 *м* двумя бревнами, укрепленными на якорях; цепи, кроме того, переброшены и по диагонали. Для быстрой наводки и разводки концы якорных цепей отцепляют от бревен и удерживают на поплавках, а все З. может быть подтянуто к берегу воротами. За пловучими З. необходим постоянный надзор и уход, для чего требуются мощные портовые пловучие средства (буксиры, килекторы и т. п.).

Сетевое З. состоит из сетей, подвешиваемых к пловучестям из буйков, пробковых



Фиг. 3.



Фиг. 4.

рукавов или подвешиваемых на специальных отводах к бортам судов. Противоторпедные сети, носимые кораблями, выделываются в виде круглых ячеек диам. 0,5 *м* из стальной проволоки и имеют целью гл. обр. задержать выпущенную неприятелем в корабль торпеду. В виду громоздкости корабельных сетей ими пользуются исключительно на стоянке судов в открытых водных районах, не огражденных другими противоторпедными средствами.

Сети противолодочные (фиг. 4) выделываются из толстого стального троса (окружн. 50—75 *мм*) и состоят из четырех- или треугольных ячеек со стороной в 3—4 *м*. Стоимость такого З. значительна, обращение с ним в открытом море весьма затруднительно, нужны большие пловучие буи и

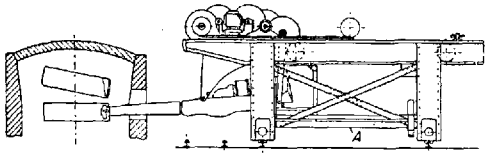
тяжелые якоря (2÷3 *m*). Легкие противолодочные сети англ. образца обычно плетутся из тонких стальных или пеньковых тросов; их ячейки имеют также квадратную форму. В виду своей легкости эти сети поддерживаются на плаву небольшими буйками, вследствие чего они отличаются легкостью обращения и малой видимостью. Попавшая в сеть подводная лодка автоматически взрывается специальными подрывными патронами, подвешенными к сети.

Минные З., не исключая вышеуказанных средств, служат весьма важной и надежной преградой и обладают следующими преимуществами: а) они применимы во всяком месте, б) устанавливаются быстро и легко и в) не только задерживают неприятеля, но и наносят ему вред, разрушая подводную часть судна.

Лит.: Третьяков, Минное дело. Курс минного офиц. класса (литогр. изд.); Петров М. А., Морская тактика, ч. 1—2, Л., 1924—26. **А. Азаров.**

ЗАГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ в металлургическом производстве, орудия для подачи, загрузки и выгрузки плавильных материалов или слитков в различного рода печи и нагревательные колодцы. Работа современных металлургич. печей не только большой, но и средней емкости, при загрузке материалов вручную, была бы совершенно невыгодна экономически и весьма затруднительна технически. Благодаря механизации загрузочных операций могли быть достигнуты те крупные размеры производств, к-рые свойственны современной металлургии. Загрузочные устройства для обслуживания доменных печей—см. *Доменное производство*. Ниже говорится только о З. м. для обслуживания мартеновских и нагревательных печей.

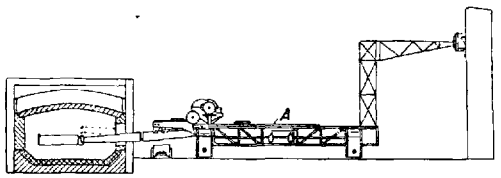
З. м., применяемые для загрузки печей совками, должны осуществлять следующие движения: 1) передвижение вдоль линии печей; 2) передвижение рабочей части машины перпендикулярно линии печей для вдвигания совка с шихтой в рабочее окно печи; 3) вращение рабочей части машины в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси (не во всех типах машин); 4) вращение стержня, захватывающего совок, вокруг своей оси с целью переворачивания совка; 5) подъем и опускание на пек-рую высоту рабочей части машины; 6) наклонение стержня, захватывающего совки, в вертикальной



Фиг. 1.

плоскости. Грузоподъемность З. м. зависит от емкости печей и колеблется в пределах от 2,5 до 7,5 *m*.

В мартеновском производстве применяются З. м. америк. и немец. типов. Америк. тип З. м. представляет собой платформу-тележку *A* (фиг. 1 и 2), движущуюся вдоль печей по расположенным на полу рабочей площадки рельсам. Скорости движений этих З. м. примерно следующие; 1) скорость движения машины вдоль линии печей 70÷120 *м* в мин.; 2) скорость движения рабочей части машины перпендикулярно линии печей 30÷50 *м* в мин.; 3) скорость вращения рабочей части машины в горизонтальной плоскости 4÷6 об/м.; 4) скорость вращения стержня, захватывающего совок, вокруг своей оси

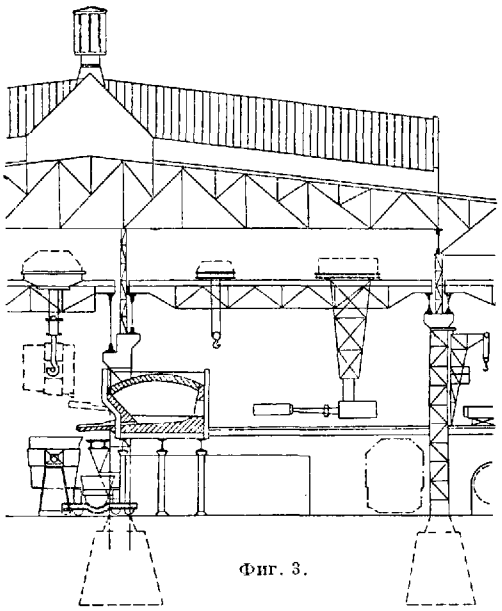


Фиг. 2.

10÷20 об/м.; 5) скорость подъема и опускания рабочей части 6÷10 *м* в мин. Преимущества машин этой системы: 1) быстрота завалки шихты, так как последняя устанавливается вдоль печей, между рабочей площадкой и печами, и, таким образом, З. м. не приходится поворачиваться; 2) склады материалов могут быть расположены в любом месте з-да; 3) возможность затепления цеха, т. к. шихта подается и убирается из цеха через одно место, к-рое может закрываться; 4) удобство взвешивания шихты, т. к. вся шихта, подаваемая к печам, проходит через одно место, где и могут быть установлены весы. Недостатки этих машин: 1) усиленное маневрирование шихтовых поездов около печей, что сильно сокращает полезную длину путей для установки шихты; 2) невозможность установить шихту к моменту завалки около самой печи, что может вызвать иногда перебои в работе; 3) неудобства, связанные с ремонтом печей и необходимостью расположения на рабочей площадке печного инструмента, строительных и других материалов; 4) необеспеченность бесперебойной работы в случае прорыва металла через порог окна мартеновской печи и порчи рельсового пути, проходящего непосредственно около самой печи; 5) удорожание здания цеха вследствие устройства солидных подкрановых балок и колонн. Это удорожание вызывается необходимостью иметь мостовой кран для транспортировки и заливки жидкого чугуна в печь, а также тяжелой конструкцией рабочей площадки, по к-рой ходит З. м.

Немецкая З. м. состоит из тележки, передвигающейся по мостовому крану, располагаемому над рабочей площадкой (фиг. 3). Самый кран перемещается вдоль линии печей. К тележке прикреплена решетчатая станина, внутри к-рой помещается вращающаяся колонна, несущая на своем конце кузов (площадку) с механизмами для управления действием машины. К кузову прикреплены особые поперечины, в к-рых вращается коромысло. При загрузке материала в печь подводят коромысло к установленным на тележках лоткам с шихтой т. о., чтобы голова коромысла находилась над гнездом лотка; сообщив машине (или коромыслу в американской машине) движение вниз, погружают голову коромысла в паз лотка и закрепляют его специальным штифтом, движущимся вдоль оси коромысла. Закрепив лоток,

сообщают машине (или коромыслу в америк. машине) движение вверх, кузову—движение вращательное (в американской машине это движение отсутствует), мосту и тележке—поступательное (в америк. машине—тележке

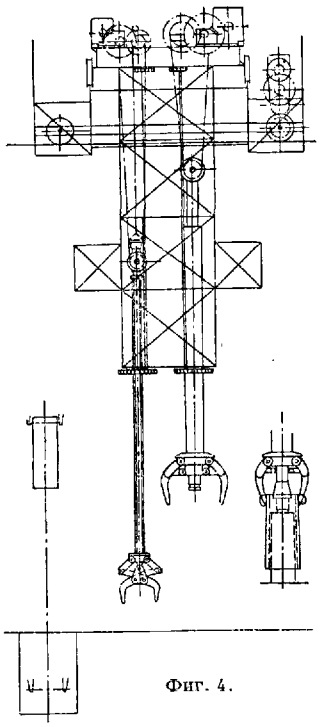


Фиг. 3.

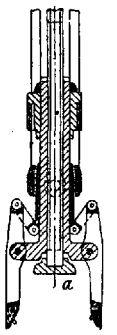
и коромыслу) и вводят лоток в печь через окно. В печи лоток вращением коромысла вокруг горизонтальной продольной оси поворачивается и опоражнивается. Преимущества машин этой системы: 1) возможность обслуживания печей, не лежащих на одной прямой; 2) приемка и ссаживание лотков в любом месте мастерской; 3) передвижению машины не мешают разбросанные у печи материалы; 4) мостовой кран м. б. использован и для других работ (возведение новой постройки, ремонт, удаление печных настылей, заливка чугуна в печь, и т. д.); 5) свобода движения на рабочей площадке в виду отсутствия на ней путей и платформы; 6) полная обеспеченность шихтой, т. к. последняя может устанавливаться на стеллажах в любое время, не мешая обслуживанию печи; 7) легкая и дешевая конструкция рабочей площадки и подкрановых балок; 8) отсутствие опасности перерыва в работе в случае прорыва металла через порог печи. Недостатки этих машин: 1) большой пробег кранов, подающих шихту со склада на рабочую площадку; 2) затруднения при взвешивании шихты, т. к. она подается с любого места склада в любое место площадки; 3) медленная завалка шихты, в виду большего, по сравнению с америк. машинами, количества движений машины; 4) сложность конструкции при меньшей мощности и производительности по сравнению с америк. машинами.

Из погрузочных устройств, обслуживающих нагревательные печи и колодцы для нагрева слитков, можно отметить следующие: 1) паровые краны, снабженные клещами для захвата слитков,—тип машин, встречающихся еще на старых установках; 2) электрич. краны велосипедного типа, перемещающиеся вдоль линии колодцев с достаточно большой стрелой вылета; 3) обыкновенные мостовые краны, снабженные клещами для посадки и выгрузки слитков; 4) стриппперные краны (фиг. 4), которые не только сажают болванки в колодцы, но и выталкивают их из изложниц. Рабочий орган стриппперных кранов состоит из двигающихся по направляющим мачт, снабженных клещами. Жесткая связь позволяет работать на бо́льших скоростях, пренебрегая силами инерции, центрировать кран точно над колодцем и избегать повреждения боковых стенок колодца. Для выталкивания слитков пользуются шпинделем *a* (фиг. 5), перемещающимся внутри полой мачты и приводимым в движение от электромотора; давление передается посредством выталкивающего шпинделя слитку, в то время как изложница неподвижно зажата клещами. Сила, с которой шпиндель давит на слиток, достигает 100 *т*. Клещи для захвата изложницы и для захвата слитков часто одни и те же. Эти краны часто снабжают рычагами для поднятия крышек колодцев. Благодаря возможности производить этими кранами все манипуляции со слитком (выталкивание из изложниц, посадку и выемку из колодцев, подачу к опрокидывателю, открывание и закрывание крышек) их можно считать конструктивно наилучшими из всех типов кранов, обслуживающих колодцы для нагрева слитков.

Операции подачи слитков к печи, загрузки и выгрузки их из печи или выполняются отдельными механизмами или же один механизм выполняет 2 или 3 операции одновременно. Подача слитков на посадочную решетку перед печью производится: 1) посредством обычных мостовых кранов клещами; 2) посредством электромагнитных кранов, магнит которых укреплен на жесткой направляющей мачте (штоке). Мачта может перемещаться в вертикальном направлении и вращаться

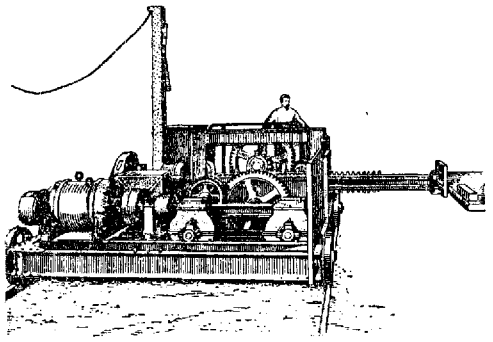


Фиг. 4.



Фиг. 5.

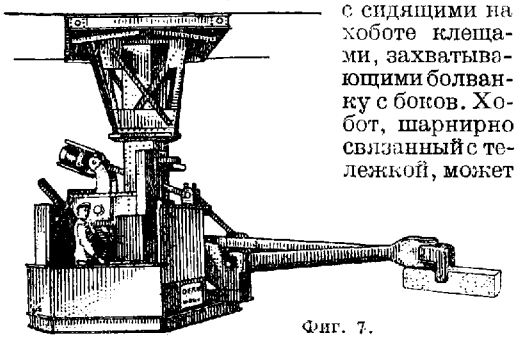
около своей оси. Загрузка методических печей обычно осуществляется толкателем. Из конструкций последних можно указать на такие, где перемещение штемпеля производится рейкой, приводимой в движение от мотора (фиг. 6). Недостаток этих толкателей—частая поломка зубьев, нарушающая их работу. Как на устарелые конструкции можно указать на гидравлические и паровые



Фиг. 6.

толкатели; перемещение слитков производится штемпелем, связанным с плунжером гидравлич. цилиндра или же с поршнем паровой машины. Ход штемпеля достигает 6 *м*. Скорость толкания 50÷100 *мм/сек*.

Для загрузки печей периодич. действия обычно пользуются З. м., перемещающимися по полу мастерской или подвешенными к кранам. Привод для перемещения тележки обычно электрический, и только в старых оборудованиях встречается применение паровой машины. На фиг. 7 представлена З. м.



Фиг. 7.

с сидящими на хоботе клещами, захватывающими болванку с боков. Хобот, шарнирно связанный с тележкой, может перемещаться мотором вверх только после того, как слиток будет крепко зажат клещами. Клещи такого типа ставятся обычно на З. м. кранового типа. Вместе с тележкой поворачивается и хобот, держащий болванку. Устройство тележки с механизмами для управления машиной аналогично таковому в мартеновских З. м. немецкого типа.

Лит.: Frölich, «Z. d. VDI», 1906, p. 1973 u. 1907, p. 47; Michenfelder, «Z. d. VDI», 1908, p. 1154; «St. u. E.», 1907, p. 985, 987, 1000, 1008; ibid., 1908, p. 1094, 1096, 1145; ibid., 1913, p. 729; ibid., 1914, p. 286; «Z. d. VDI», 1908, p. 1560; ibid., 1911, p. 286; ibid., 1917, p. 705. **Н. С. и А. В.**

ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕК И ВОДОЕМОВ, явление, происходящее от спуска в них сточных, фабричных и грязных дождевых вод. Загрязнение водоемов происходит гл. обр. от попадания в них: экскрементов человека и животных; отбросов ф-к и ж. д.; грязи и мусора, попадающих вместе с дождевой и поверхностной водой, особенно с территорий, густо заселенных и имеющих промышленные заведения; грязных вод бань, прачечных, выгребов, отхожих мест и вод, омывающих кладбища; воды, поступающей с окружающих болот. Пользование такой водой является опасным вследствие возможности появления и развития инфекционных болезней, как, напр., холеры, брюшного тифа, дизентерии. З. р. и в. отражается также на рыболовстве и рыбоводстве: с чрезмерным насыщением воды водоемов сточными водами рыба приобретает специфич. привкус или совершенно погибает вследствие наличия в загрязненной воде ядов и недостатка кислорода. По наличию отдельных пород рыб, различно реагирующих на загрязнение воды, можно отчасти судить о степени загрязненности водоема. Наибольшую чувствительность к загрязнению обнаруживают, напр., форель и лососи, затем окунь и судак, и самыми нетребовательными являются карась, карп и линь.

Грязь, поступающая с водой, образует на дне водоемов отмели, подверженные, вследствие содержания значительных количеств органическ. веществ, энергичным процессам гниения, при к-рых образуются газы, главн. образ. сероводород, болотный газ, углекислота, насыщающие воздух и воду специфич. запахом. Загрязнение особенно энергично происходит в жаркое время и при меженних горизонтах воды. Чтобы выяснить в отдельных случаях степень загрязнения водоема от стекающих в него сточных или поверхностных вод, необходимо: 1) установить площадь водосбора, с к-рой стекают поверхностные воды, или территории, с к-рой поступают сточные загрязненные воды; 2) определить состав сточных жидкостей и поверхностных вод; 3) установить степень просачивания в почву поверхностных вод и сточных жидкостей, испарение и величину стока с единицы площади; 4) определить фильтрующую способность почв и способность фильтрующих слоев изменять качественный состав прошедших через них вод.

Степень загрязненности водоемов определяется по результатам бактериологич. и химич. анализов заключающейся в них воды и по выявленным ее физическим свойствам (см. *Микробиология техническая* и *Вода*). По количеству бактерий в 1 *см*³ воды судят о качестве воды и соответствующей этому качеству степени загрязненности водоема, при чем число бактерий в 1 *см*³ воды считают: при очень грязной воде—свыше 100 000, при нечистой—от 10 000 до 100 000 и посредственной чистоты—от 1 000 до 10 000. Основными химич. показателями загрязненности водоемов и рек являются азотная и азотистая к-ты, аммиак и, в известных случаях, хлор и его производные к-ты. Если жесткость воды водоема низка или имеет наклонность к понижению, то это б. ч. указывает на приток поверхностных и почвенных вод. Из физич. свойств воды, могущих служить признаком загрязненности водоема, следует отметить: слабую прозрачность воды (наличие в воде

мути является признаком изменения режима питающих водоем вод); зеленоватый или черноватый цвет воды (нормальный цвет воды имеет голубоватый оттенок небесного цвета); наличие дурного запаха (вода заражена продуктами разложения животных или растений). Борьба с загрязнением рек ведется путем прекращения стока в водоемы неочищенных сточных жидкостей и за последнее время путем создания охранных зон вокруг источников водоснабжения.

Лит.: Барсов К. К. и др., Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод, М., 1927; Данилов Ф. А., Биологич. очистка городских, домовых и фабричных сточных вод, М., 1912; Иванов В. Ф., О загрязнении и самоочищении рек, 1911; его же, Очистка городских сточных вод, Киев, 1914; Хлопин Г. В., Загрязнение проточных вод хозяйств. и фабр. отбросами, Юрьев, 1902; Отчеты Врем. к-та по изысканию мер к охране водоемов Моск. промышл. района от загрязнения сточными водами и отбросами ф-к и з-дов, М., 1917; «Труды водопров. и санит.-технич. съездов», М. **А. Калабугин.**

ЗАГУСТИТЕЛИ, клейкие вещества, употребляющиеся при ситцепечатании и отделке волокнистых материалов (см. *Аппретура текстильных изделий*). К ним принадлежат: 1) разные сорта крахмала, декстринированного крахмала (см. *Декстрины*), получающегося нагреванием (поджариванием) крахмала (жженый крахмал, бритиш-гум) или варкой со щелочами (см. *Аппаратин*); 2) трагант, или адрагант, растительная камедь, получающаяся из растений сем. бобовых (Leguminosae), в особенности из Astragalus gummifer; 3) аравийская или сенегальская камедь; 4) глинка, или каолин; 5) окшара—осадок сернистого свинца, получающийся при приготовлении протрав обменным разложением сернокислых солей с уксуснокислым свинцом; 6) альбумин и казеин. Последние служат не только З., но и закрепителями нек-рых красителей на волокнах.

Лит.: Петров П., Викторов П. и Малютин Н., Химич. технология волокн. веществ, Иваново-Вознесенск, 1928. **А. Порай-Кошиц.**

ЗАДАЮЩИЙ ГЕНЕРАТОР, ламповый генератор сравнительно малой мощности, применяемый в настоящее время во всех мощных ламповых передатчиках для обеспечения постоянства частоты излучаемых колебаний (постоянства длины волны радиостанции). Употреблявшиеся ранее ламповые передатчики с генераторами с самовозбуждением не обеспечивали необходимого постоянства длины волн. Последняя зависит от емкости антенны, к-рая может изменяться от тех или иных причин (ветер, дождь и т. д.). Для того чтобы длина волны оставалась постоянной, необходимо применять независимое возбуждение. В этом случае длина волны определяется контуром и лампой маленького генератора (З. г., иначе называемого возбудителем или независимым генератором), работающего по схеме с самовозбуждением.

Получаемая в З. г. высокая частота подается на сетку следующего каскада с более мощными лампами, где происходит усиление, дальше м. б. применено еще несколько каскадов усиления. Постоянство длины волны требует прежде всего строгого постоянства емкости и самоиндукции, входящих в контур З. г. Кроме того, необходимо поддерживать строго постоянными напряжение на аноде и накал ламп З. г. Хотя изменение напряжения на аноде мало влияет на длину волны генератора, однако, и это изменение нужно считать совершенно недопустимым, особенно при коротких волнах. Тем более недопустимо изменение накала. Поэтому лучше всего выбирать З. г. настолько малым, чтобы его можно было питать от аккумуляторов. Последние берут в этом случае с большим запасом емкости, чтобы напряжение их не менялось в течение продолжительного времени. Для уничтожения внешних воздействий, к-рые могли бы повлиять на длину волны, желательно экранировать весь З. г.

Малая мощность З. г., обеспечивающая стабильность длины волны, имеет, однако, и серьезный недостаток. Многокаскадный усилитель высокой частоты, к-рым является в этом случае передатчик, склонен к самовозбуждению, вследствие того что имеется много контуров, настроенных на одну и ту же длину волны. Чем больше каскадов усиления, тем больше склонен к генерации (к самовозбуждению) передатчик. Бороться с этим можно лишь при помощи нейтродинных конденсаторов (см. *Конденсатор*), компенсирующих емкость ламп и тем понижающих способность схемы к самовозбуждению. Однако, при значительном количестве каскадов даже и нейтродинные схемы не обеспечивают от самовозбуждения вследствие непосредственного воздействия при помощи электрической или магнитной индукции одних контуров на другие.

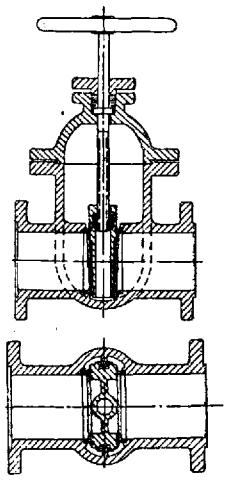
Для избавления от этих воздействий возможны два пути. Первый заключается в перемене частоты. З. г. и один или два каскада усиления настроены на нек-рую частоту, а следующие каскады—на другую, обычно на частоту в два раза бóльшую. В первом из этих каскадов получается, т. о., удвоение частоты. Если каскадов очень много, то такое удвоение повторяется два или три раза. Второй путь заключается в тщательном экранировании отдельных каскадов. В коротковолновых передатчиках применяются и нейтродинные конденсаторы, и удвоение частоты, и экранирование отдельных каскадов. В длинноволновых передатчиках обычно удовлетворяются меньшим количеством каскадов, питают З. г. не от аккумуляторов и применяют лишь нейтродинные конденсаторы. Для еще большего обеспечения постоянства длины волны З. г. стабилизируется каким-нибудь специальным устройством (кварцевый генератор, камертон и т. д.).

Мощность З. г. определяется мощностью сетки следующего каскада; однако, при расчете необходимо обратить внимание на реактивный ток в цепи сетки, к-рый может дать сильное падение напряжения; тогда напряжение на сетке может стать слишком малым. Вследствие этого обстоятельства, а также потому, что контур генератора имеет небольшой кпд, мощность З. г. необходимо выбирать с запасом. В длинноволновых передатчиках, где реактивный ток сетки не так велик, З. г. выбирается в пределах от 5 до 10% мощности следующего каскада. В коротковолновых передатчиках, где реактивный ток больше и где нельзя давать большой связи контура З. г. с цепью сетки следующего кас-

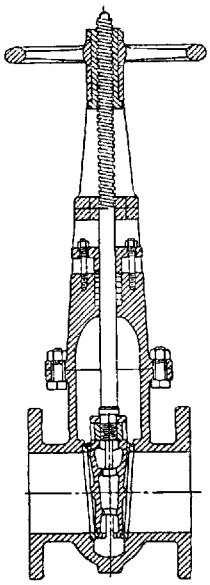
када из-за возможности самовозбуждения, мощность З. г. доходит до 20% мощности следующего каскада. **И. Кляцкин.**

Лит.: см. *Ламповые генераторы.*

ЗАДВИЖКИ, сложная деталь для закрытия и открытия проходного отверстия трубопроводов для воды, пара и газов. З. имеют следующие преимущества перед вентилями: малое сопротивление прохождению жидкости благодаря прямолинейному движению и не суженному размеру сечения; отсутствие

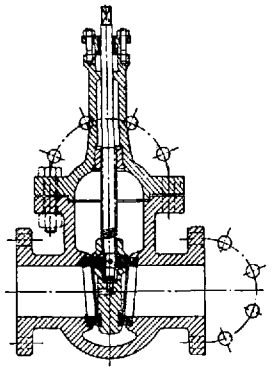


Фиг. 1.

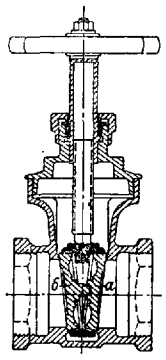


Фиг. 2.

гидравлич. ударов при открытии и закрытии; точность регулировки проходящего через З. количества жидкости. Недостатки З. следующие: различные термич. деформации отдельных частей З., ведущие к нарушению герметичности и к заеданию подвижных деталей, вследствие чего нормальные З. трудно применять для насыщенного пара среднего давления и невозможно применять для



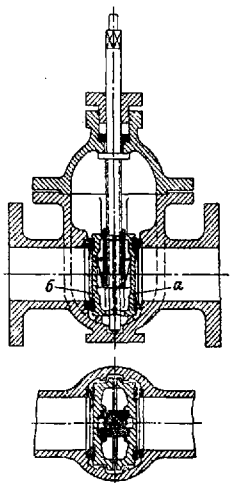
Фиг. 3.



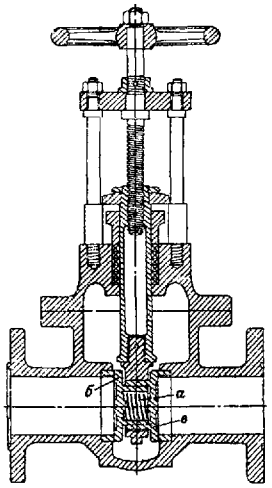
Фиг. 4.

перегретого пара; сравнительно быстрый износ рабочих поверхностей из-за их скользящего движения; более трудная обработка рабочих поверхностей, расположенных в большинстве случаев не перпендикулярно к оси трубы; отложение грязи в нижней части З., могущее нарушить плотность закрытия. Материалом для изготовления З. служат: чугун при любых размерах З., работающих под давлением $\not> 13\ atm$; для диаметров $\not> 500\ мм$ чугун м. б. допущен для давления $\not> 20\ atm$; бронза с временным сопротивлением на разрыв 2 000 $кг/см^2$ и с относительным удлинением $< 15\%$ м. б. применяема при $t°$ жидкости до 220°; при перегретом паре корпус З. выполняется из литой стали; никель применяется для уплотняющих колец З. при перегретом паре.

Наиболее употребительны З. следующих конструкций. Н о р м а л ь н ы е З. (фиг. 1) с запирающим органом в виде клина круглой формы с двумя поверхностями скольжения и уплотняющими бронзовыми кольцами, к-рый перемещается по боковым направляющим. Наклон поверхностей клина по отношению к оси шпинделя 1:10. Для избежания разъедания нарезки шпинделя ржавчиной последний выполняется с нарезкой на верхнем его конце (фиг. 2), который изолирован от проходящей по трубопроводу жидкости.



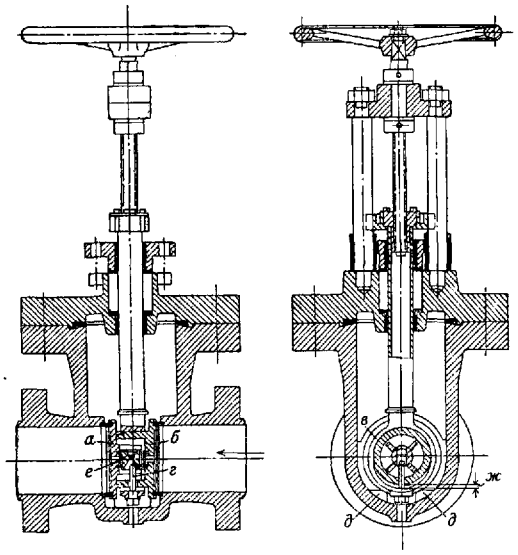
Фиг. 5.



Фиг. 6.

Недостатком этой последней конструкции является относительно большая высота всей З. Присоединение З. к трубопроводу осуществляется при помощи фланца или муфты. Для выравнивания давлений в трубопроводе и для уменьшения нагрузки на уплотняющие кольца при открывании З. применяются З. с предварительным открытием перепускного канала (фиг. 3); при этой конструкции шпиндель в начале открывания, прежде чем поднять запорный орган, своим конич. концом открывает перепускной клапан так, что давление жидкости с обеих сторон З. уравнивается. Вредное влияние односторонней деформации корпуса З. предотвращено конструкцией З. с запорным органом, состоящим из двух деталей *а* и *б*, шарнирно между собой связанных (фиг. 4); при односторонней деформации корпуса эти детали имеют возможность изменять свое положение и, т. о., оставаться плотно прижатыми к рабочим поверхностям уплотняющих колец. Для облегчения открывания и плотного закрытия применяют конструкции З. с запорным органом, скользящие поверхности которого *а* и *б* (фиг. 5) параллельны;

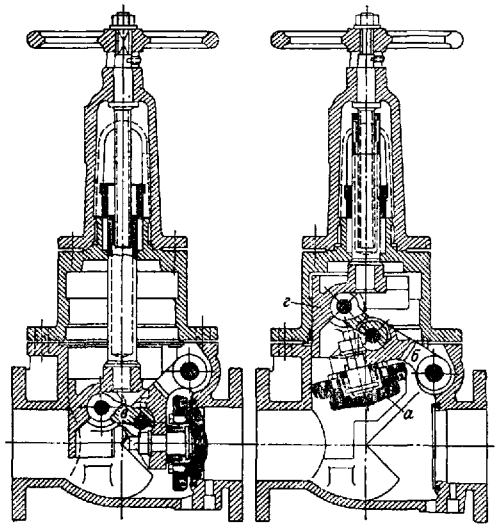
в этом случае запирающие детали, после того как они достигают своего низшего положения, раздвигаются клином, сидящим на шпинделе, чем и достигается необходимая плотность запора. Аналогичная этой



Фиг. 7.

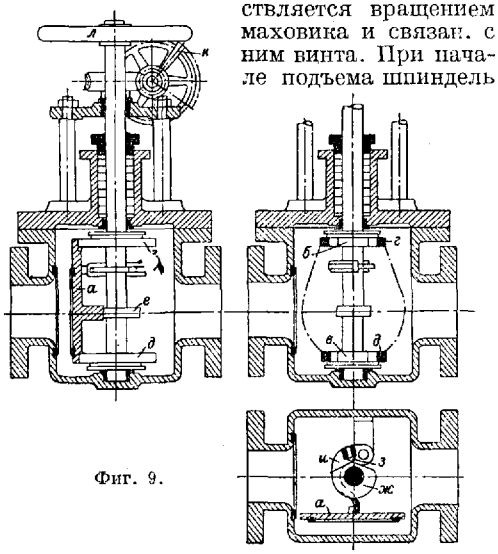
конструкция изображена на фиг. 6; плотность закрытия здесь достигается пружиной *а*, помещенной между двумя запирающими деталями *б* и *в*, или давлением жидкости, проходящей в пространство между деталями *б* и *в*.

Примером конструкции З. для перегретого пара высокого давления может служить З. Зайферта (фиг. 7). Две запорные детали *а*



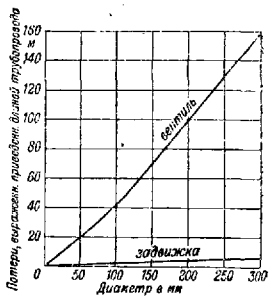
Фиг. 8.

и *б* с рабочими поверхностями, перпендикулярными к оси трубы, помещаются в своих гнездах с небольшим зазором, при чем плотность закрытия осуществляется давлением пара, прижимающего детали *а* и *б* в зависимости от направления движения пара к одному из гнезд. Головка шпинделя *в* охватывает детали *а* и *б* также с нек-рым зазором *жс*. Линейное перемещение шпинделя осуществляется вращением маховика и связан. с ним винта. При начале подъема шпиндель



Фиг. 9.

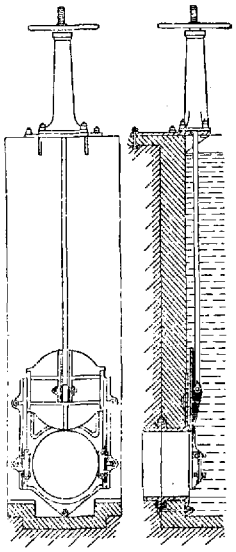
штифтом *г* открывает клапан *е*, помещающийся между деталями *а* и *б*, благодаря чему давление в трубопроводе выравнивается; при дальнейшем подъеме шпинделя детали *а* и *б*, вертикально перемещаясь, открывают главный проход З. При закрывании З. детали *а* и *б* опускаются до тех пор, пока не упрутся в кулачки *д*; шпиндель, продолжая опускаться, освобождает клапан *е*, к-рый давлением пара прижимается к седлу и закрывает перепускные каналы. З. Борзига (фиг. 8) по принципу работы может быть причислена к вентилю, по конструкции корпуса— к З. Клапан *а*, соединенный с рычагом *б*, при закрывании направляется особым выступом тарели; рычаг *б* шарнирным стержнем *в* связан с направляющим ползуном *г*, который перемещается вертикально по отношению к оси трубы; в закрытом состоянии клапан *а* прижимается плотно к седлу особым стержнем *в*.



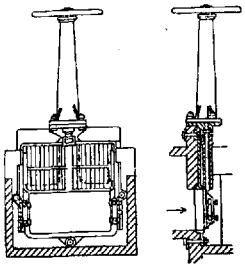
Фиг. 10.

Для перегретого пара высокого давления в последнее время з-дом Динглер (Германия) изготовляется З. системы Карнат (фиг. 9). Запирающий орган выполнен в форме эластичной пластины *а*, которая под действием давления пара плотно прижимается к уплотняющим кольцам и компенсирует неравномерность деформаций корпуса З. На шпинделе укреплены три кулачковых шайбы из хромоникелевой стали. Верхний и нижний кулачки *б* и *в* охватываются хомутами *г* и *д*, соединенными с пластиной *а*. Вращением сидящего сбоку маховичка осуществляется перемещение шпинделя, связанного с маховичком червячной передачей. Нижний хомут,

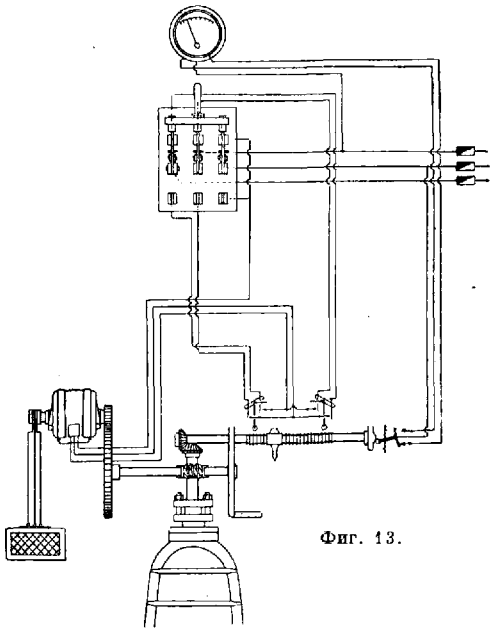
благодаря своей особой форме, первым открывает нижний край пластины *а*. После того как нижний конец отойдет на половину своего пути, начинает действовать и верхний кулачок, и пластина медленно отходит от гнезда. Нажимной кулачок *е* поворачивает после этого пластину *а* на 90°, давая полное открытие З. При закрывании З. кулачок *ж*, действующий на головку *з* рычага *и*, поворачивает последний и связанную с ним пластину *а*. В случае, если необходимо быстро закрыть З., червячная передача выключается рычагом *к*, и З. закрывается совершенно одним поворотом маховика *л*. Так как давление пара помогает закрытию, маховик *л* легко вращается от руки. Эта конструкция не требует приспособлений для предварительн. выравнивания давлений. Шпиндель и кулачки находятся в паровом потоке, но, при соответствующих размерах корпуса З., это обстоятельство практически не оказывает препятствия свободному проходу пара, почему и потери давления пара при прохождении через З. незначительны. Сопротивление движению жидкости (вода, пар, газ), оказываемое З. этой системы, значительно меньше сопротивления нормального вентиля, что видно из фиг. 10.



Фиг. 11.



Фиг. 12.



Фиг. 13.

З. для водоемов отличаются конструкцией корпуса и формой запирающего органа, выполняемого в форме круглой или прямоугольной пластины (фиг. 11 и 12). Движение пластины совершается по направляющим; плотность закрытия достигается действием давления жидкости, находящейся в бассейне. Размер прямоугольной пластины З. достигает $2\times2^1/_2$ *м*. В виду того что давление воды действует с одной стороны, подъем запирающей пластины требует значительного усилия; поэтому такие З., как и З. крупного размера для трубопроводов, снабжаются зубчатой передачей или приводятся в действие от электромотора. Схема общей установки передачи от электромотора с автоматическим выключателем и указателем открытия отверстия дана на фиг. 13.

Лит.: Rötscher F., Die Maschinenelemente, B. 1, B., 1927; Dubbel H., Taschenbuch f. d. Maschinenbau, 4 Aufl., B. 2, B., 1924; «Z. d. VDI», 1929, B. 73, *18*. **Б. Шпринк.**

ЗАЖИГАНИЕ в двигателях внутреннего сгорания, способ воспламенения взрывчатых газов.

Виды З. Различают следующие виды З. в двигателях внутреннего сгорания: 1) З. посредством пламени, 2) З. каталитическое, 3) З. нагретым телом (калильное), 4) З. нагретым газом (воздухом), 5) З. впрыскиванием, 6) З. электрической искрой.

1) З. посредством перенесения пламени состоит в том, что какой-либо горящий газ поступает в цилиндры двигателя в определенный момент готовности рабочей смеси к взрыву и своим соприкосновением со взрывчатым газом производит взрыв смеси. Этот способ З. применялся в первых газовых стационарных двигателях и в настоящее время оставлен.

2) Каталитическое З. заключается в том, что в рабочей смеси, приходящей в соприкосновение с нек-рыми телами, напр. с губчатой платиной, наступает энергичная хим. реакция, и рабочая смесь взрывается. Каталитическое З. в современных двигателях внутреннего сгорания также оставлено (однако, этот способ широко применяется в других установках, как, напр., при зажигании газовых фонарей, горелок, и т. п.).

3) З. нагретым телом (калильное З.) находит довольно широкое применение в газовых и керосиновых двигателях или в двигателях, работающих на соляровом масле. Калильные тела, служащие для взрыва рабочей смеси в двигателях внутреннего сгорания, выполняются в виде полых шаров, цилиндров (трубок); этими телами могут служить также и стенки газовиков или другие части камеры сгорания, хорошо защищенные от охлаждения (см. *Двигатели нефтяные мелкие*). Перед пуском двигателя калильные тела разогреваются предварительно посредством бензиновых или керосиновых ламп. Дальнейший нагрев калильного тела происходит за счет тепла, выделяющегося при сгорании рабочей смеси. Иногда калильные тела применяются для З.

рабочей смеси только во время пуска двигателя. В таких случаях калильное тело выполняется в виде спирали, нагреваемой электрическим током.

4) З. нагретым газом, в частности нагретым воздухом, находит широкое применение в двигателях Дизеля. В этих двигателях (см. *Двигатели Дизеля*) нагрев воздуха производится путем сжатия до 30—35 *atm*; вследствие такого высокого сжатия температура воздуха повышается настолько, что впрыскиваемая горючая жидкость быстро воспламеняется.

5) З. впрыскиванием состоит в том, что перед концом каждого хода сжатия в цилиндр двигателя внутреннего сгорания впрыскивается небольшое количество легко воспламеняющегося вещества, как, напр., трехводородного фосфора (PH_3), содержащего следы жидкого фосфористого водорода (P_2H_4), либо смеси негорючих или горючих газов со следами жидкого фосфористого водорода. Этот способ практического применения не получил.

6) З. электрической искрой является наиболее распространенным способом воспламенения взрывчатых газов. Здесь находит применение искра, получающаяся от токов низкого или высокого напряжения и высокой частоты, а также от электростатич. разрядов. В современных двигателях внутреннего сгорания на газовом или легком топливе З. осуществляется главным образом от искры низкого или высокого напряжения (см. *Магнето высокого и низкого напряжения*, *Свечи зажигательные*, *Электрическое зажигание*). Электрическое З. имеет преимущество перед другими видами З. в отношении надежности действия и возможности регулировки момента вспышки.

Сущность З. Каждый взрывчатый газ как таковой может существовать лишь в известных пределах давления и $t°$. Он обладает значительной потенциальной химич. энергией, к-рая освобождается, как скоро состояние газа переходит границы этой области. Для каждого газа существует особая $t°$, достижение к-рой всегда обусловливает собой начало реакции. Эта $t°$ называется $t°$ вспышки или воспламенения и является функцией давления. Т. о., для воспламенения взрывчатой смеси необходимо довести $t°$ газа до $t°$ вспышки. Это достигается или путем сжатия рабочей смеси или посредством соприкосновения части взрывчатого газа с телами, имеющими $t°$ выше $t°$ вспышки. Чтобы произвести взрыв, требуется затрата энергии, к-рая незначительна в сравнении с энергией сильного взрыва, но различна в зависимости от того, как далеко взрывчатый газ находится от своего состояния воспламенения, а также в зависимости от того, каким образом эта энергия ему сообщается. Если затратой внешней энергии довести до воспламенения не всю имеющуюся массу взрывчатого газа одновременно, а лишь какую-либо часть ее, то, хотя последовательно будут воспламеняться различные части, в каждый данный момент в состоянии сгорания будет находиться лишь чрезвычайно тонкий слой газовой массы. Толщина этого слоя зависит от быстроты хода самой химич. реакции, от степени диссоциации и т. д., но она во всех действительно взрывчатых смесях настолько мала, что этот слой принято называть поверхностью сгорания.

Поверхность сгорания разделяет всю имеющуюся массу газа на две части. Впереди ее находится еще не воспламенившаяся и вообще еще даже мало нагревшаяся взрывчатая смесь, позади же, вблизи поверхности сгорания, еще сильно нагретые продукты сгорания. Для того чтобы вспышка могла передаваться от одного слоя к другому, необходимо, чтобы сгорающий или уже сгоревший слой отдавал прилежащему еще холодному слою достаточно энергии, чтобы довести ее до $t°$ вспышки. В случае взрывной волны эта энергия передается в виде механической (давления, толчка) и уже только в новом слое мгновенно обращается в тепловую. В случае же обыкновенного горения энергия, требующаяся для воспламенения, передается от слоя к слою непосредственно в виде теплоты, т. е. процессом теплопроводности. Взрывание смеси происходит с различной скоростью в зависимости от теплотворной способности, чистоты, $t°$ и степени сжатия газа, способа З., формы камеры сгорания и проч. практических условий.

За последнее время основной взгляд на З. как на причину воспламенения взрывчатых смесей, заключающуюся гл. обр. в том, чтобы тем или иным способом довести всю массу взрывчатого газа или части его до $t°$ вспышки, начинает претерпевать изменения. Опыты, произведенные Томсоном, Торнтоном, Уилером и друг., показывают, что в нек-рых случаях взрывчатые газы не могут взрываться под действием электрич. искр или накаленной проволоки, несмотря на то, что $t°$ как самой искры, так и проволоки выше, чем $t°$ вспышки. С другой стороны, опыты показывают, что можно взрывчатую смесь воспламенить и холодным телом, помещая, напр., в газовую смесь платиновую пластинку и действуя на нее Х-лучами. Работы этих авторов приводят к выводам, что причина З. взрывчатых газов кроется не в $t°$-ном состоянии, а зависит гл. обр. от степени ионизации газа, т. е. от числа ионов, приходящихся на единицу объема. Поэтому основной задачей зажигательных устройств является производство ионизации взрывчатых газов, при чем, для того чтобы получился взрыв газовой смеси, ионизация д. б. такова, чтобы при ней в единице объема получалось не менее определенного количества ионов, иначе взрыв не может наступить.

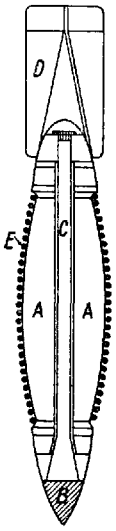
Лит.: Гюльднер Г., Двигатели внутреннего сгорания, пер. с нем., М., 1928; Михельсон В.А., О нормальной скорости воспламенения гремучих газовых смесей, М., 1890; Simon S. A., Notes on Safety of Working Elekirical Plants in Coal Mines, «Journ. of the Instit. of Electr. Engineers», L., 1909; Morgan J. D., Coal Dust Explosions, «Trans. of the Inst. of Mining Engineers», L., 1915, v. 149, p. 220; Wheeler R. V., Home Office Reports on Battery-Bell Signalling Systems, L., 1915; «Der Motorwagen», B.; «Automotive Industries», N. Y. **В. Кулебакин.**

ЗАЖИГАТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА в военном деле, технические средства борьбы, действующие посредством развиваемой ими высокой температуры. Их назначение—вызывать пожары строений, складов

горючего, лесов и посевов, взрывы боеприпасов и порчу материальной части.

Применение З. с. на войне имело место с древнейших времен (горшки с горящей смолой и серой, «греческий огонь»). В армиях 18—19 вв. имелись на вооружении зажигательные бомбы, которые снаряжались смесями, состоявшими из селитры и серы с добавкой пороховой мякоти, черного пороха, смолы или сала. В войну 1914—18 гг. З. с. получили большое развитие и были представлены разнообразными типами метательных снарядов: авиабомб, стрел, артиллерийских и миномстных снарядов, пуль и ручных гранат.

Зажигательные а в и а б о м б ы в настоящее время имеются двух типов: с концентрированным действием (унитарные) и с рассеивающим действием (дающие многочисленные центры зажигания). Одна из конструкций унитарной бомбы (герм. образца) представлена на фиг. Она состоит из жестяного корпуса *AA*, наполненного горючим веществом, массивной головки *B*, центральной зажигательной трубки *C* с взрывателем и воспламенительным составом, оперения *D* и предохранителя; снаружи корпус ее обмотан просмоленной веревкой *E*. Унитарные бомбы строят различного размера и разных систем (о деталях конструкции см. *Авиабомба*); обычный вес их—10 ÷ 50 *кг*; воспламенитель бывает ударный (герм. унитарная бомба, американ. бомбы марки II—18 *кг* и III—45 *кг*) или дистанционный (франц. бомба Шенара); продолжительность горения их—до 20 мин. К рассеивающему типу относятся: германск. «картечная» зажигательная бомба и америк. бомба марки I; воспламенение—дистанционное или от сверхчувствительной ударной трубки; эти бомбы годны лишь для действия по легко воспламеняющимся целям. В войну 1914—18 годов зажигательные авиабомбы составляли до 15% общего боевого груза авиаотрядов. Из з а ж и г а т е л ь н ы х м а т е р и а л о в для снаряжения авиабомб наиболее ценным оказался т е р м и т, т. е. смесь порошка Al с Fe_2O_3, и аналогичные ему составы, развивающие темп-ру до 3 000° и способные прожигать даже металлич. покрытия (кровли). Наряду с зарядом термита, бомбы часто содержат горючие масла (сгущенные посредством добавки эмульгированного в них мыла), а иногда также металлич. натрий, препятствующий тушению пожара водой. Применялись также: желтый фосфор, смеси нефти и парафина с нитратами, хлоратами, перхлоратами, нитроклетчаткой и т. п. В рассеивающих бомбах применялась смесь красного фосфора с парафином, пакля, пропитанная смесью нефти или скипидара с сероуглеродом, и т. д. Предлагались самовоспламеняющиеся растворы желтого фосфора в CS_2 или в минеральных маслах. В патентной литературе [1] имеется ряд рецептов зажигательных смесей, еще не испытанных в боевой практике.



Зажигательные с т р е л ы имеют цилиндрич. форму и конструируются по типу авиабомб в миниатюре, весом от 170 *г* и не свыше 2 *кг*. Они выбрасываются самолетом в количестве до 300 штук одновременно, покрывая значительную площадь; воспламеняются при падении и горят до 10 мин. Снаряжаются термитом и горючими маслами или смесью порошкообразных металлов (Al, Mg, Fe) с окислителями ($NaClO_3$ и др.). Наиболее широко применялись англ. термитные бомбочки «Бэби» (марка B. I. B.), весом 185 *г*, которые заключались по 144—272 шт. в общую оболочку—«колчан» (вес брутто до 55 *кг*) и выбрасывались из него широким снопом.

Зажигательные с н а р я д ы артиллерии, снаряженные горючими смесями или термитом, имели малое применение. Снаряды с фосфором, относимые обычно к категории дымовых, иногда могут быть использованы и в качестве зажигательных. Зажигательные снаряды к минометам Стокса и газометам Ливенса применялись также мало. Первые снаряжались термитом, вторые—комками пакли, пропитанными горючей жидкостью. Зажигательные п у л и содержат заряд желтого фосфора. «Трасирующие» ружейные пули и снаряды, к-рые оставляют светящийся след при полете, снаряжаются смесью магния с перекисями или нитратами бария и стронция. Зажигательные р у ч н ы е г р а н а т ы весят от 550 до 750 *г* и бывают двух типов: фосфорные (зажигательно-дымовые) и термитные. Последние горят 3—4 мин. и м. б. применены для приведения в негодность металлич. орудий и машин. Зажигание производится перед бросанием или в момент бросания гранаты. Относительно З. с., применяемых для воспламенения взрывчатых веществ, см. *Бикфордов шнур*. О применении горючих материалов на войне с целью поражения живой силы см. *Огнеметы*.

Лит.: [1]) Г. П. 298957, 300020, 302420, 302600, 303360, 305520, 334045.

Ф р а й с А. и В е с т К., Химич. война, пер. с англ., 2 изд., стр. 378—391, М., 1924; Ф а р р о у Э. С., Газовая война, пер. с англ., стр. 82, 83, 86—88, 130—134, М., 1925; B o r d e n W. A., «Army Ordnance», Wsh., 1924, *1—3* (зажиг. авиабомбы). **В. Янковский.**

ЗАЗЕМЛЕНИЕ, в установках сильного тока устройство электрич. соединения с землей токопередающих цепей или расположенных по их соседству металлич. частей с целью, в первом случае, улучшения условий работы электрич. цепей и обеспечения функционирования защитных аппаратов, во втором случае—уменьшения опасности от поражения током для служебного персонала или посторонних лиц. Конструкция, находящаяся в земле и служащая для введения в нее тока, называется з а з е м л е н и е м.

Ф у н к ц и и З. В технике высоковольтных систем обычно практикуется соединение трансформаторных обмоток на высоковольтной стороне в звезду, при которой имеется нейтральная, или т. н. нулевая, точка (н е й т р а л ь) с потенциалом, почти равным при нормальном режиме работы потенциалу земли. В американских установках большинство нейтралей сетей имеет постоянное З., между тем как в германских установках наблюдается тенденция воздерживаться от З. нейтралей. При З. нейтралей обычно не вводят в цепь З. каких-либо добавочных сопротивлений для ограничения аварийного

тока, т. е. устраивают так называемое прямое, или глухое, заземление.

Установки с незаземленными нейтралями на высоковольтной стороне, к-рые для краткости называют незаземленными системами, или незаземленными сетями, отличаются от заземленных следующими особенностями. а) В случае короткого замыкания на землю аварийный ток в заземленной системе обычно во много раз больше номинального и одного порядка с током при междуфазовом коротком замыкании; в незаземленной системе аварийный ток бывает обычно меньше номинального тока. б) В силу указанного обстоятельства в первом случае место аварии д. б. быстро выключено; это осуществимо при ходовых типах защитных реле с б. или м. высокой степенью селективности (см. *Реле*). При незаземленной системе иногда бывает возможен довольно длительный режим работы при одной заземленной фазе, что позволяет избежать перерыва в подаче энергии. Селективность осуществима здесь применением реле специальных типов, к-рые, впрочем, применяются лишь как сигнальные. в) В незаземленных сетях сравнительно небольшой протяженности, если сила аварийного тока не превосходит 5А, происходящее иногда при грозах перекрытие изоляторов искровым разрядом может не вести к вольтовой дуге и не вызывать перебоя работы. У заземленных систем в этом случае неизбежно полное короткое замыкание и выключение линии. г) У незаземленных сетей большого напряжения нередко при авариях имеют место большие перенапряжения от заземляющей дуги (см. *Перенапряжения*), которые часто вызывают вторичные аварии в других фазах и у нулевых точек, приводящие к полному короткому замыканию. У заземленных сетей вторичных аварий от этой причины получиться не может. д) У незаземленных сетей при замыкании на землю происходит повышение напряжения на незаземленных фазах и нулевых точках, независимо от упомянутых перенапряжений заземляющей дуги.

Петерсеном и Баухом были предложены средства (реактор Петерсена, заземляющий трансформатор Бауха), значительно уменьшающие силу тока при аварийном однополюсном замыкании на землю незаземленной сети и устраняющие перенапряжение от заземляющей дуги.

З. нулевых точек больших генераторов является почти правилом, при чем оно делается через сопротивление (резистор), выбираемое чаще всего с таким расчетом, чтобы при замыкании на землю одной фазы сети, питаемой непосредственно от генератора, ток в цепи З. данного генератора был порядка от ординарной до тройной величины тока номинальной нагрузки. Практика различных установок сильно варьирует в отношении величины применяемого заземляющего сопротивления.

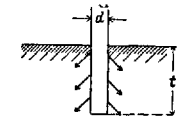
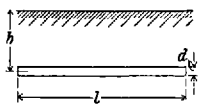
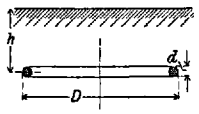
Помимо указанных выше, З. нейтралей генераторов преследует также и следующие цели: а) защиту генераторов от перенапряжений, индуктированных со стороны высоковольтных цепей, а также от перенапряжений, могущих возникнуть от разряда между обмотками трансформаторов; б) обеспечение функционирования дифференциальных реле, защищающих обмотки трансформатора в случае повреждения изоляции последнего. Именно это последнее обстоятельство обусловливает верхний предел допустимого сопротивления резистора. О З. аппаратов для защиты от перенапряжений см. *Перенапряжения*.

Кроме отведения тока в землю при выполнении указанных выше рабочих функций, заземляющие устройства имеют назначение предупредить возможность получения опасных ударов тока как лицами служебного персонала, так и посторонними при случайном прикосновении к заземленной части установки во время прохождения аварийного тока. При этом может иметь место более или менее значительное напряжение на заземленном предмете, если переходное сопротивление заземления имеет слишком большую величину.

Теория и расчет заземлителей. При прохождении тока по заземлителю и земле возникают определенные напряжения между ним и различными точками на поверхности земли. Если рассматривать зависимость напряжения между заземлителем и точкой поверхности в функции от расстояния между ними, то оказывается, что она при все увеличивающемся расстоянии стремится к определенному пределу. Практически этот предел достигается уже на расстоянии 20 *м* от заземлителя. Соответствующее напряжение и называют напряжением заземлителя, а частное от деления этого напряжения на силу тока — сопротивлением З. (обратная ему величина представляет проводимость З.). Сопротивление З. обусловлено не контактным сопротивлением между заземлителем и почвой, а самой почвой. Градиент потенциала на поверхности земли обычно бывает наибольшим у самого заземлителя, т. к. здесь получается наибольшая плотность тока; плотность тока постепенно убывает до нуля по мере отдаления от З. Почва обычно бывает неоднородного строения по глубине заложения заземлителя, и при расчетах З. приходится значительно упрощать постановку вопроса, считая почву обладающею повсюду одинаковым удельным сопротивлением. В этом случае получается полная аналогия между электростатич. полем в условии протекания тока через заземлитель и чисто электростатич. полем, к-рое окружало бы расположенный в однородном диэлектрике проводник, представляющий по форме данный заземлитель, соединенный вместе со своим зеркальным изображением относительно поверхности земли. Исходя из этой аналогии можно составить формулы, дающие сопротивление З. для нескольких простых типов заземлителей (табл. 1).

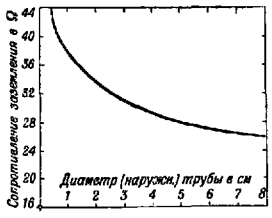
Как видно из ф-л, для трубы сопротивление З. незначительно убывает при увеличении диаметра сверх 25 *мм* и длины сверх 2 *м* (фиг. 1). На фиг. 2 показана зависимость сопротивления З. пластин от их поверхности (сопротивление почвы 7 000 Ω-*см*), а на фиг. 3—то же для полосового З. (полоса 40×2 *мм* заложена на глубине 305 *мм*

Табл. 1.—Расчет простейших заземлителей.

Схема	Род заземлителя	Величина сопротивления	Примечания
	Вертикально загруженная труба	$R=\frac{\varrho}{2\pi t}\cdot\ln\frac{4t}{d}$	При условии, что величина d мала сравнительно с t
	Проволока недалеко от поверхности земли	$R=\frac{\varrho}{2\pi l}\cdot\ln\frac{2l}{d}\left(1+\frac{\ln\frac{l}{2h}}{\ln\frac{2l}{d}}\right)$	При условии, что величина d мала сравнительно с h, а величина h мала сравнительно с l
	Кольцо из проволоки недалеко от поверхности земли	$R=\frac{\varrho}{2\pi^2 D}\cdot\ln\frac{8D}{d}\left(1+\frac{\ln\frac{2D}{h}}{\ln\frac{8D}{d}}\right)$	При условии, что величина d мала сравнительно с h, а величина h мала сравнительно с D

R—сопротивление З. в Ω, ϱ—удельное сопротивление почвы в Ω-см.

в почву с сопротивлением 9 300 Ω-*см*). В тех случаях, когда для понижения сопротивления З. приходится соединять между собой ряд простых заземлителей, имеет место взаимное экранирование, вследствие которого проводимость параллельно соединенных заземлителей получается меньше их суммы. Отношение первой величины к последней, т. е. к сумме, называется кпд сложного заземлителя; коэфф. этот определяется экспериментально либо на основании измерений модели З., погруженной в электролитическую ванну, либо испытаниями. Систематических данных в отношении кпд З. в литературе не имеется; формулы, выражающие кпд заземлителей, в большинстве случаев дают неточные результаты.

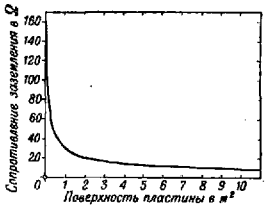


Фиг. 1.

Табл. 2.—Удельные сопротивления почв.

Почвы	% влажности	Сопротивление в Ω-см
Полевая	—	0,33 ·10⁴
Глинистая	20	0,33 ·10⁴
»	40	0,076·10⁴
Чернозем	20	0,96 ·10⁴
»	40	0,09 ·10⁴
Садовая земля	50	0,13 ·10⁴
Песок	9	0,3 ·10⁶ и выше

При промерзании почвы сопротивление верхних слоев возрастает, что ставит в невыгодные условия полосовое З. сравнительно с З. при помощи труб. При песчаном грунте сопротивление З. одной трубы может доходить до 2 000 Ω. В нек-рых случаях ноги железных мачт заделаны в бетон. При этом сопротивление немногим отличается от сопротивления при непосредственном помещении ног в землю. Сама по себе почвенная и колодезная вода имеет удельное сопротивление такого же порядка, что и у обычных почв. Для увеличения проводимости почв иногда прибегают к засыпке вокруг заземлителей каменной соли, шлаков, и т. д., при чем в эксплоатации необходимо регулярное наблюдение за сопротивлением З., в виду постепенно происходящего выщелачивания засыпанных веществ. Заземляющий трос, соединяющий между собой опоры линий передачи, помимо функций защиты от перенапряжений и, отчасти, механического усиления опор (см. *Линии передачи*), играет важную роль в отношении уменьшения общего сопротивления З.; при этом в случае замыкания на землю часть аварийного тока ответвляется от З. данной мачты. Приближенно эквивалентное сопротивление $R_з$ З. системы мачт, соединенных тросом, м. б. вычислено по ф-ле Рюденберга:



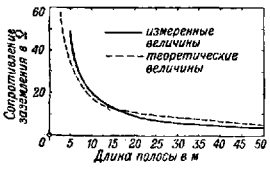
Фиг. 2.

$$R_з=\frac{R}{2}\sqrt{\frac{\frac{r}{R}}{1+\frac{1}{4}\frac{r}{R}}},$$

что приблизительно равно $\frac{1}{2}\sqrt{rR}$, если величина $\frac{1}{4}\frac{r}{R}$ мала по сравнению с единицей (R—сопротивление З. каждой мачты, r—сопротивление троса в пролетах между мачтами).

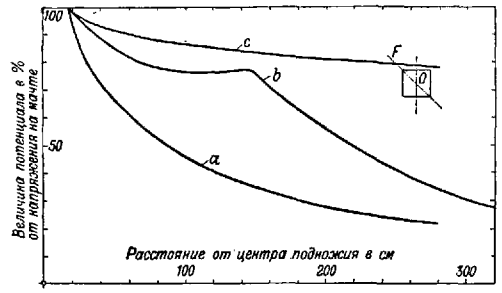
Для уменьшения опасности от градиента потенциала по поверхности почвы производится закладка вспомогательных экранирующих электродов, например колец или полос, соединяемых с мачтой и зарываемых в землю на надлежащей глубине. При помощи таких мероприятий возможно в несколько раз уменьшить напряжение прикосновения, и, т. о., отпадает необходимость уменьшения

сопротивления З. посредством дополнительной закладки труб и т. п., что вызывало бы в пек-рых случаях громадные затраты. Измерения на ряде мачт и моделей показали, что напряжение между мачтой и точкой на поверхности земли, отстоящей на 1 *м* от мачты, м. б. умепьшено более чем в четыре раза при применении 2 колец. На фиг. 4 показано влияние экранирующих колец на распределение потенциалов у подножия мачты башенного типа по оси *OF*: кривая *a*—без экранирующих колец; *b*—с одним экранирующим кольцом на глубине 30 *см*, диаметр кольца—300 *см*; *c*—с двумя экранирующими кольцами на глубине 30 и 50 *см*, диаметр колец—250 и 410 *см* (экспериментальные данные по измерениям в электролите).



Фиг. 3.

Наиболее удобное З. представляют трубы, вследствие легкости забивки в обычном грунте. Наименьший подходящий диаметр трубы—25 *мм*, при бо́льших диаметрах проводимость З. увеличивается лишь незначительно и затрудняется забивка, а при меньших—труба может гнуться. Иногда трубу



Фиг. 4.

(на верхнем конце) снабжают пробкой или кольцом, а нижний конец делается в виде острия. В обычной земле можно обходиться без заострения. Верхний конец иногда оставляют без пробки, при чем, при повреждении его от ударов кувалды, его спиливают. Оцинковка труб не является необходимой. Длина труб д. б. достаточной, чтобы нижняя часть трубы достигала области почвенных вод. Полосовое З. зарывается обычно не глубоко и д. б. в этом случае рассчитано на промерзший грунт. В нек-рых случаях оно одновременно выполняет и функции экранирующих электродов. Листы теперь мало употребляются, т. к. они, вследствие малой толщины, легко разъедаются, требуют глубокого зарывания и дают малую проводимость З. Стоимость устройства З. может быть весьма низкой, если эта работа ведется одновременно с земляными работами по строительству.

Правила выполнения З. По нормам IX Всесоюзн. электротехнич. съезда, З. должны быть рассчитаны и устроены так, чтобы напряжение прикосновения не превосходило: а) в сухих закрытых помещениях—150V, б) в помещениях сырых и с едкими парами и жидкостями—60V, в) на воздушных линиях передачи (в зависимости от местности и характера установки) значения допускаемых напряжений указаны в табл. 3.

Табл. 3.—Значения допускаемых напряжений.

Местность	В установках с незаземленной нейтралью в V	В установках с заземленной нейтралью в V
На территории городов. . .	150	150
Вне города, в местах населенных, с большим движением	150	300
В местах малонаселенных, со слабым движением. . .	250	500
В местах ненаселенных. . .	Не нормируется	

В установках с заземленной нейтралью, для распределительных устройств станций и подстанций, а также для воздушных линий передач с железными и железобетонными опорами, проходящих по местностям с густым населением, З. рассчитываются на ток однополюсного замыкания на землю. В остальных случаях (малонаселенная территория или подстанция без постоянно присутствующего персонала) З. рассчитываются на ток, достаточный для отключения автоматов защиты, или на ток, в 2,5 раза превосходящий номинальный ток предохранителей в данной установке. Расчет производится во всех случаях по установившемуся току короткого замыкания. Для линий передач на деревянных опорах и без заземляющего троса никаких заземляющих приспособлений не требуется. В установках с незаземленной нейтралью как внутри помещения, так и на открытых подстанциях и линиях передачи З. должны быть рассчитываемы на емкостный ток всей сети при замыкании на землю одной фазы. Нормы рекомендуют заземлять все металлич. части, не находящиеся под напряжением, как, например: кожуха машин и приборов, вторичные обмотки измерительных трансформаторов, рукоятки, рычаги, металлические каркасы, свинцовые оболочки и броню кабеля, арматуру изоляторов.

З. сетей высокого и низкого напряжения рекомендуется выполнять отдельно, на расстоянии не менее 10 *м* друг от друга. Не допускается использование водопровода общего пользования для З., вследствие возможности получения на нем высоких потенциалов. Заземляющие провода д. б. рассчитаны на проходящий ток короткого замыкания и иметь сечение во всяком случае не менее 6 *мм*^{2} для меди и 12 *мм*^{2} для железа. Сборные заземляющие шины должны иметь сечения соответственно 16 *мм*^{2} и 25 *мм*^{2}. Сечения в 50 *мм*^{2} для меди и 100 *мм*^{2} для железа считаются достаточными для всех случаев.

Если не представляется возможным при расчете З. определить распределение потенциалов вокруг места З., то следует пользоваться следующими коэфф-тами, на к-рые должно разделить напряжение соприкосновения, чтобы получить максимальное допускаемое напряжение заземлителя: 1) на центральных станциях, подстанциях и вообще в сухих помещениях—0,5; 2) в тех же помещениях, но при наличии изолирующих рези-

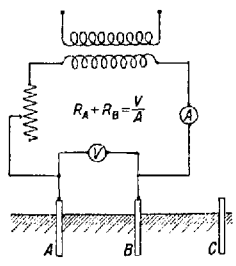
новых половиков—0,1; 3) на линии передачи без применения выравнивающих металлических контуров—0,6.

Заземлители (трубы, железные и медные полосы и пластины) должны иметь достаточную толщину (не менее 3 *мм* при применении меди и оцинкованного железа); каждая труба должна иметь диаметр не менее 35 *мм* и длину—2 *м*. Установленные З. нуждаются в периодич. проверке в отношении величины сопротивления. Эти контрольные измерения следует производить не менее двух раз в год—зимой и летом.

Нормы союза германских электротехников для линий незаземленных или заземленных через очень высокое сопротивление дают следующую приближенную формулу для определения тока З.:

$$I_{з.} = \frac{Vl}{300},$$

где V—номинальное линейное напряжение в kV, l—длина линии передачи в *км*. Эти нормы рекомендуют З. в виде оцинкованных железных или луженых медных пластин, труб или лент. Поверхность пластин д. б. не менее 1 $м^2$ с одной стороны, а толщина—не менее 3 *мм*. Допускается также использование неоцинкованного железа, при чем толщина и поверхность таких электродов д. б. достаточными для обеспечения хорошего контакта в случае химич. воздействия почвы. Полосовое железо для З. рекомендуется брать сечением не менее 50 $мм^2$ и длиной 10 *м*. Размеры труб такие же, как и по нормам IX Всесоюзн. электротехнического съезда. Для уменьшения переходного сопротивления рекомендуется добавлять в почву некоторое количество соли. При недостаточности одного З. устраивают комбинацию ряда заземлителей (сложный заземлитель), большей частью из труб, соединяя их тросами или полосами.



Фиг. 5.

Измерение сопротивления З. Для измерения сопротивления З. необходимо иметь два вспомогательных электрода, не слишком близко отстоящих один от другого и от испытуемого заземлителя (фиг. 5). Пропуская ток поочередно через каждую пару электродов из цепи, не имеющих других мест З., и измеряя его величину, а также напряжение, получают данные для составления трех уравнений с тремя неизвестными (индивидуальные сопротивления электродов). Решая их, получают искомое сопротивление. По данным опыта,

$$R_A + R_B = R_1,$$
$$R_A + R_C = R_2,$$
$$R_B + R_C = R_3,$$

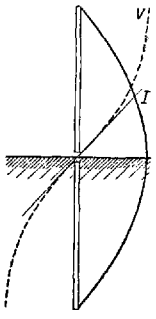
откуда

$$R_A = \frac{R_1 + R_2 - R_3}{2},$$
$$R_B = \frac{R_1 + R_3 - R_2}{2},$$
$$R_C = \frac{R_2 + R_3 - R_1}{2}.$$

Для измерения сопротивлений З. применяются и другие способы, где источником тока являются элемент, индуктор или даже земля. Из этих методов следует отметить метод измерения мостом Кольрауша; применяя этот способ, для создания пульсирующего тока пользуются *зуммером* (см.), т. к. при постоянном токе обычно происходит мешающая измерениям поляризация. В одно из плеч моста включается измеряемая пара сопротивлений З. При всех указанных выше методах приходят к тем же трем ур-иям с тремя неизвестными. При отсутствии третьего электрода с достаточно низким сопротивлением, для получения недостающего второго уравнения применяют метод Вихерта; в этом случае третьим контактом с землей может служить зонд. Измерения этим способом хотя и просты, но недостаточно точны вследствие поляризации. Наиболее совершенными приборами являются измерители сопротивления, основанные на нулевом методе и снабженные сильным индуктором переменного тока, дающим уже при двух оборотах рукоятки в секунду частоту от 30 до 40 пер/ск. (измеритель З. Сименса и Гальске, и др.). При такой частоте совершенно отсутствует явление электролиза почвы, и получаемые величины сопротивления имеют устойчивый характер.

Лит.: Эшштейн Г. Л., Районные трансформат. подстанции, Киев, 1929; Вульф А. А., Заземление опор линий передачи, «Бюлл. Волховской силовой установки», Л., 1926, 7; его же, Заземление силовой станции и главн. понижающей подстанции, там же, 6; Электротехническ. правила и нормы, одобр. IX Всес. электротехнич. съездом и ЦЭС'ом, М., 1929; Цепляев П. П., Защитное заземление как мера безопасности, «Электричество», Л.—М., 1924, 7; Хоецкий С. Л., О защитном заземлении, там же; Ollendorff F., Die Erdströme, B., 1928 (приведена подробная библиография). **М. Горбунов.**

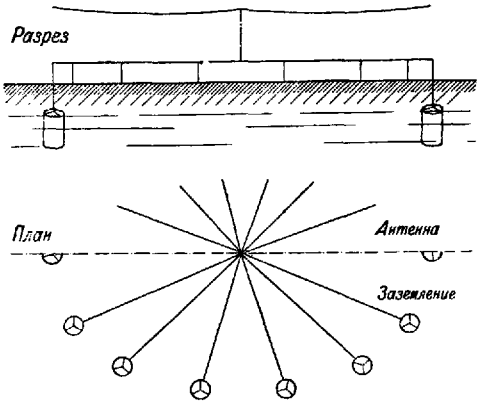
З. антенны—часть *радиосети* (см.) за удлиняющими или укорачивающими волну антенны устройствами или за генераторами, к-рая наиболее тесно связывается с землей. Всякий *диполь* (см.)—двусторонний вибратор или резонатор—м. б. приведен к одностороннему при замене одной из его половин большой емкостью; при этом распределение потенциала и тока вдоль последнего не изменится: у соединения вибратора и резонатора с емкостью расположатся пучность тока и узел потенциала (фиг. 6). Условие $V=0$ требует, чтобы присоединяемая емкость была достаточно велика: в этих целях используется или *противовес* (см.) или проводник очень большой емкости с потенциалом, равным нулю,—земля.



Фиг. 6.

З. в простейшем виде (одиночное) осуществляется обычно зарытыми на уровне грунтовых вод, являющихся полупроводником, медной или из оцинкованного железа пластиной, газовыми трубами, цилиндрами и др. Такое З. пригодно для любительских приемных и маломощных передающих радиостанций, так как на каждый А тока необходимо иметь поверхность соприкосновения около 50 $см^2$; проводимость такого З.

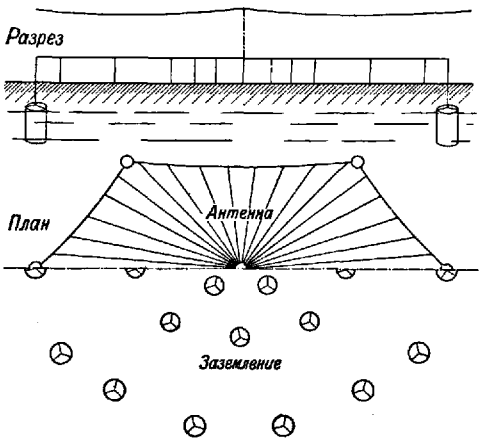
ок. 0,1 мо на каждый $м^2$. При З. газовыми трубами рекомендуется улучшать проводимость окружающей породы насыпкой внутрь



Фиг. 7.

трубы легко растворяющейся в воде соли, диффундирующей после забивки трубы в землю сквозь специально высверливаемый в трубе ряд отверстий. На судовых и вагонных радиостанциях З. достигается припайкой заземляющего провода к металлической стенке корпуса корабля или вагона. В городских радиолюбительских установках в качестве З. используют стальные остовы здания, водопроводные трубы, газопровод и т. д. Если почва достаточно сырая, то в качестве З. служит и медная сетка, брошенная непосредственно на землю (часто применяется в переносных станциях).

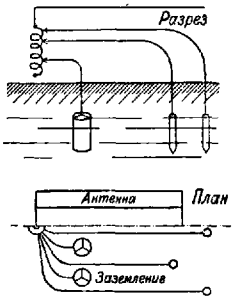
Многократное З. устраивается в профессиональных передающих установках



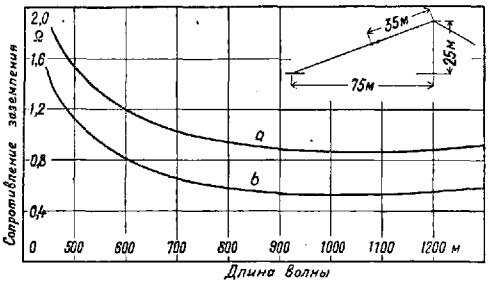
Фиг. 8.

с целью большего уменьшения потерь З. (фиг. 7): при его устройстве проводимость растет пропорционально числу электродов, если последние располагаются не слишком тесно; поэтому разнос электродов должен быть таков, чтобы расстояния друг от друга ближайших электродов составляли не менее десятикратного диаметра последних (взят пример З. в форме цилиндра). Рекомендуется опускать электроды в почву под краем антенны. При большой мощности установок требуется устройство нескольких кольцевых рядов, при чем число электродов в каждом д. б. пропорционально расстоянию от центра (фиг. 8).

Регулируемые З. Если в многократном заземлении при нескольких кольцах распределение тока вследствие неоднородности почвы, несимметрии расположения или иных причин оказывается неравномерным, то необходимо выравнивать его посредством включения переменных самоиндукций в проводники, ведущие от антенны к электродам (фиг. 9). Так как и в этом случае наибольший поток электрич. смещения располагается у конца антенны, то взамен отдельных З. в этом месте хорошо зарывать в землю сплошную ленту, соединенную со всеми ведущими проводами; весьма важно отличное соединение

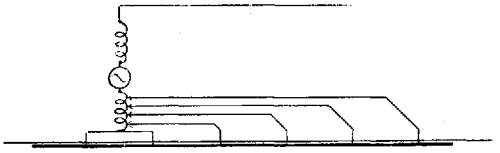


Фиг. 9.



Фиг. 10.

земляного электрода с ведущей проволокой; необходима пайка, при чем для большей долговечности следует принять меры, чтобы не получилось гальванич. пары при соприкосновении с влажной почвой. Несомненная выгода устройства ряда колец явствует из сравнения кривых на фиг. 10: кривая *a* дает величину сопротивления З. при устройстве одного кольца одиночных З. радиусом ок. 10 *м*; кривая *b*—двух параллельно включенных и подравненных катушкой самоиндукции кольцевых рядов электродов, из к-рых один имеет радиус ок. 10 *м*, а другой—ок. 40 *м*. Выравнивание распределения тока м. б. произведено путем включения как самоиндукции, так и конденсаторов. Неудобством выравнивания является необходимость настройки катушек З. для каждой длины волны отдельно.



Фиг. 11.

На фиг. 11 дана схема многократного З. для антенны Александерсона, установленной на Нью-Брунсвикской радиостанции: сеть

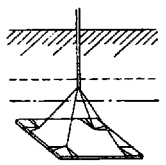
одиночных З. выведена в шести пунктах из-под земли и соединяется с передатчиком шестью надземными хорошо изолированными проводниками. Каждый из них дает обратный путь тому току, к-рый соответствует току смещения между кольцом электродов, от к-рого он выведен наружу, и противолежащей частью антенны; пункты многократного З. следует выбирать так, чтобы по каждому выводу шел один и тот же ток (например $^1/_6$ общего тока). Сравнение заземления с противовесом и некоторые расчеты заземления см. *Противовес.*

Лит.: Петровский А. А., Радиосети, Л., 1924 (на правах рукописи); Meissner A., Über d. Erdwiderstand d. Antennen, «Jahrbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», B., 1921, B. 18, 5, p. 332—337; Bouvier P., Antennen mit vielfacher Erdung, ibid., 1923, B. 22, 1, p. 9, 27; Abraham M., Rausch v. Traubenberg u. Pusch J., Über ein Verfahren zur Bestimmung d. spezifischen Leitfähigkeit d. Erdbodens, «Phys. Ztschr.», Leipzig, 1919, B. 20, p. 145; Abraham M., ibid., 1920, B. 16, p. 67; Abraham M., Über d. Erdwiderstand v. Antennen, ibid., 1925, B. 25, p. 154; Bouvier P., Antennes à prises de terre multiples, «Radioélectricité», Paris, 1922, 11; Hamm A., Die Erdungsfrage bei Großstationenantenne, «ETZ», Berlin, 1924, B. 45, p. 319. **В. Баженов.**

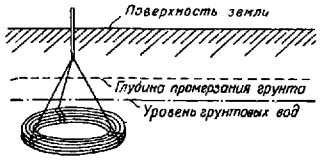
З. в технике связи—устройство, состоящее из проводника (земляного провода), один конец которого соединен с заземляемой частью установки (телеграфной, телефонной), а другой—спаян с заземляющим электродом (заземлителем), закапываемым в грунт ниже уровня грунтовых вод и глубины промерзания грунта. З. играет большую роль в технике связи. Устройство двух З., расположенных на соседних станциях (телеграфных, телефонных с местной батареей) дает двоякую выгоду: 1) заменяет обратный провод между станциями, т. е. вторую половину линии; 2) уменьшает сопротивление линии вдвое, так как сопротивление участка почвы между заземляющими электродами практически равно 0. На телефонных станциях системы центральной батареи З. положительного (плюсового) полюса батареи принято как правило (во избежание электролиза металлич. частей и контактов сооружения); оно преследует следующие цели: 1) устранение перехода тока с одной пары цепей на другую, т. к. побочные токи будут замыкаться через батарею и ее землю, не попадая в цепь другого абонента; 2) устранение скрытых повреждений проводов и более легкое отыскание их; 3) получение более надежного сигнала «занято»; 4) экономию проводов и предохранителей при монтаже станций. З. принято устраивать у столбов: контрольных, станционных, кабельных и мачтовых. На контрольных и станционных столбах З. необходимо для испытания и нахождения поврежденного участка, а на кабельных и мачтовых, помимо того, исправное З. защищает от повреждения грозой кабель и мачтовые сооружения. Исправность З. должна испытываться ежегодно при ремонте, и неудовлетворительные З. по сопротивлению д. б. немедленно переустроены. Неисправная земля требует излишнего расхода энергии, ухудшает действие аппаратов, громоотводов и ослабляет телефонную передачу.

Конструкция З. Земляной провод должен иметь хорошую токопроводимость, а потому необходимо, чтобы его часть, закапываемая в грунт, была из нержавеющего металла. Земляной провод д. б. по возможности из цельной проволоки, а не из кусков, т. к. скрутки имеют большое сопротивление. Если цельной проволоки нет, то отдельные куски д. б. соединены британскими спайками. Материал для земляного проводника—медь или оцинкованное железо. Форма его—проволока, шина или кабель. Материал электрода—луженая медь, оцинкованное железо или свинец. Форма заземляющего электрода—пластина (лист), труба, круг из оцинкованной проволоки. Вспомогательными электродами могут служить: медная пластина или медная проволока диаметром 1—2 *мм*, железный стержень (щ у п) или лом (вокруг которых почва хорошо смачивается), газо- и водопровод и в некоторых случаях—свинцовая оболочка подземных кабелей. Рекомендуется применять электроды и земляной провод из одного и того же металла; место их соединения необходимо пропаять самым тщательным образом.

В технике связи СССР применяются следующие конструкции З., определяемые гл. образом разновидностью употребляемых заземляющих электродов. 1) Медный луженый



Фиг. 12.

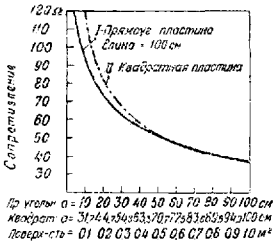


Фиг. 13.

лист (фиг. 12) в форме квадрата, со стороной 1 *м* и толщиной 2 *мм*. К его углам припаивается медный провод ⌀ 3—5 *мм*, и лист зарывают в землю. Если трудно добраться до грунтовой воды, то применяют «засыпку», т. е. электрод покрывают со всех сторон слоем кокса или древесного угля толщиной 5 *см* в виду способности их притягивать и удерживать влагу. Засыпка требует примерно 100 *кг* угля. В гористых местностях, где также бывает трудно достичь влажного грунта, устраивают заземляющий электрод с большим числом разветвлений, направляя их в разные стороны, чтобы увеличить поверхность соприкосновения металла с почвой. Приведенная на фиг. 12 конструкция применяется для З. небольших станций. 2) Бухта железной оцинкованной проволоки ⌀ 4—6 *мм* (фиг. 13). Этот способ применяется при устройстве З. у контрольных столбов. Бухта проволоки зарывается у основания столба. По выходе из почвы конец проволоки (земляной провод) прибивают вдоль столба скобками и выводят немного выше верхушки столба в виде спирали с острием. 3) З. у абонента телефонной станции. К громоотводу, установленному у окна, присоединяют медный провод сечением 1,5 $мм^2$ и пропускают его через отверстие в раме окна, снабженное воронкой и втулкой, наружу, где припаивают его к железному проводу; последний ведут по стене при помощи скоб и оканчивают в земле на уровне грунтовых вод (примерно на глубине 2—3 *м*) бухтой

проволоки. При наличии водопровода земляной провод припаивают к водопроводной трубе. 4) З. больших станций. Конструкция его до сих пор не установлена. Следует лишь отметить, что вследствие ответственного назначения таких станций устройством одного заземления не ограничиваются, а прибегают чаще всего к устройству трех и более заземлений.

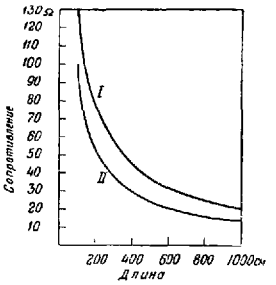
Расчетные формулы. В литературе по технике связи существует ряд терминов, имеющих одно и то же значение, как, напр.: сопротивление перехода, сопротивление распространения, сопротивление земных контактов. Под этими терминами подразумевают сопротивление, преодолеваемое током при его переходе с электрода в почву. В общем оно д. б. незначительным по величине, и чем оно меньше, тем лучше. Величина его не должна превосходить: 1) 5 Ω для обыкновенных рабочих З., 2) 1 Ω—для рабочих З. в автоматических телефонных станциях. В больших станциях это сопротивление колеблется в пределах от 0,1 до 0,5 Ω. Величина сопротивления перехода с течением времени изменяется в зависимости: 1) от величины и формы поверхности заземляющего электрода, 2) от химическ. состава почвы и 3) от степени влажности почвы и от удельного сопротивления ее. Из значений сопротивления и размеров заземляющего электрода можно приближенно вычислить ожидаемое сопротивление перехода. Для прямоугольных земляных пластин или полос, со сторонами a и b, при чем $b > a$, Уппенборн дал следующую ф-лу для сопротивления перехода W (в Ω):



Фиг. 14.

$$W = \frac{\varrho}{2a\pi\sqrt{N}} \ln \frac{n+1+\sqrt{N}}{n+1-\sqrt{N}}.$$

Здесь ϱ — удельное сопротивление почвы, $n = \frac{b}{a}$ и $N = (1+n)^2 - \frac{8n}{\pi}$. На фиг. 14 (сопротивление в Ω заземляющего электрода в форме пластины в ф-ии от размеров последней) кривая I представляет сопротивления для пластины длиной 100 *см* при переменной ширине от 10 до 100 *см*, и ϱ = 10 000 Ω-*см*. Кривая II справедлива для квадратных пластин, поверхность которых равновелика поверхности прямоугольника. График указывает, что прямоугольная форма электродов до 0,5 *м*² выгоднее квадратной и что выгоднее также вместо одного электрода в 1 *м*² взять 3 прямоугольные пластины по 10×100 *см* (0,3 *м*²), т. к. будем иметь $\frac{90}{3}$ Ω против 37. На фиг. 15 кривая I представляет вычисленные тем же способом значения сопротивлений перехода для полосового оцинкованного железа шириной 25 *мм*, для длин от 100 до 1 000 *см*. График указывает, что такое полосовое железо длиной в 5 *м* имеет почти то же сопротивление (38 Ω), как и 1 *м*² большой пластины (37 Ω). Еще более незначительными сопротивлениями перехода обладают круглые проволоки, для которых имеет место уравнение (форма электрода—цилиндр):



Фиг. 15.

$$W = \frac{\varrho}{\pi d} \cdot \frac{\ln 2n}{2n},$$

где d—диаметр и l—длина проволоки, $n = \frac{l}{d}$. На фиг. 15 кривая II представляет сопротивление 5-*мм* оцинкованной железной проволоки. Для других форм заземляющих электродов сопротивления перехода определяются следующими формулами.

Шар (диаметр = d):

$$R = \frac{\varrho}{2\pi d}.$$

Круглое кольцо (толщина = d, диаметр = D):

$$R = \frac{\varrho}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D}{d}.$$

Диск (диаметр = d):

$$R = \frac{\varrho}{4d}.$$

Все вышеуказанные ф-лы считаются приближенными для случая, когда электроды лежат глубоко под поверхностью земли; если же они находятся на поверхности земли, то сопротивление перехода удваивается по сравнению с величиной, определенной формулой. Размеры в формулах даны в *см*; ϱ для грунтовой (речной) воды или мокрой почвы составляет около 10^1 Ω-*см*, для сухой почвы—около 10^6 Ω-*см*, для морской воды—около 10^2 Ω-*см*.

Лит.: Парфиянович А. И., Измерение сопротивления земных контактов, М., 1928; Яблочковский Н. А. и Величутин В. И., Электрич. телеграфные измерения, Л., 1927; Сергиевский В. А., Основы системы центральной батареи, «Жизнь и техника связи», М., 1924, 4; Ошовский, Телеграфия и телефония, Киев, 1915; Strecker K., Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Schwachstromausgabe, 10 Aufl., B., 1928; Handwörterbuch d. elektr. Fernmeldewesens, hrsg. v. Feyerabend und andere, B. 1, B., 1929. **В. Наумов.**

ЗАИЛЕНИЕ, оросительных каналов и водохранилищ, постепенное отложение в них частиц ила—явление, понижающее кпд и долговечность ирригационных систем (см. *Ирригация*), получающих воду из рек, богатых наносами.

При проектировании оросительных каналов наиболее важным условием является придание течению воды в них надлежащей средней скорости. При чрезмерно больших скоростях каналы размываются и превращаются в овраги, пользование водой из которых становится очень затруднительным; при скоростях же чрезмерно малых наносы, попадающие из реки в канал, осаждаются на его дне и откосах, вызывая большие непроизводительные расходы на их извлечение при чистке. Так, на нек-рых ирригационных системах Ср. Азии с недостаточной скоростью течения воды в каналах расход на очистку от наносов достигает в продолжение ирригационного периода 100 р. на 1 *га*.

Осаждение наносов происходит в том случае, если скорость течения воды в канале ниже определенной критич. величины, при к-рой частицы наносов находятся во взвешенном состоянии и не выпадают на дно канала. Определение значения этой критич. скорости м. б. сделано по следующей ф-ле Кеннеди:

$$v = 0{,}545h^{0{,}64},$$

где h—глубина канала в *м*, v—скорость воды в канале в *м/сек*. Эта формула выработана эмпирич. путем для индийских каналов при коэфф-те шероховатости $n = 0{,}0225$ и диаметре опасных для З. наносов ок. 0,25 *мм*. В тех случаях, когда вода очень мутна и наносы крупны, значение критич. скорости, определяемое по этой ф-ле, надо увеличить в 1,1—1,3 раза. Если же вода, поступающая в канал, очень светлая, то значение критической скорости м. б. уменьшено на 10—20%. При большой шероховатости русла это значение должно быть соответственно повышено. Проф. Н. Е. Жуковский дал для критич. скорости следующую формулу:

$$v = \frac{h}{B} + A\,.$$

Здесь v и h—скорость и глубина воды; A и B—коэфф-ты, зависящие от шероховатости дна канала, размера неосаждаемых частиц и свойств воды. Для средних условий и метрич. мер можно принять $A = 0{,}24$ и $B = 3{,}5$. В общем ф-ла Жуковского дает результаты, сходные с ф-лой Кеннеди.

Значения минимальной скорости при разных глубинах воды (по Кеннеди).

h в *м*	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
$v_{крит.}$	0,25	0,39	0,51	0,60	0,70	0,80
h в *м*	2,1	2,4	2,7	3,0	3,6	6,0
$v_{крит.}$	0,87	0,95	1,03	1,10	1,24	1,71

Отсюда видно, что критич. скорость увеличивается с глубиной канала, при чем увеличение скорости идет медленнее, чем глубины. При глубине воды в канале, превышающей 3 *м*, критич. скорость доходит до того предельного значения, при к-ром начинается уже опасность размыва грунта. Поэтому оросительные каналы с земляными руслами не следует делать глубже 3—3,5 *м*, и для пропуска бóльших расходов воды приходится увеличивать ширину канала. Иногда требование, чтобы скорость воды в канале была выше критической, заставляло давать каналу такой уклон, к-рый не м. б. осуществлен на данной ровной местности. Это особенно часто имеет место при назначении поливных каналов мельчайшей оросительной сети. Поэтому для таких каналов иногда приходится отступать от требования незаиляемости и сознательно итти на необходимость периодич. очистки их от наносов.

Особо важное значение имеет вопрос З. при устройстве водохранилищ в верховьях рек. Водосборные площади таких рек в засушливом климате б. ч. бывают бедны растительностью, и потому каждый паводок сносит с них огромные количества песка и ила. Наносы эти неизбежно отлагаются в водохранилищах и иногда заносят их совершенно в очень короткий срок. Так, было занесено в несколько лет на $^9/_{10}$ объема водохранилище Джидиуйя в Алжире, рассчитанное для орошения ок. 3 000 *га*.

Для борьбы с З. водохранилищ принимаются следующие меры: а) в начале половодья, когда река несет много наносов, воду пропускают сквозь особые отверстия в плотине, к-рые закрывают, когда вода станет несколько чище; б) вокруг водохранилища устраивают особые обводные каналы, по к-рым направляются воды реки мимо водохранилища при проходе больших наносов; в) водохранилище устраивают не в русле реки, а в соседней низине, куда вода направляется при помощи питающих каналов, берущих более чистую воду в конце паводков. Если все эти меры оказываются неприменимыми, водохранилище устраивают в русле реки очень большого объема, с таким расчетом, чтобы оно вполне окупало себя до заполнения наносами; после же этого устраивают новое водохранилище в другом месте.

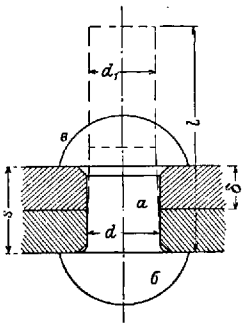
Лит.: Костяков А. Н., Основы мелиорации, М., 1927; Чиков В. В., Заиление ирригационных каналов, вып. 1 и 2, П., 1915; Kennedy R. G., The Prevention of Silting in Irrigation Canals, «Proc. Inst. of Civ. Eng.», N. Y., 1894—95. **Е. Скорняков.**

ЗАКАЛКА, фиксация при атмосферной $t°$ того соотношения фаз состояния вещества, в котором оно находилось при другой $t°$, отличной от атмосферной. Отсюда следует, что вещество в закаленном виде находится в неустойчивом состоянии и обладает потенциальной энергией, приобретенной во время З. Закаливаться могут только те вещества, которые обладают различными состояниями при различных $t°$. Чистые элементы могли бы закаливаться только при условии: 1) наличия у них аллотропич. изменений, 2) перехода $t°$-ного интервала со скоростью большею, чем скорость аллотропич. изменения. Примеров наличия обоих этих условий до настоящего времени не наблюдалось, следовательно, чистые элементы не закаливаются. Практически не закаливаются также сплавы, образующие твердые растворы. Все же вещества, образующие или химич. соединения или твердые растворы, могущие распадаться на составляющие при изменении $t°$, могут закаливаться. Напр., сплавы железо-углерод (сталь, чугун) образуют при $t°$ выше 700° твердый раствор, распадающийся при $t°$ ниже 700° на 2 составляющие; также и сплав меди и цинка с содержанием цинка выше 34%; поэтому они могут быть закалены; сплав меди и цинка при содержании меди выше 67% образует с цинком твердый раствор, и З. для таких сплавов не имеет места. Из данного выше определения следует, что м. б. закалены даже газы. Напр., на методе З. основано получение NO в электрич. печи: под действием $t°$ вольтовой дуги образуется соединение NO, при медленном охлаждении от темп-ры вольтовой дуги распадающееся на свои составные части; необходимо очень быстрое охлаждение—З. образовавшейся NO, чтобы зафиксировать окисел без распадения. Закаленное состояние вещества по мере изменения температуры нагрева его постепенно приходит в равновесное состояние, т. е. то, в

котором вещество было до З. Эти два состояния резко разнятся по своим физич. свойствам; напр., в одних случаях (углеродистая сталь) после З. вещества приобретают большую твердость и хрупкость, в других (марганцовистая сталь), наоборот, — эластичность и вязкость, так что заключение о том, что З. придает твердость, неправильно. Б. ч. закаленные вещества обладают меньшей электропроводностью и теплопроводностью. На этом основан метод определения закаленного состояния вещества. Практическое приложение З. к сплавам металлов см. *Термическая обработка*. **К. Грачев.**

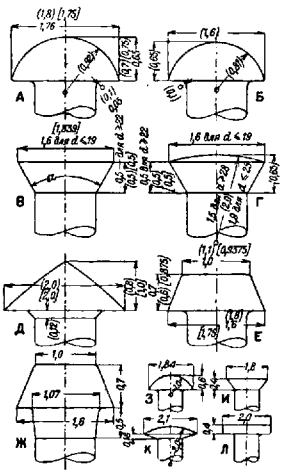
ЗАКИСИ, термин, обозначающий окислы более низкой степени окисления какого-нибудь химич. элемента при наличии других окислов того же элемента более высокой степени окисления. В русской химич. номенклатуре встречается (правда, лишь в редких случаях) также и термин недокись для обозначения еще более низкой степени окисления того же элемента. В немецкой химич. терминологии все более утверждается метод обозначения степеней окисления элементов цифрой в скобках, указывающей на валентность окисленного элемента, напр.: серноокислая соль закиси железа—Eisen (2)-sulfat, сернокислая соль окиси железа—Eisen (3)-sulfat. Степень окисления обозначается также соединительной гласной в названии химического соединения: закисные соединения характеризуются буквой «о», а окисные—буквой «i»; например: Ferrosulfat — серноокислая соль закиси железа, Ferrisulfat—серноокислая соль окиси железа.

ЗАКЛЕПКИ, металлические стержни, снабженные на одном конце головкой, служащие для соединения деталей машин и сооружений путем образования второй головки расклепыванием выступающей части стержня. Соединение при помощи З.—неразъемное и м. б. разобрано лишь по разрушении одной из частей его. В посаженном на место виде З. состоит из цилиндрич. стержня *а* (фиг. 1), проходящего через толщу металла частей, подлежащих скреплению, и двух головок: одной—первоначальной закладной и другой—образуемой при постановке З. на место, замыкающей. З. применяются главным образом в металлических конструкциях, судостроении, котлостроении и жестяничном деле.



Фиг. 1.

В зависимости от различных требований, предъявляемых в этих отраслях промышленности к заклепочным швам, форма заклепочных головок отличается большим разнообразием. Головки З. по форме различают следующим образом. 1) Полукруглая головка делается двух типов: для прочных и плотных швов (котлостроение) приходится делать ее большего диам. как в целях достижения большей плотности шва, так и для возможности последующей чеканки головки (фиг. 2, А); для соединений, от которых требуется лишь прочность (металлич. конструкции, мосты), достаточна головка меньших размеров (фиг. 2, Б). В СССР оба типа объединены в один (ОСТ 301), размеры к-рого даны на фиг. 2, А. 2) Потайная—обладает меньшей прочностью по сравнению с остальными формами и применяется лишь там, где выступание головки совершенно недопустимо (фиг. 2, В). 3) Полупотайная (фиг. 2, Г) применяется часто в тех случаях, когда выступающие головки мешают или необходимо достижение особой плотности заклепочн. соединения (нефтеналивные суда, цистерны для нефти и ее погонов). 4) Коническая—наиболее легкая для образования вручную, без помощи обжимки (фиг. 2, Д), применяется поэтому в неудобных для работы местах в качестве замыкающей головки. 5) Бочкообразная (фиг. 2, Е) и бочкообразн. с коническим подголовком (фигура 2, Ж) не требуют для поддержки при клепке оправки с выработанным углублением и применяются поэтому часто в судостроении, при чем вторая из них гл. обр. для наливных судов и вообще там, где требуется особая плотность соединения. 6) Чечевицеобразная (фиг. 2, К) применяется в кузнечном и в жестяничном деле наряду с полукруглой (фиг. 2, З) и потайной (фиг. 2, И). 7) Плоская (фиг. 2, Л) применяется в бондарном производстве.



Фиг. 2.

Размеры головок на фиг. 2 указаны по стандартам СССР в долях ⌀ стержня З. до постановки ее на место; размеры, поставленные в скобках, являются нормами DIN, а в квадратных скобках—нормами, принятыми Америк. союзом котлостроителей (American Boiler Manufacturers' Association); все указанные размеры (кроме норм АВМА) являются средними, точные размеры указаны в таблицах стандартов (ОСТ 184—187 и 301—305). Угол α в потайных и полупотайных головках, по нормам АВМА, постоянен и для всех диаметров равен 80°; по нормам DIN, он меняется, а именно—для диам. 10—16 *мм* $\alpha=75°$, для диаметра 19—25 *мм* $\alpha=60°$ и для диаметра > 26 *мм* $\alpha=45°$.

По своему материалу З. делятся на железные (стальные), медные, алюминиевые, цинковые и сделанные из различных цветных сплавов. Как общее правило, З. должны состоять из того же материала, что и соединяемые ими части. Причина этого требования лежит в том, что при жесткости заклепочного соединения различие термич. коэффициентов склепываемых частей и З. может

вызвать при изменениях $t°$ возникновение напряжений, превосходящих предел упругости, и как следствие этого — остающиеся деформации и ослабление соединения. Кроме того, под действием влаги, содержащей примеси солей или кислот, различие металлов обусловливает возникновение гальванической пары, результатом чего является электролиз, влекущий за собой коррозию частей соединения.

В виду того что головки З. образуются путем расклепывания стержня, основным общим требованием для материала З. является пластичность—условие, которому лучше всего удовлетворяют чистые металлы. Требования, предъявляемые в разных странах к заклепочн. материалу, приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Технические условия на заклепочный материал.

Страна и название норм	Материал	Марка	Врем. сопротивлен. на разрыв R в $кг/мм^2$	Удлинение i в %		Загиб на 180° вокруг оправки $\varnothing a$	Осадка в холодном виде до	Допуски в мм	
				длинный образец	короткий образец			по $\varnothing$	на овальность
СССР ОСТ	Особо мягкая сталь	Ст. 2	33—42	30	25	$a=0$ *1	0,4 выс. обр.	±0,3	0,5
		Ст. 3	37—45	26	22	$a=d$ *1	0,5 » »	±0,3	0,5
	Медь	М. 3	22	—	35	$a=0$	0,33 » »	±0,2	0,2
Англия Англ. Ллойд	Судостр. заклеп. сталь	—	39—47	—	25	$a=0$	Расплющ. в горячем виде до $\varnothing$ в 2,5 d	—	—
	Котельная заклеп. сталь	—	42—47	—	25	$a=0$	—	—	—
Германия DIN и правит. нормы	Заклеп. сталь	St. 34—13	34—42	30—26—22 *2	25—22—18 *2	$a=0$	0,5 выс. обр. *4	—	—
	» »	—	35—42	—	25 *3	$a=0{,}2d$ *5	0,5 » » *4	—	—
С. Ш. А. ASTM	Сталь заклеп. котельная	—	32—39,4 *6	1 070 : R	—	$a=0$	—	—	—
	Сталь заклеп. мет. констр.	—	33—40 *6	1 000 : R	—	$a=0$	—	—	—
	Сталь заклеп. мостовая	—	33—40 *6	1 070 : R	—	$a=0$	—	—	—
	Сталь заклеп. вагонная	—	32—43 *6	1 070 : R	—	*7	—	—	—
Франция Проекты стандартов	Сталь заклеп. особо мягкая	—	34—40	30 *8	—	$a=2d$ *8	—	—	—
	Сталь заклеп. мягкая	—	38—45	27 *8	—	$a=4d$ *9	—	—	—

*1 Образец закаленный, при $\varnothing>30$ мм для Ст. 2 $a=d$ и для Ст. 3 $a=2d$. *2 Для образцов толщиной, соответственно, более 8 мм, 8—7 мм и 7—5 мм. *3 При этом $R+i \geqslant 62$. *4 В горячем виде. *5 Испытание на загиб закаленного образца при $a=2d$. *6 Предел текучести $\geqslant 0{,}5\ R$. *7 $a=0$ для $\varnothing<20$ мм; $a=d$ для $\varnothing=20$—30 мм; $a=2d$ для $\varnothing>30$ мм. *8 $R+2i \geqslant 95$. *9 Образцы закалены при 850—900° в воде $t°$ 20—25°.

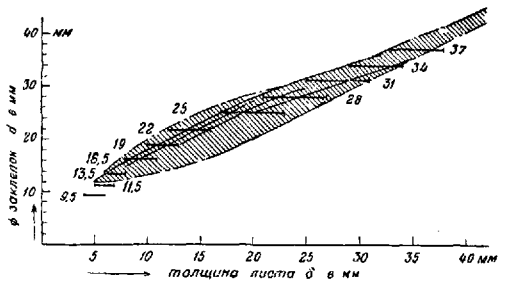
До постановки на место З. имеет вид, изображенный на фиг. 1 пунктиром. Диаметр стержня d (измеряемый на расстоянии 5 мм от головки), для возможности введения З. в горячем состоянии в отверстие, делается на 0,5—1 мм меньше $\varnothing$ заклепочного отверстия. Обычно стержень делается на длине, равной $2 \div 3\ d$, слегка коническим, суживаясь до d_1; стержень переходит в головку закруглением небольшого радиуса (обычно $r \cong 0{,}1\ d$). Прежде полукруглые головки З. делались в форме тела вращения, меридиональное сечение к-рого имело форму полуовала, составленного из дуг окружностей двух различных радиусов. Это вызывало значительные неудобства как при изготовлении обжимок и матриц для производства З., так и при производстве клепки, в особенности пневматической; рабочий достигает красивой и гладкой формы головки, наклоняя во время клепки пневматич. молот и обрабатывая т. о. головку со всех сторон без опасения затронуть поверхность склепываемых листов. Такой способ работы возможен, однако, лишь тогда, когда поверхность головки является частью шара. Длина стержня З. l зависит от толщины соединяемых частей, формы замыкающей головки, величины просвета между стержнем З. и стенками заклепочного отверстия, $t°$ З. в момент ее осаживания и способа клепки (при прессовой клепке стержень осаживается сильнее, чем при ударной, и, т. о., требуется больший избыток длины). В виду многообразия факторов, влияющих на длину З., всего надежнее определять ее путем заводского опыта; для приблизительного подсчета может служить формула $l=as+b$, где l—длина стержня З. в мм, s—толщина соединяемых частей в мм, a и b—коэффициенты, значения которых даны в табл. 2.

Диаметр З. d зависит гл. обр. от толщины соединяемых листов δ, при чем имеется

Табл. 2. — Коэффициенты для определения длины З.

⌀ заклепки в мм		10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43
⌀ отверстия в мм . . .		11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44
Полукруглая головка для котлостроения	a	1,34	1,26	1,24	1,27	1,23	1,20	1,20	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12
	b	15	19	28	32	35	39	43	45	49	56	59	62
Полукруглая головка для железных конструкций	a	1,34	1,26	1,24	1,27	1,23	1,20	1,20	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12
	b	11	15	17	19	23	26	30	34	37	49	43	47

несколько различных ф-л, выражающих эту зависимость; результаты, однако, различаются между собой лишь незначительно и лежат в пределах заштрихованного поля диаграммы, данной на фиг. 3. Жирными линиями на фиг. 3 показаны границы применения

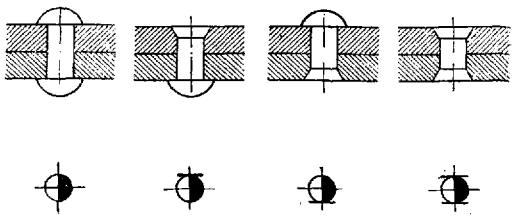


Фиг. 3.

нормальных З., по ОСТ 301—305. Практически избегают в одной конструкции применять З. различных диаметров и ограничиваются тем, что ведут расчет на срезывание или лобовое давление в зависимости от того, какое из этих двух напряжений является критическим.

Для изображения З. на чертежах железных конструкций выработаны стандартные обозначения как для ⌀ З. (см. табл. 3), так и для формы головки (фиг. 4).

начинает грибообразно расширяться и образует замыкающую головку, окончательную форму которой, в случае ручной клепки, придают обжимкой. При этом далеко не безразлично, происходит ли этот процесс под влиянием ряда более или менее сильных ударов или же как следствие медленного прессования. В последнем случае приходится прибегать к давлениям на единицу площади поперечн. сечения З., на много превосходящим предел текучести материала, при чем последний, находясь в пластич. состоянии, передает давление в значительной мере и на боковые стенки заклепочного отверстия. Результатом этого являются значительные напряжения в материале листов, зачастую превосходящие предел упругости; кроме ослабления металла, вызванного этим, иногда металл З. проникает между листами, приподнимая их, уменьшая поверхность трения и ослабляя, таким образом, самый шов. При заклепывании рядом



Фиг. 4.

ударов сила удара приходится на значительно меньшую поверхность головки и, распределяясь по всему сечению З., не может привести материал стержня в состояние текучести; кроме того, и кратковременность воздействия силы препятствует распространению ее действия на более удаленные от

Табл. 3. — Способы обозначения заклепок на чертежах.

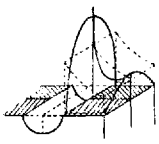
Диам. отверстия под заклепку		10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38
Условное обозначение заклепок		⊕	⊕	⊕	⊕	◑	⊕	⊕	⊕	◑	⊕	⊕
Диам. кружков в мм при масштабах	1:10	2	2	2	4	4	4	4	6	6	6	6
	1:5	4	4	4	8	8	8	8	12	12	12	12

При заклепывании в горячем состоянии З. испытывает следующие изменения: стержень ее осаживается и, расширяясь, заполняет собою весь объем отверстия; одновременно оставшаяся снаружи выступающая часть места приложения части. Недостатком ручного способа является его дороговизна и большая зависимость от уменья и доброй воли рабочих. Опыты Фремона над сопротивлением головок З. показали, что при

испытании З. из литого железа прочность головки и стержня почти одинаковы, в З. же из сварочного железа головки часто срезываются по направлению фибр; в этом отношении ручная клепка, как сильнее отклоняющая волокна материала от первоначального направления, представляется более выгодной; в этом же направлении действует зенковка заклепочных отверстий.

По опытам Баумана, при прессовании З. первоначально цилиндрич. стенки отверстия приобретают бочкообразную форму, при чем напряжения в листах возрастают по мере удаления от головок З. и достигают максимума в плоскости соприкасания листов; распределение напряжений в толще листов между заклепочной дырой и кромкой графически изображено на фиг. 5; для сравнения пунктиром показано распределение напряжений, вычисленных для случая цилиндра с толстыми стенками. Листы, разнятые после холодной склепки, обнаруживали явления текучести (т. н. Fliessfiguren) при давлениях около 100 *кг/мм*^{2} площади поперечного сечения стержня З. В случае горячей клепки листы в окружности отверстий получают остающиеся деформации уже при меньших давлениях. Бауман советует употреблять давления, лежащие в пределах от 65 до 80 *кг/мм*^{2}.

Явление заклепывания при помощи прессов распадается на три фазы: 1) под влиянием давления, превосходящего предел текучести металла при данной $t°$, он начинает течь, заполняет отверстие и образует головку; листы при этом прижимаются друг к другу силой пресса; 2) обжимки удаляются, и листы под влиянием упругости стремятся возвратиться в первоначальное положение; 3) стержень З. остывает и снова стягивает листы. При прессовой клепке необходимо избежать второй фазы, т. к. при недостаточно остывшем стержне З. он получит, под действием расходящихся листов, остающиеся удлинения, которые вызовут уменьшение силы, стягивающей листы, а следовательно, и ослабление самого шва. При ручной клепке вторая фаза отпадает. В целях противодействия этому явлению применяют в прессах особые приспособления, прижимающие листы и держащие их в этом положении во время склепывания З., или оставляют З. под действием пресса столько времени, чтобы стержень достаточно охладился и, т. о., исчезла опасность расхождения листов. Эмпирически выработана следующая ф-ла для времени, в течение к-рого необходимо оставлять З. под давлением: $t=0{,}75d$, где t—время в ск., а d — ⌀ З. в *мм*.



Фиг. 5.

Явления, происходящие в заклепочном соединении при его нагрузке, до настоящего времени не изучены с достаточной полнотой и точностью. Весьма спорными остаются вопросы о распределении усилий на отдельные З. и о напряжениях, испытываемых заклепкой. Однако, можно считать установленным, что З., поставленные в горячем состоянии, даже при прессовой клепке не заполняют полностью заклепочного отверстия; таким образом, в первоначальной фазе нагрузки, до наступления скольжения между листами, силой, противодействующей разрушению соединения, является сила трения между листами. На этом предположении основан метод расчета заклепочных соединений, предложенный Карлом Бахом. Так как сила трения при постоянном коэффициенте трения пропорциональна количеству трущихся поверхностей и нормальному усилию, а последнее с достаточной для практических целей точностью можно принять пропорциональным площади поперечного сечения заклепки, то в конечном счете этот способ расчета сводится к обычн. расчету заклепки на срезывание по возможным плоскостям скольжения соединения. При усилиях переменного знака скольжение листов начинается при повторном действии силы уже при напряжениях значительно меньших, чем необходимые для сдвига листов постоянной статической нагрузкой. Это явление заставляет в стыках, работающих с переменной нагрузкой, прибегать к З., обеспечивающим неподвижность отдельных частей соединения. С этой целью употребляют холодные З. с ⌀ стержня несколько большим (обычно $d=1{,}02d_1$), чем заклепочное отверстие; З. в холодном состоянии вгоняется ударами молотка или прессованием в чисто высверленное и прошабренное отверстие, и затем выступающей части придается форма небольшой заклепочной головки. То обстоятельство, что общий характер кривых «напряжение-деформация» при нагрузке заклепочных соединений всего более напоминает собою аналогичные кривые изгибаемых стержней, а также и непосредственные наблюдения над внешним видом З. из разрушенных швов—дали нек-рым авторам повод предложить способы расчета З., основанные на предположении работы стержней З. на изгиб. До настоящего времени, однако, эти способы значительного распространения в Европе не получили.

Производство З. различается смотря по тому, делают ли их холодным способом (для З. ⌀ до 6—8, редко до 10—12 *мм*) или горячим (для З. большего ⌀). В первом случае машина для производства З. ничем существенно не отличается от обыкновенной сильной гвоздильной машины (см. *Гвоздильное*

Табл. 4.—Производительность машин для фабрикации заклепок холодным способом.

⌀ заклепок в *мм*	Наиб. длина в *мм*	Производительность в шт./час	Производ. З. максим. размера в *кг/ч*	Расходуемая мощность в HP	Требуемая площ. пола в *м*^{2}
1,2— 2,2	10	9 000	3,7	0,12	2,0×0,7
2,2— 2,6	15	7 500	6,2	0,12	2,0×0,8
2,6— 3,1	20	6 000	9,4	0,25	2,5×1,0
3,1— 3,8	25	5 000	13,5	0,25	3,0×1,3
3,6— 4,7	30	4 500	21,2	0,38	3,5×1,5
4,4— 5,7	35	3 800	33,6	0,50	4,0×1,5
5,5— 6,6	40	3 000	40	0,75	4,5×1,7
6,4— 7,2	45	2 800	52	1,25	4,8×1,8
7,5—11,0	50	2 500	132	2,00	5,0×1,9

производство); во втором,—при небольшом объеме производства, пользуются прессами, чаще всего фрикционными или эксцентриковыми, а при более обширной фабрикации—горизонтальными ковочными машинами. Производственные данные машин типа гвоздильных даны в табл. 4.

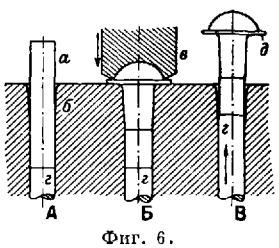
Фрикционные прессы для производства З. ничем не отличаются от нормальных, употребляемых при производстве болтов и других мелких поковок. Основные данные фрикционных прессов приведены в табл. 5.

Табл. 5.—Основные данные фрикционных прессов.

⌀ заклепок в *мм*	13	16	19	22	28	35
Расход мощности в Р. .	2	2,5	3	3,5	4	5
Максим. давление в *т* .	50	65	80	100	120	150
Производительность за 8 часов в тыс. шт. . .	7	5,6	5	4,4	4,2	3,5

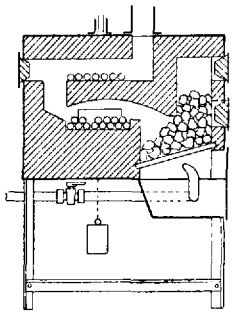
Ход работы на фрикционном прессе следующий: сначала от железного или стального прута отрезают на специальных ножницах заготовки нужной длины, при чем особое внимание необходимо обращать на перпендикулярность обреза; затем заготовки нагреваются в особой печи (напр., в печи для болтов в *болтовом производстве* см.), и рабочий кладет заготовку *а* (фиг. 6, А) в отверстие матрицы *б*; опускающийся штамп *в* отформовывает головку (Б), после чего полуготовая З. выбрасывается при помощи особого выбрасывателя *г* (В); образующийся при штамповании головки грат *д* удаляют на особых огратовочных прессах, чаще эксцентриковых, иногда фрикционных, более слабой модели, чем для отковки.

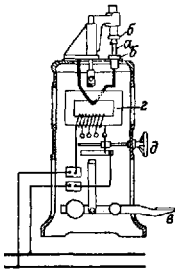
Горизонтальные ковочные машины строятся как для обслуживания вручную, так и для автоматич. питания. Основная конструкция их в обоих случаях остается неизменной, но во втором случае прибавляется автоматическ. питательный прибор, представляющий собою два ролика, приводимых во вращение станком и продвигающих в нужный момент железную штангу. При ручной подаче штангу разогревают в особой печи на длину ок. 1,5 *м* до нужной *t*° (для сварочного железа—до 1 000°, для литой мягкой стали—до 760—800°), вставляют в машину и пускают ее в ход, продвигая штангу после каждого рабочего хода, пока вся разогретая часть ее не будет использована; т. о., за один нагрев производится 15—30 З. При машинной подаче особая печь длиною 8—10 *м*, снабженная с обоих концов щелевидными отверстиями для загрузки и выгрузки штанг, устанавливается на расстоянии 1—1,5 *м* от машины; разогретая штанга вводится в подающий механизм, к-рый постепенно вытягивает накаленную штангу из печи и подает ее в нужные моменты в машину. Производительность машин последнего типа доходит до 4 000 шт. в час.



Фиг. 6.

Клепка и клепочные машины. Постановка З. на место совершается ручным или машинным способом и в обоих случаях может быть горячей или холодной. Первой операцией при горячей клепке является нагрев заклепки. Обыкновенно для этой цели применяют обычные переносные горны, снабженные вентилятором, приводимым в движение или рабочим или воздушным инжектором, работающим сжатым воздухом. Несмотря на большое распространение этих печей, им присущи значительные недостатки, из к-рых главные: высокий расход топлива (100—200 *кг* и более угля на 100 *кг* нагреваемых З.), легкая возможность перегрева или неравномерного нагрева З. (5—10% сожженных З.), образование большого количества окалины и вредное влияние заключающейся в топливе серы на механич. качества металла З. Часть этих недостатков отсутствует в пламенной печи, изображенной на фиг. 7; так как З. не соприкасаются непосредственно с углем,


Фиг. 7.



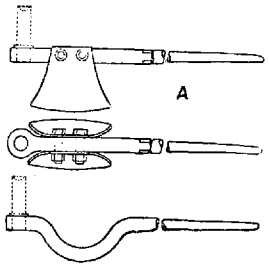
Фиг. 8.

то вредное влияние серы сильно ослаблено, регулировкой воздуха достигают полного горения, и, т. о., сильно уменьшается угар и число сожженных З. Расход топлива, правда, остается почти столь же значительным, как и в открытом горне (100—150 *кг* на 100 *кг* З.). Часто применяются круглые коксовые печи, в к-рых З. кладутся в окошки, проделанные в цилиндрич. стенках горна. Горячие газы, выходя наружу, нагревают стержень и головку З. Печь делают вращающейся, при чем для защиты от излишнего лучеиспускания она окружена кожухом, прерывающимся лишь в месте закладки и выемки З.

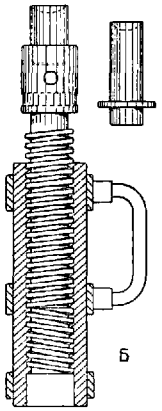
Наиболее совершенным остается электрический способ нагрева З. Аппарат для нагрева З. изображен на фиг. 8. Заклепка *а* зажимается между медными электродами *б*, *б*, из которых нижний неподвижен, а верхний поднимается педалью *в*; затем включается переменный ток в первичную обмотку трансформатора *г*, вторичная обмотка к-рого состоит из медного прута, присоединенного к электродам; во вторичной обмотке индуктируется переменный ток низкого напряжения (1,5—2 V), но большой силы (1 000—5 000 А), накаливающий З. до белого каления в течение 15—20 ск. Регулировка напряжения производится включением отдель-

ных секций первичной обмотки трансформатора, при помощи коммутатора *д*. В Америке такие аппараты строятся для нагрева до 7 З. одновременно, в Европе—обычно для 3—4 штук. Требуемая мощность равна 3—4 kW на 1 *см*² сечения нагреваемых З., расход энергии 30—45 kWh на 100 *кг* нагретых З., часовая производительность 100—150 шт. на одно гнездо. Достоинствами электрич. нагревателей являются: экономичность (особенно когда имеется дешевая гидроэлектрическая энергия), отсутствие окалины и быстрота нагрева, при чем опасность перегрева уменьшается, т. к. рабочий должен наблюдать лишь за 2—5 З., находящимися у него прямо перед глазами (% сожженных З. падает до 0,2—0,4).

При ручной клепке звено состоит из 5—6 рабочих: старшего, 2—3 бойцов, рабочего, держащего подбойку, и мальчика у горна. Порядок работы таков: нагретая добела З. подается к месту клепки, при чем сначала, для освобождения от окалины, ею ударяют о край горна и взмахивают в воздухе; затем она вводится в отверстие, и под нее подводят подбойку (фиг. 9а) или особый поддерживающий домкрат (фиг. 9б); после этого старший молотком указывает



Фиг. 9а.



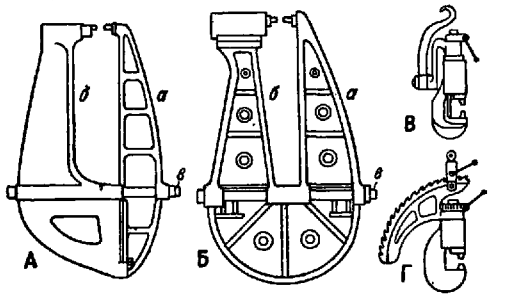
Фиг. 9б.

бойцам места, куда надо бить, и те несколькими ударами молота образуют начерно головку З.; наконец, на нее ставят обжимку с выработанным в ней углублением и сильными ударами кувалд окончательно формируют головку. Производительность ручной клепки невелика (см. табл. 6), и, кроме того, З. диам. больше 25 *мм* вообще не м. б. расклепаны этим способом.

Табл. 6. — Часовая производительность колонны при ручной клепке (по данным ГОМЗы).

Вид клепки	Диаметр заклепок в *мм*						
	9	12	16	19	22	24	26
Рядовая	67	60	50	42	34	30	25
Групповая	56	53	44	37	30	25	20
Групповая с переходом	40	37	32	25	20	17	14
Подборная	26	25	20	18	14	12	9
В стеснен. местах . .	10	9	8	7	6	5	4

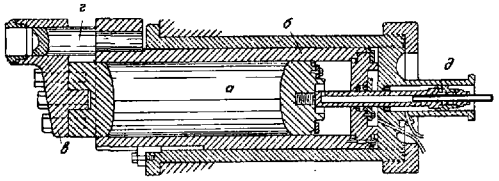
Машинная клепка производится на гидравлич., пневматич., паровых, электрич. и трансмиссионных клепальных машинах. Наибольшее распространение получили два первых вида. Клепальные машины делятся на стационарные и переносные. Первые (фиг. 10, А и Б) состоят из станины с длинным зевом, на верху которой укреплены рабочие органы машины. Станина делается литой, при чем, для возможности клепки барабанов малого ⌀, ветвь ее *а*, служащую



Фиг. 10.

поддержкой, делают из стального литья; другая половина *б* станины м. б. чугунной (фиг. 10, А) или также стальной (фиг. 10, Б). Обе половины скрепляют стальными якорями *в*, которые ставят на место в нагретом состоянии. Такие же якоря применяют в станинах, отлитых из одного куска, с целью вызвать в состоянии покоя в закруглении зева напряжения сжатия и, т. о., уменьшить во время работы возникающие в этом месте напряжения растяжения, достигающие особенно больших значений в виду малого радиуса закругления этой части станины. Подвижные клепальные машины подвешиваются на универсальных подвесках, позволяющих придавать им любой уклон (фиг. 10, В и Г); оси вращения проходят через ц. т. машины, и, т. о., для вращения достаточно небольшого усилия.

Рабочий механизм различается в зависимости от энергии, применяемой для приведения машины в действие. В гидравлич. машинах рабочая часть состоит из двух гидравлич. цилиндров, из к-рых один приводит

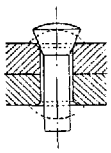


Фиг. 11.

в действие подпорную обжимку, сжимающую склепываемые листы, а другой—давящую обжимку, осаживающую самую головку. При клепке желательно получить усиление давления под конец образования заклепочной головки. Такое желание, в соединении со стремлением сократить расход прессовой воды, привело к созданию особых конструкций, общим принципом к-рых является применение в том или другом виде дифференциальных поршней. Типичная конструкция изображена на фиг. 11. Поршень *а*, двигающийся, как в цилиндре, в поршне *б*, несет на себе прижимающую обжимку *в*, давящая же обжимка *г* сидит на приливе стаканообразного поршня *б*; небольшой дифференциальный поршень *д*, соединенный

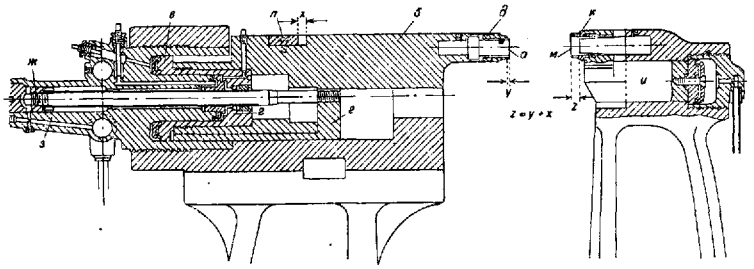
постоянно с трубопроводом высокого давления, служит для отведения назад обоих поршней по окончании рабочего хода. Вначале пускают воду под поршень *а*, при чем обжимка *в* сжимает склепываемые листы; затем дают давление на поршень *б*, осаживающий стержень заклепки обжимкой *г* с силой, равной разности давлений на поршни *а* и *б*; наконец, сообщают пространство под поршнем *а* с атмосферой, вследствие чего на головку З. передается полное усилие всей площади большого поршня. Недостатком этого способа является большой расход прессовой воды; кроме того, при неподвижной поддержке приходится З. вставлять изнутри заклепываемого котла, что, особенно при барабанах малого диаметра, сильно затрудняет клепку.

Обычный способ постановки З. заключается в том, что при клепке образуется лишь одна замыкающая головка. Однако, можно вводить в заклепочное отверстие простой раскаленный стержень и давлением двух обжимок осаживать обе головки одновременно. Главная трудность заключается при этом в том, что стержень не имеет упора и, так. обр., при неправильном движении обеих обжимок, головки выйдут различной величины. Достоинством этого способа, кроме дешевизны, является также лучшее заполнение отверстия металлом, даже при более низких давлениях на единицу площади сечения стержня З., в виду того что при этом осаживание стержня начинается не с одного конца, а лишь с середины его. Для уничтожения опасности образования неравномерных головок Шухом было предложено снабжать заклепочный стержень предварительной головкой, в виде изображенной на фиг. 12. Опытами было установлено, что качество заклепочного соединения при помощи этих З. не хуже, чем у обычного, заполнение дыр металлом даже немного лучше, стоимость же обоих способов, в виду необходимости предварительной штамповки З., почти одинакова. В последнее время нек-рыми немецкими заводами выработан способ расклепывания одновременно обеих головок, при чем одинаковость обеих головок обеспечена. Для этой цели клепальная машина снабжена двумя рабочими цилиндрами или особым приспособлением, подобным изображенному на фиг. 13. Здесь давящая обжимка *а* сидит на ползуне *б*, приводимом в движение помощью гидравлических цилиндров *в* и *г*; прижимающая обжимка *д* сидит на салазках *е* и соединена с поршнем *жс*, ходящим в цилиндре *з*. При работе обычным способом, т. е. вводя З. со стороны поддержки, пространство под поршнем *и* в головке поддержки сообщают с атмосферой, благодаря чему вторая прижимающая обжимка *к* отходит назад. Сначала пускают воду в цилиндр *з*, при чем салазки *е*, двигаясь вперед и пройдя путь *х*, захватывают при помощи



Фиг. 12.

перекладины *л* ползун *б* и тянут его с собой; при этом вода засасывается в цилиндры *в* и *г* через невозвратные клапаны из водопровода, находящегося под небольшим давлением (1 *atm*). После того как обжимка *д* сожмет листы, пускают воду в кольцевое простран-



Фиг. 13.

ство *г*, а затем и *в*, для окончательного образования головки. Таким образом, прессовая вода в рабочий цилиндр *г* подается лишь в течение небольшого участка хода *х*, а в большой цилиндр *в* только на протяжении нескольких *мм*, при окончательном образовании головки.

Если вставление З. изнутри представляет неудобство, то при помощи этой машины является возможным вставлять их снаружи. Для этого сообщают цилиндр *з* с атмосферой, а цилиндр *и* с прессовой водой пониженного давления; тогда, при продвижении обжимки *а* вправо, сначала вступит в соприкосновение с листами обжимка *к*, к-рая сжимает листы; при дальнейшем движении вступает в действие обжимка *м*, осаживающая замыкающую головку.

При штифтовой клепке сначала пускают воду в оба цилиндра *и* и *з* и устанавливают обе прижимающие обжимки т. о., чтобы $z-y=x$ точно равнялось длине избытка заклепочного стержня, необходимого для образования головки. В этом случае первыми придут в соприкосновение с листами обе прижимающие обжимки *д* и *к*, и давящие обжимки передвинут штифт так, что длины концов, выступающих по обеим сторонам листов, будут равны. В дальнейшем работа производится совершенно аналогично нормальной клепке. Отвод салазок *б* и *е* назад осуществляется при помощи штока поршня *жс*, кольцевое пространство впереди которого постоянно соединено с напорным водопроводом.

Гидравлич. клепка, при правильном выборе рабочих давлений и продолжительности клепки, является одной из самых надежных, особенно для З. крупных $\varnothing$, при к-рых она превосходит ударную. Однако, неправильности в отношении выбора значений этих двух факторов могут совершенно уничтожить ее преимущества, поэтому над ними необходим самый тщательный контроль. Обычно он осуществляется при помощи самопишущих манометров, регистрирующих как высоту применявшегося давления, так и продолжительность клепки. На крупных зап.-европ. заводах весь контроль клепального процесса бывает централизован в помещении цехового инженера, а рабочий, ведущий клепку, сообразуется при выборе да-

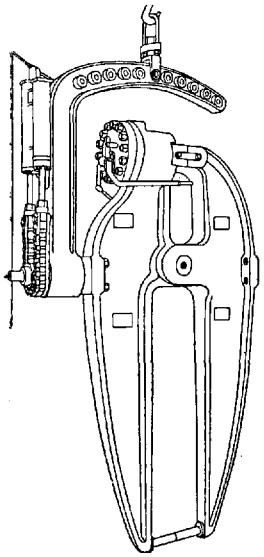
вления и времени зажатия с особыми таблицами; перед его глазами помещены манометр и электрич. секундные часы, стрелка которых пускается в ход автоматически, по достижении давлением в цилиндрах пресса предельной, назначаемой в зависимости от ⌀ З., величины. Производительность гидравлических клепальных машин, по данным ГОМЗЫ, указана в табл. 7.

Табл. 7.—Часовая производительность стационарного гидравлического пресса.

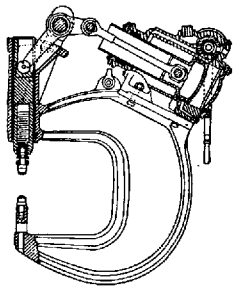
Вид клепки	Диаметр заклепок в *мм*						
	9	12	16	19	22	24	26
Рядовая	143	131	112	100	85	80	74
Групповая	120	111	97	85	75	69	62
Групповая с переходом	85	78	70	59	51	47	42
Подборная	57	52	46	40	35	32	29

Для клепки судов, мостовых сооружений и других громоздких конструкций употребляют переносные клепальные машины. Они делаются обычно упрощенного типа, с одним лишь цилиндром, без особой прижимающей обжимки; в остальном конструкция рабочей части не отличается от конструкции стационарных машин. Иногда, для облегчения клепки в трудно доступных местах, прессовый цилиндр относят на другой конец станины, при чем вся машина получает вид щипцов. На фиг. 14 изображена передвижная машина такого типа в универсальном подвесе, при чем вращение машины вокруг горизонтальной оси совершается двумя вспомогательными гидравлическими поршнями, посредством цепи Галля и зубчатки.

При отсутствии на з-де гидравлич. установки высокого давления прибегают к другим источникам энергии. Пар применяется редко в виду прерывистой работы клепальных машин и вызываемых этим больших потерь на конденсацию в трубопроводах. В котельных цехах часто имеется для пневматического инструмента сеть воздухопроводов с давлением 5—6 *atm*. Т. к. для приведения в действие непосредственно обжимки это давление слишком мало, то прибегают к передаче усилий от рабочего цилиндра к обжимке при помощи рычажного механизма или же гидравлической передачи.

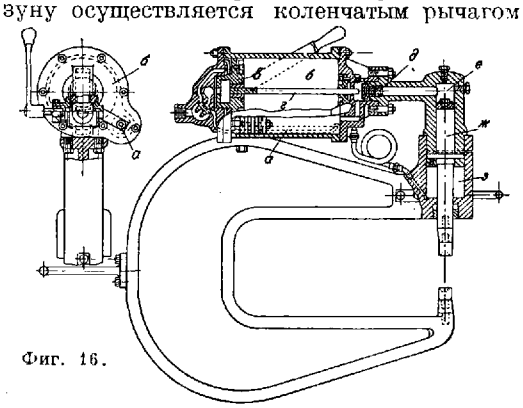


Фиг. 14.

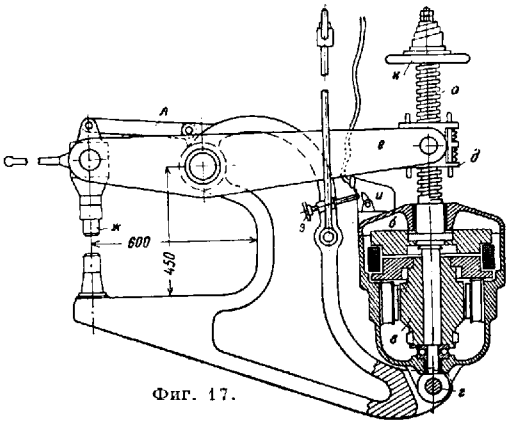


Фиг. 15.

Клепальная машина первого типа изображена на фиг. 15. Передача от поршня к ползуну осуществляется коленчатым рычагом и двумя подвесными серьгами; это устройство имеет то достоинство, что по мере опускания ползуна увеличивается и сила нажатия. Рабочим органом служит дифференциальный поршень, передняя сторона которого является рабочей, а задняя, кольцевая,



Фиг. 16.



Фиг. 17.

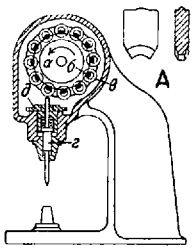
служит для обратного хода. Кольцевой золотник устроен т. о., что нерабочая сторона цилиндра при движении поршня вперед сообщается с напорным воздухопроводом, при чем бо́льшая часть заключающегося в этой полости сжатого воздуха выпускается обратно в воздухопровод; лишь под конец хода, когда необходимо максимальное давление, эту полость сообщают с атмосферой.

Пневматич. клепальная машина с гидравлич. передачей изображена на фиг. 16; передача совершается посредством масла, заполняющего без остатка пространство под поршнем цилиндра *а*, равно как и полость *е*. Для экономии сжатого воздуха здесь применены два отдельных цилиндра *а* и *б*, из к-рых меньший служит для опускания обжимки, а поршень *в* большего приводит в движение плунжер *г*; последний входит через лабиринтовый сальник *д* в полость *е* над прессовым поршнем *жс*, при чем эта полость разобщается таким обр. от цилиндра *а*. Дальнейшее продвижение плунжера вызывает движение обжимки при увеличенном, в прямом отношении площадей поршня и плунжера,

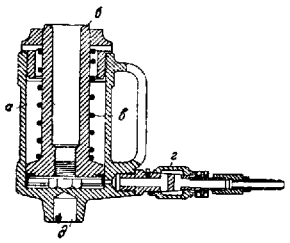
давлении. Для подъема обжимки служит кольцевое пространство *з*.

Электрич. клепальная машина изображена на фиг. 17. Рабочей деталью является винт *а*, соединенный наглухо с одной половиной электромагнитной муфты *б*, играющей вместе с тем роль маховика. Электромотор *в*, качающийся на оси *г*, непрерывно вращается; в нужный момент включают муфту, при чем мотор, вращая винт *а*, через посредство гайки *д* и рычага *е* приводит в действие обжимку *ж*. Весь кожух мотора при этом наклоняется, и в нужный момент винт *з* упирается в рычажок выключателя *и* и выключает муфту, так что последнюю часть пути обжимка совершает лишь под действием сил инерции вращающихся масс. Отвод рычага назад совершается вручную маховиком *к*; серьга *л* служит только для сохранения обжимкой поступательного движения.

На том же принципе, что и электрические, основаны трансмиссионные клепальные машины. Недостатком машин обоих последних видов является невозможность точно назначить и контролировать величину давления на З., что вызывает иногда ненадежное образование головки или же перенапряжение материала листов. Трансмиссионные клепальные машины получили значительное распространение для холодной клепки З.



Фиг. 18.



Фиг. 19.

малого ⌀. Одна из таких машин изображена на фиг. 18. Рабочей частью является быстро вращающийся диск *а*, на окружности к-рого расположен ряд пальцев *б* с сидящими на них с зазором кольцами *в*; последние отбрасываются центробежной силой наружу и ударяют по обжимке *г*; расплющивание головки З. достигается, т. о., целым рядом слабых ударов. Обжимка имеет форму, показанную на фиг. 18, А. Правильность формы головки достигается тем, что обжимка вращается при помощи зубчатого колеса *д*. Число ударов—порядка нескольких тысяч в минуту, так что клепка продолжается всего лишь несколько секунд.

Значительное распространение в клепочном деле получили пневматич. клепальные молотки (см. также *Пневматические инструменты*). Специально клепальные молотки приготовляются различных типов, в зависимости от условий работы и диам. З. В табл. 8 приведены размеры ряда пневматических клепальных молотков завода FMA (б. Покорный и Виттекинд в Франкфурте-на-Майне).



Фиг. 20.

Весьма удобн. является применение пневматической подпорки, изображенной на фиг. 19. Она состоит из цилиндра *а*, служащего основанием, и поршня *б*, несущего поддерживающую обжимку; пружина *в* служит для возвращения поршня в исходное положение. Управление совершается при помощи крана *г*; гнездо *д* служит для вкладывания упором при значительном расстоянии от склепываемой поверхности до точки опоры. Расход воздуха в час—ок. 0,08—0,1 $м^3$ (расход указывается в $м^3$ воздуха, засосанного компрессором). Данные о подпорках приведены в табл. 9.

В кораблестроении для склепывания шпангоутов применяется инструмент, соединяющий в себе подпорку и клепальный молоток (фиг. 20); при особо стесненных условиях клепки и в малых судах подпорку ставят не на одной оси с молотком, а рядом с ним (фиг. 21). Данные об этих молотках приведены в табл. 10.

Табл. 9.—Данные о пневматических подпорках завода FMA.

Наибольший ⌀ З. в *мм*	45	32	26	22
» » поршня в *мм*	130	90	75	65
Ход поршня в *мм*	100	100	100	60
Сила при давлении в 6 *atm* в *кг*	780	380	260	200
Полная длина (минимальная) в *мм*	250	230	225	135
Наименьший шаг З. в *мм*	78	55	47	29
Вес в *кг*	18	10	7	5

Табл. 8.—Данные о пневматических клепальных молотках завода FMA.

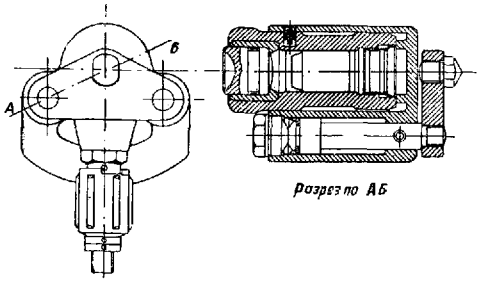
Размеры и производственные данные	Нормальная модель					Облегченная модель		Укороченная модель		Особо сильная модель	
Наибольший ⌀ З. в *мм*	24	27	30	33	36	16	24	22	25	40	45
Полная длина молотка в *мм*	360	410	460	510	560	450	495	280	320	630	670
Вес молотка в *кг*	9	10	11	12	13	8,5	10	8,5	9,5	16	20
Диаметр поршня в *мм*	30	30	30	30	30	27,5	27,5	40	40	35	40
Длина » » »	95	105	115	125	135	120	120	65	65	140	145
Ход » » »	112	152	192	232	272	163	205	70	90	260	255
Расход воздуха в 1 мин. в $м^3$	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,65	0,70	0,8	0,8	1,2	1,4
» » на 1 З. » »	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,10	0,10	0,10	0,12	0,20	0,35
Число ударов в мин.	1 700	1 450	1 200	1 000	800	1 000	800	2 000	1 600	800	800
Диаметр возд. рукава в *мм*	16	16	16	16	16	13	13	16	16	19	19

Неудобства и потери, вызываемые сетью воздухопроводов, вызвали многочисленные попытки соединения в один аггрегат компрессора и рабочего инструмента. Часть таких клепальных машин работает при помощи жидкой связи между поршнем насоса, совершающим колебательные движения, и

Табл. 10.—Данные о комбинированных пневматических клепальных молотках.

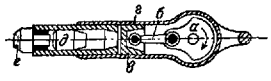
Размеры и производственные данные	Нормальная модель					Укороченная модель	
Наибольший ⌀ З. в *мм* . .	20	22	25	27	30	22	25
Минимальная длина в *мм* .	480	530	580	630	680	220	250
Миним. отстояние оси З. от обшивки в *мм*	42	42	42	42	42	43	55
Диаметр ударного поршня в *мм*	30	30	30	30	30	40	40
Ход ударного поршня в *мм*.	112	152	192	232	272	70	80
Длина » » » »	95	105	115	125	135	55	55
Расход воздуха в 1 мин. в $м^3$	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
» » на 1 З. в $м^3$.	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,15	0,15
Вес в *кг*	12	13	14	15	16	9	9

поршнем клепальной машины, воспринимающим их. Малая сжимаемость жидкостей вызывает нежелательную жесткость всей системы; с другой стороны, при употреблении



Фиг. 21.

в качестве связующего тела газов от длинных трубопроводов слишком сильно затухают колебания. Интересная конструкция пневматич. трансмиссионного молотка изображена на фиг. 22: кривошип *а*, приводимый во вращение от электромотора при помощи гибкого вала, соединен шатуном *б* с поршнем *в*, ходящим в цилиндре *г*; другое дно цилиндра представляет собой молоток *д*, совершающий колебательн. движения под влиянием вызываемых работой поршня сжатий и расширений заключенного в цилиндре воздуха; в конце хода поршень ударяется об обжимку *е*, передающую удары стержню расклепываемой З. Данные о часовой производительности клепальной колонны с пневматич. инструментом (колонна состоит из 2 рабочих и мальчика у горна) приведены в табл. 11.



Фиг. 22.

Табл. 11.—Часовая производительность клепальной колонны при пневматической клепке (по данным ГОМЗЫ).

Вид клепки	Диаметр заклепок в *мм*						
	9	12	16	19	22	24	26
Рядовая	95	87	78	61	49	42	35
Групповая	80	75	62	53	48	36	29
Клепка с переходом	58	53	45	37	29	25	20
Подборная	38	35	29	25	20	18	17
Стесненная и в неудобных местах . .	14	13	11	8	7	6	5

Разборка заклепочных соединений возможна лишь после разрушения склепанных частей или самих З. В том случае, когда части разрушаемого соединения идут на переплавку, бывает выгоднее разрезать непосредственно самые листы; если же части д. б. впоследствии снова склепаны, напр. при ремонте, то удаляют З., срезая одну из головок. Срезывание головок производится зубилом вручную, пневматич. зубилом или при помощи автогенной резки. Для этой цели применяется особой формы горелка, у к-рой режущая струя кислорода направлена параллельно поверхности листа. Автогенная резка является весьма экономичным способом удаления заклепочных головок, т. к. один рабочий в час может срезать 120—150 головок заклепок диаметром 22 *мм*. Часовая производительность одного рабочего с ручным и пневматическ. инструментом при срубке заклепочных головок, в зависимости от диаметра З. приведена в табл. 12.

Табл. 12.—Часовая производительность срубки заклепочных головок (ручная, по данным ГОМЗЫ).

Вид срубки	Диаметр заклепок в *мм*				
	12	16	19	22	25
Ручная срубка рядовая	50	30	25	20	15
Пневматическая срубка рядовая	120	105	90	75	60
Ручная срубка в неудобных местах . . .	19	11	9,5	7,5	5,5
Пневматическая срубка в неудобн. местах . .	50	42	38	32	25

Лит.: Берлов М., Детали машин, вып. 1—12, М., 1921—28; Холмогоров И., Детали машин, ч. 1, М.—Л., 1926; Худяков П. К. и Сидоров А. И., Атлас конструктивных чертежей деталей машин, 3 изд., ч. 1, М., 1899; Бобарыков И. И., Детали машин. Часть общая, М.—Л., 1926; Bach C., Die Maschinenelemente, B. 1, 13 Auflage, Lpz., 1922; Höhn E., Nieten u. Schweissen d. Dampfkessel, B., 1924; Rötscher F., Maschinenelemente, B. 1, Berlin, 1927; Leucker W. u. Hiller H. W., Keil, Schraube, Niet, 3 Auflage, Berlin, 1925; Meerbach K., Die Werkstoffe f. d. Kesselbau, Berlin, 1922; Spalckhaver R. u. Schneiders F., Die Dampfkessel nebst ihren Zubehörteilen u. Hilfseinrichtungen, 2 Auflage, Berlin, 1924; Haeder H., Die Dampfkessel, 7 Auflage, Wiesbaden, 1923; Laudien K., Maschinenelemente, B. 1, 4 Aufl., Lpz., 1925; Krause H., Maschinenelemente, Berlin, 1922; Kröning E. C., Die Pressluftwerkzeuge, 2 Aufl., München—B., 1922; Frémont Ch., Étude expérimentale du rivetage (Mémoires publiés par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale), P., 1906; DIN 1 000, Normalbedingungen f. d. Lieferung v. Eisenbauwerken, B., 1922; Jäger H., Bestimmungen über Anlegung u. Betrieb d. Dampfkessel, B., 1926; Richtlinien f. d. Anforderungen an d. Werkstoff u. Bau v. Hochleistungsdampfkesseln, B., 1926; Werkstoff- u. Bauvorschriften f. Landdampfkessel, B., 1926; Baumann R., Beanspruchung d. Bleche beim Nieten, «Forschungsarbeiten usw.», B., 1922, H. 252; Wyss Th., Beitrag zur Spannungsuntersuchung an Knotenblechen eiserner Fachwerke, ibid., B., 1923, H. 262; «Z. d. VDI», 1892, p. 1141, 1305; ibid., 1894, p. 1231; ibid., 1895, p. 301; ibid., 1898, p. 880; ibid., 1906, p. 1940; ibid., 1911, p. 114, 956, 1358, 1990; ibid., 1914, p. 95, 178; ibid., 1919, p. 555; ibid., 1920, p. 845; ibid., 1924, p. 41; «Engineering», L., 1923, v. 115, p. 727; «Iron Age», N. Y., 1924, v. 113, p. 710; «Mitteilungen d. K.-Wilh. Inst. f. Eisenforschung». Düsseldorf, 1926, p. 135; ibid., 1929, p. 135; «American Machinist», New York, 1924, v. 59, p. 177; «Berichte d. Versuchsfeldes f. Werkzeugmaschinen an d. Technischen Hochschule Berlin», B., 1913, H. 3; «St. u. E.»; «Compressed Air Magazine», N. Y.

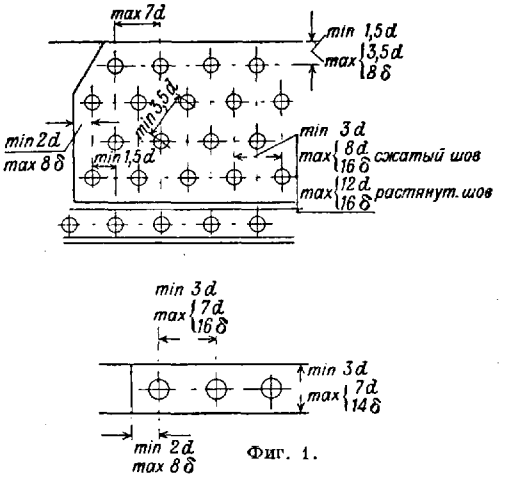
Л. Павлушков.

ЗАКЛЕПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, неразъемные соединения частей машин, паровых котлов, аппаратов и инженерных сооружений при помощи заклепок. В зависимости от требований, которые к ним предъявляются, различают три главных вида З. с.: 1) соединения прочные, от к-рых требуется лишь достаточная сопротивляемость действию внешних сил; употребляются они главным образом в металлич. конструкциях и мостах; 2) соединения прочноплотные, применяемые там, где, кроме механич. прочности, требуется еще достижение непроницаемости для жидкостей или газов; эти З. с. применяются при постройке паровых котлов и вообще резервуаров, подверженных сильному внутреннему или внешнему давлению; 3) соединения плотные, от которых требуется достаточная плотность швов, механическая же прочность обычно получается намного превышающей необходимую по причине незначительности нагрузок; этот род З. с. применяется при склепывании резервуаров, не подвергающихся высоким давлениям (газгольдеры, открытые резервуары для жидкостей). Особняком стоят З. с., применяемые для соединения между собой частей судового набора; невозможность точного учета усилий, действующих в отдельных элементах набора, заставляет пользоваться в этом случае эмпирическими, выработанными долголетней практикой ф-лами и способами расчета.

I. Прочные З. с. применяются гл. обр. в инженерн. сооружениях и служат для передачи усилий от одних элементов к другим.

Расположение заклепок в соединениях. Расстояния между заклепками по длине склепываемых элементов (по направлению действия сил) и в поперечном направлении устанавливаются конструктивными требованиями. Линии, проходящие через центры заклепок одного продольного или поперечного ряда, носят название рисок. Пересечения рисок определяют положение отдельных заклепок. Расстояние между заклепками одного продольного или поперечного ряда называют шагом заклепок. В металлич. конструкциях и мостах при размещении заклепок следует руководствоваться следующими принципами. Т. к. от способа разбивки заклепок зависит бо́льшая или меньшая сложность разметки З. с. на з-де, то для упрощения разметки следует на всем протяжении отдельных элементов сохранять одни и те же продольные риски, не сбивая их в стыках и прикреплениях, а лишь добавляя, в случае необходимости, дополнительные риски. Шаг заклепок также следует по возможности сохранять постоянным в междустыковой части, в стыках же и прикреплениях — применять другой, меньший шаг, находящийся по возможности в простом отношении к основному. Для увязки всех шагов на длине элемента необходимы сбои шага, которые желательно концентрировать в одном месте, напр. в центре узла — для сквозной фермы или в первых шагах после стыка и т. д. Стремление к упрощению разметки не должно производиться за счет удлинения стыковых элементов и фасонок, т. е. за счет увеличения веса конструкции. Расстояния между заклепками выражаются через диаметр заклепок d и толщину склепываемых элементов δ.

В металлических конструкциях обычно предъявляют следующ. конструктивные требования к размещению заклепок. Расстояние между заклепками одного ряда, т. е. шаг заклепок, в направлении действия усилия должен быть не менее $3d$ и не более $8d$ для сжатых и $12d$ для растянутых элементов и, кроме того, для тех и других не более 16δ, где δ — толщина наружного листа пакета. При шахматном расположении заклепок наименьшее расстояние между центрами заклепок по диагонали д. б. равно $3{,}5d$, наименьшее расстояние между рядами (ширина дорожки) при этом д. б. не меньше $1{,}5d$. Расстояние между заклепками в крайних рядах листов или полос, при отсутствии окаймляющих уголков, д. б. не более $7d$. В стыках наибольшее расстояние между заклепками не д. б. более $8d$. Выбор величины шага заклепок в пределах междустыковой части



Фиг. 1.

производится в указанных выше пределах, при чем увеличение этого шага уменьшает стоимость, но возможно лишь до указанных выше пределов, т. к. увеличение расстояний между заклепками уменьшает плотность соединения. В стыках желательно возможное уменьшение шага, т. к. этим укорачиваются дополнительные элементы в соединениях. Расстояние от центра первой заклепки до края элемента в направлении действия усилия д. б. не меньше $2d$ и не более 8δ. В направлении, перпендикулярном к направлению действия усилия, расстояние это д. б. не менее $1{,}5d$ и не более $3{,}5d$ и 8δ. Увеличение расстояния до края листа сверх указанных норм может вызвать отставание листов. Приведенные выше правила расположения заклепок в соединениях показаны на фиг. 1.

В мостах З. с. должны удовлетворять следующим требованиям. Наименьшее расстояние между центрами заклепок как в продольном, так и в поперечном направлениях не д. б. меньше $3d$. При шахматном расположении заклепок наименьшее расстояние между центрами заклепок по диагонали равно $3{,}5\frac{d}{\delta_1}$, но не меньше $3d$ (где δ_1 — толщина наиболее

тонкого из склепываемых элементов в *см*). Наибольший шаг заклепок в крайних рядах склепываемого пакета не должен превышать $7d$ или 16-кратной толщины наружного листа пакета. При наличии окаймляющих уголков с шахматным расположением заклепок указанный шаг вдоль каждой риски удваивается. В сжатых элементах расстояние между связующими заклепками не должно превосходить в продольном направлении 16-кратной толщины наружного листа пакета, а в поперечном направлении—24-кратной. В растянутых элементах продольный и поперечный шаги связующих заклепок не должны превышать 24-кратной толщины наружного листа.

Расположение заклепок в уголках м. б. однорядное или двухрядное в шахматном порядке; последнее возможно в уголках с шириной полок ≥ 120 *мм*. Расстояние рисок от обушка (точки *a*) уголка (фиг. 2) назначается для различных калибров т. о., чтобы было возможно производить клепку; для этого необходимо, чтобы:

$$e \geq \frac{D}{2} + \delta + 8\ мм$$

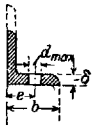
и

$$e \geq \frac{D}{2} + r + \delta .$$

Эти требования необходимо иметь в виду также в стыках уголков, если для удобства разметки риска в основных уголках не сбивается. Относительное расположение заклепок в двух полках уголка м. б. в шахматном порядке или друг против друга. Расположение заклепок друг против друга несколько облегчает разметку, но напрасно ослабляет сечение уголка. Наименьшее расстояние между заклепками, расположенными в противоположных полках уголка, определяется условием возможности расположения обжимки. Данные о расположении заклепок в уголках приведены в табл. 1.

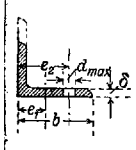
Табл. 1.—Данные о распределении заклепочных отверстий в уголках.

Однорядное расположение заклепок



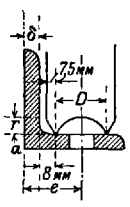
b	δ	e	d_{max}
40	6, 8	25	10
50	5, 6, 7, 8, 10	30	12
60	6, 7, 8, 10	35	17
65	6, 8, 10	35	20
75	6, 8, 10	45	20
75	12	50	23
80	6, 8, 10	45	20
80	12	50	23
90	8, 10, 12	50	20
90	14	55	23
100	8, 10, 12, 14, 16	60	23
120	10, 12, 14, 16	65	26

Двухрядное расположение заклепок



b	δ	e_1	e_2	d_{max}
120	10, 12, 14, 16	55	85	23
130	10, 12, 14, 16	55	90	23
140	12, 14	60	100	26
140	16	65	100	26
150	12, 14	60	110	26
150	16	65	110	26
150	18	70	110	26
160	12, 14	60	115	26

Расчет стыков простых сечений. При передаче усилий заклепка испытывает следующие напряжения: 1) срезывание по плоскостям возможного скольжения частей соединения, при чем заклепка одновременно может срезываться по одной, двум и больше плоскостям. В зависимости от этого заклепки носят название односрезных, двусрезных и т. д.; 2) сжатие по поверхности соприкасания со склепываемым элементом в заклепочной дыре (смятие); 3) добавочное растяжение стержня в тех случаях, когда сила действует по оси заклепки, и 4) напряжения, которые возникают от изгиба стержня заклепки.



Фиг. 2.

Сопротивление одной заклепки срезыванию принимается равным

$$s_{ср.} = k\frac{\pi d^2}{4} R_{ср.},$$

где k—число срезов, d—диаметр заклепки, $R_{ср.}$—допускаемое напряжение на срезывание материала заклепки; обычно берут $R_{ср.} = 0{,}8R_0$, при чем R_0—допускаемое напряжение материала данного стержня на растяжение. Сопротивление одной заклепки смятию принимается равным

$$s_{см.} = d\delta R_{см.},$$

где δ—наименьшая из толщин сминаемых листов, $R_{см.}$—допускаемое напряжение материала заклепки на смятие; обычно $R_{см.} = 2R_0$. Сопротивление отрыву головки принимается равным

$$s_{от.} = \frac{\pi d^2}{4} R_{от.},$$

где $R_{от.} = 0{,}6R_0$ — допускаемое напряжение заклепки на отрыв головок. Вопрос отрыва головок мало изучен, хотя встречается довольно часто в конструкциях проезжей части. Работы заклепок на отрыв головок следует по возможности избегать в виду ее ненадежности, хотя это вызывает часто неудобства при сборке конструкций. Сопротивление заклепки изгибу хотя и имеет место при ее работе, однако, в расчет обычно не принимается. При расчете З. с. исходят из следующих предпосылок. 1) Усилие, передающееся через заклепки с одного элемента сечения на другой, равномерно распределяется между всеми заклепками, независимо от их расположения. 2) Напряжение распределяется равномерно между всеми элементами стыка, прикрепленными достаточным числом заклепок; усилия в накладках прямо пропорциональны их площади (закон площадей). Эту предпосылку нельзя считать общепризнанной. Нек-рые авторы противопоставляют ей другую предпосылку, к-рая говорит, что усилия, передающиеся на накладки двусторонне перекрытого элемента, обратно пропорциональны расстояниям от стыкуемого элемента до накладок (закон плеч). Наконец, в самое последнее время выдвигается предпосылка, говорящая, что усилия, которые передаются на накладки двусторонне перекрытого элемента, обратно пропорциональны расстояниям от стыкуемого элемента до накладок и прямо пропорциональны площадям накладок (закон

приведенных плеч). 3) Если группа заклепок прикрепляет несколько элементов сечения, то заклепки этой группы передают усилия от всех прикрепляемых ими элементов. До сих пор число заклепок в ряду по направлению усилия принято было ограничивать 5—6. Теперь наблюдается стремление не ограничивать это число, в виду возникающих при этом конструктивных затруднений. При передаче усилия с одного элемента на другой через третьи элементы (посредственная передача усилия) количество заклепок, передающих это усилие, принято увеличивать на 33% на каждый промежуточный элемент по ф-ле $n' = n\left(1 + \frac{m}{3}\right)$, где n'—необходимое число заклепок, n—нормальное число заклепок, m—число промежуточных листов.

Табл. 2.—Значения коэффициентов μ_1 и μ_2.

d в мм	μ_1	Значения μ_2 при δ (в мм) равной								
		8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	0,551	0,368	0,327	0,294	0,267	—	—	—	—	—
20	0,398	0,313	0,278	0,250	0,227	0,208	—	—	—	—
23	0,301	0,272	0,242	0,217	0,198	0,181	0,167	0,155	—	—
26	0,235	0,240	0,214	0,192	0,175	0,160	0,148	0,137	0,128	0,120

На практике принято пользоваться двумя способами расчета необходимого числа заклепок: 1) расчетом по усилию, 2) расчетом по площади. Расчет по усилию вытекает из первой предпосылки расчета:

$$n = \frac{S}{s},$$

где n—необходимое число заклепок, S—передаваемое усилие, s—усилие, передаваемое одной заклепкой. Т. к. заклепка работает одновременно и на смятие и на срезывание, то число заклепок определяют по наименьшему ее сопротивлению, т. е., для того чтобы получить n, следует брать s_{min}. Расчет числа заклепок по площади вытекает из принципа равнопрочности З. с. и стержня. Наибольшее усилие, к-рое может передавать данный растянутый элемент,

$$S_{max} = \omega_{nt} R_0$$

и сжатый

$$S_{max} = \varphi \omega_{br} R_0,$$

где ω_{br}—полная площадь стыкуемого элемента, ω_{nt}—площадь стыкуемого элемента за вычетом заклепочных отверстий, φ—коэффициент уменьшения основного допускаемого напряжения в сжатых элементах от продольного изгиба. Число заклепок *

$$n = \frac{S_{max}}{s} = \frac{\omega_{nt} R_0}{s};$$

подставив для s его значения, получим для срезывания:

$$n = \frac{\omega_{nt} R_0}{k \frac{\pi d^2}{4} 0{,}8 R_0} = \frac{1}{k \cdot 0{,}2\,\pi d^2}\,\omega_{nt} = \frac{1}{k}\,\mu_1 \omega_{nt},$$

или число необходимых срезов

$$kn = \mu_1 \omega_{nt};$$

для смятия получим:

$$n = \frac{\omega_{nt} R_0}{2 d \delta R_0} = \frac{1}{2 d \delta}\,\omega_{nt} = \mu_2 \omega_{nt};$$

μ_1 зависит от диаметра заклепок, μ_2—от диаметра заклепок и наименьшей толщины смятия. Зависимости между коэффициентами μ и величинами d, δ даны в табл. 2.

Самым употребительным способом расчета заклепок является расчет по площади. Однако, во второстепенных элементах и стержнях, в к-рых запасы являются неизбежными в силу конструктивных соображений, и если притом запасы очень велики, расчет заклепок ведут по усилию.

Расчет стыков сложных сечений. При стыковании или прикреплении стержней мостов, состоящих б. ч. из **Т-**, **П-**, **Н-** и][-образного сечений, прибегают либо к стыкам универсальным, где стык стержня происходит в одном сечении, либо к стыкам разбросанным, где все элементы сечения стыкуются в разных местах, либо, наконец, к стыкам смешанным, где только часть элементов стыкуется в одном сечении. В интересах сборки монтажные стыки, где только возможно, следует делать универсальными, далее—смешанными и только в крайнем случае—разбросанными; при проектировании следует обращать внимание на возможную легкость сборки монтажных стыков. Затрудняют сборку т. н. вилки, т. е. тот случай, когда один элемент сечения приходится всовывать между другими. Следует избегать длинных торчащих элементов, неизбежных в разбросанных стыках и легко повреждаемых при перевозке и сборке. При перекрытии стыков надо стремиться к тому, чтобы все элементы стыка были перекрыты полностью. Всякое неполное перекрытие ведет к увеличению местных перенапряжений, которыми и без того богато всякое заклепочное соединение в стыке. Следует стараться не делать дополнительного ослабления в стыках, хотя бы за счет незначительного удлинения стыка.

Обозначим для универсального стыка через n_1—число дыр заклепок по нормальному ослаблению пакета (по первому ряду накладки), $\sum_1^{a-1} n_i$—полное число заклепок до исследуемого ряда a, n_a—число заклепок в исследуемом ряду, ω—сечение брутто пакета, δ—толщину склепки без накладок в *см*, d—диаметр заклепочной дыры в *см*, ω'—площадь заклепки (по срезыванию или смятию) в *см*^{2}, β—отношение допускаемого напряжения заклепки к допускаемому напряжению стержня, R_0—допускаемое напряжение стержня. Напряжение стержня в исследуемом ряду будет равно

$$R \geqslant \frac{(\omega - n_1 d\delta) - \sum_1^{a-1} n_i \omega' \beta}{\omega - n_a d\delta} R_0,$$

откуда дополнительный вычет в ряду a будет равен

$$\Delta n_a = n_a - n_1 \leqslant \frac{\omega' \beta \sum_1^{a-1} n_i}{d\delta}.$$

* В последующих рассуждениях мы всегда будем иметь в виду, что ω_{nt} в растянутых элементах заменяется $\varphi\omega_{br}$ в сжатых.

при чем для срезывания

$$\omega'\beta = 0{,}8\,k\,\frac{\pi d^2}{4} = \frac{1}{\mu_1},$$

и для смятия

$$\omega'\beta = 2d\delta_0 = \frac{1}{\mu_2},$$

где δ_0—толщина смятия. Окончательно, дополнительный (относительно первого ряда) вычет в ряду a будет равен

$$\Delta n_a \leqslant \frac{1}{\mu\,\omega_g}\sum_{1}^{a-1} n_i,$$

полагая, что $\omega_g = d\delta$. Предельным числом ослабления будет то число заклепок, к-рое можно поставить при наиболее густом их расположении. Исходя из предельного ослабления, можно назначить толщину накладок так, чтобы сечение листа по первому ряду заклепок непосредственно у стыка имело предельное ослабление. Это будет иметь место при соблюдении равенства

$$\omega' - \omega = n'd\delta' - nd\delta,$$

где n—число дыр ослабления стержня по первому ряду прикрепления накладок, n'—число дыр ослабления стержня по первому ряду непосредственно у стыка, ω и δ—площадь и толщина стержня вне стыка, ω' и δ'—площадь и толщина стержня в стыке. Если ширину пакета примем равной b и, следовательно,

$$\omega = b\delta,\quad \omega' = b\delta',$$

то толщина накладок определится из условия $\delta' = A\delta$, где $A = \frac{b - nd}{b - n'd}$, а разность толщин накладок и стыкуемого элемента $\Delta\delta = (A - 1)\delta$. При шахматном расположении заклепок и при частом расположении вертикальных рисок, что особенно часто имеет место в стыках, следует иметь в виду, что возможный разрыв сечения может произойти не по вертикальному ряду заклепок, а по зигзагу, в виду того что площадь сечения по вертикальному ряду может оказаться больше площади сечения по зигзагу. Если длина зигзагообразной линии меньше прямой, то разность между ними учитывают в виде дополнительного вычета:

$$\Delta = nd - m\,(\sqrt{c^2 + a^2} - e),$$

где m—число возможных зигзагов, n—число заклепок в ряду, ближайшем к рассматриваемому, Δ—дополнительный вычет, e—поперечный и a—продольный шаг заклепок. Отрицательное значение Δ указывает на то, что дополнительного вычета делать не следует. На основании этой же формулы можно определять дополнительный вычет в уголках.

Соединение элементов, сопротивляющихся осевым усилиям. В стыках элементов возможны два способа перекрытия: одностороннее и двустороннее. Двустороннее перекрытие может быть симметричным, когда внешняя и внутренняя накладки равны по толщине и ширине, и несимметричным. Симметричное перекрытие работает лучше, т. к. при нем нет дополнительного изгиба в стыке. При перекрытии какого-либо стыкуемого элемента стержня напряжение в стыке будет $R = aR_0$, где

$$a = \frac{\Sigma\omega_{nt}}{\Sigma\omega_{nt} - \omega_i + \Sigma\omega'},$$

при чем ω_{nt}—площадь любого из входящих в состав сечения элементов, ω_i—площадь перекрываемого элемента и ω'—площади накладок. При перекрытии одного элемента двумя накладками разной толщины наибольшее усилие в одной накладке будет

$$S_1' = \omega_1' a R_0$$

и число заклепок для ее прикрепления (по срезыванию)

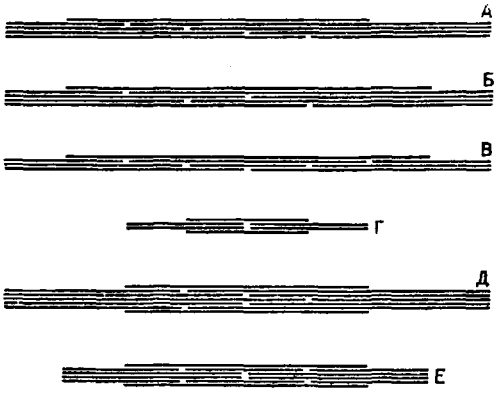
$$n_1 = a\mu_1\omega_1';$$

для прикрепления другой накладки число заклепок равно

$$n_2 = a\mu_1\omega_2.$$

На смятие заклепки будут сильнее всего работать в местах действия наибольших напряжений. В данном случае наибольшее смятие будет иметь место в части заклепки, лежащей в стыкуемом элементе. Число заклепок (по смятию) будет равно $n = a\mu_2\omega_1$, где ω_1—площадь листа.

Для перекрытия пакетов листов имеется много типов стыков. При одностороннем перекрытии возможны стыки: простые ступенчатые (фиг. 3, А); перекрестные ступенчатые (фиг. 3, Б); раздвинутые ступенчатые (фиг. 3, В). Наиболее целесообразны в сборке простые стыки: простые и раздвинутые ступенчатые; однако, раздвинутый ступенчатый стык при большом числе листов в пакете делается слишком длинным, а потому неэкономным.



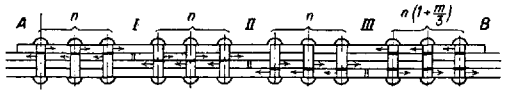
Фиг. 3.

При двустороннем перекрытии возможны также все указанные стыки. К ним нужно добавить стыки совмещенные [если в пакете имеется не более 2 листов (фиг. 3, Г)], стык в елку (фиг. 3, Д), неудобный в сборке, и раздвинутый стык в елку (фиг. 3, Е). Последний особенно целесообразен при двустороннем перекрытии стыков в виду того, что недостаток одностороннего раздвинутого ступенчатого стыка—большая длина—пропадает. Работа ступенчатого стыка схематически м. б. представлена следующим образом (фиг. 4): 1-й лист пакета передает свое усилие накладке посредством заклепок зоны A—I; 2-й лист передает свое усилие 1-му листу посредством заклепок зоны I—II, и т. д.; наконец, накладка через заклепки зоны III—B передает свое усилие через толщу всего пакета последнему листу. Посредственная передача усилия не имеет

места в раздвинутых ступенчатых стыках, что является большим их достоинством. Если все листы пакета имеют одну толщину, то число заклепок в любой зоне, кроме последней, определяется так, как если бы у нас два листа стыковались внахлестку, т. е. по формуле:

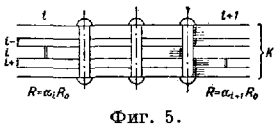
$$n = a\mu\omega_{мт};$$

коэфф. $a<1$ тогда, когда накладка имеет площадь нетто больше площади нетто перекрываемого листа. Число заклепок последней зоны увеличивается по формуле, данной



Фиг. 4.

выше для передачи усилия через промежуточные элементы. Общий случай одностороннее перекрытого ступенчатого стыка будет тот, когда листы, входящие в состав пакета, имеют различную толщину. В этом случае накладку принято ставить толщины не меньшей, чем толщина самого толстого листа пакета. Напряжения во всех стыках будут разные: в 1-м стыке возможное наибольшее напряжение равно a_1R_0, во 2-м—a_2R_0, в любом—a_iR_0. Определим число заклепок, к-рое необходимо поставить в зоне i, $i+1$ (фиг. 5). Пусть в нашем случае $\omega_i > \omega_{i+1}$. Очевидно, тогда $a_i > a_{i+1}$. Заклепками исследуемой зоны с листа i снимается усилие $\omega_i\, a_{i+1}\, R_0$, а с листа $i+1$ снимается усилие $\omega_{i+1}\, a_iR_0$. Кроме того, в данной зоне все остальные листы, кроме листов i и $i+1$, сдают усилие, равное $(\Sigma\omega - \omega_i - \omega_{i+1})(a_i - a_{i+1})R_0$, через те же заклепки. Из приведенного чертежа (фиг. 5) видно, что заклепки рассматриваемой зоны листом i сминаются силой $\omega_i\, a_{i+1}R_0$, а листом $i+1$ сминаются силой $\omega_{i+1}\, a_i\, R_0$; каждый же прочий лист сминает их силой $\omega\,(a_i - a_{i+1})R_0$. Наибольшее напряжение смятия имеется в наиболее тонком из стыкуемых листов. Число заклепок (по смятию) определится из уравнения:



Фиг. 5.

$$n = \mu_2\, a_i\, \omega_{i+1}.$$

На срезывание те же заклепки работают по двум плоскостям: 1) по плоскости, отделяющей лист i от листа $i-1$, и 2) по плоскости, отделяющей лист i от листа $i+1$. При этом в первом случае заклепки срезаются силой

$$(a_i - a_{i+1})R_0 \sum_{1}^{i-1} \omega,$$

где $\sum_{1}^{i-1} \omega$—суммарная площадь листов, лежащих выше листа i (с учетом накладок), а во втором случае они срезаются силой

$$\left[a_i\, \omega_{i+1} + (a_i - a_{i+1}) \sum_{i+2}^{k} \omega \right] R_0,$$

т. е. от совместного действия листа $i+1$ и всех нижележащих листов. Опасным является второй случай, и поэтому необходимое число заклепок в исследуемой зоне (по срезыванию) определится из условия:

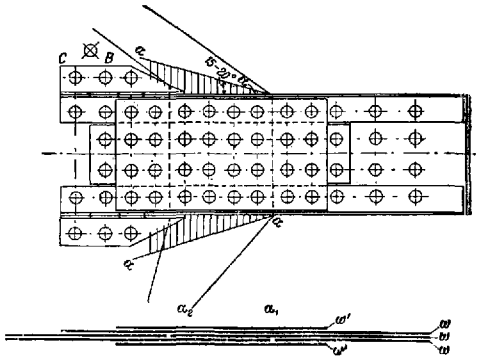
$$n = \mu_1 \left[a_i\, \omega_{i+1} + (a_i - a_{i+1}) \sum_{i+2}^{k} \omega \right].$$

Если лист i будет тоньше листа $i+1$, то все наши соображения останутся справедливыми, стоит лишь в стыке соответственно изменить порядок нумерации листов на обратный.

При стыковании и прикреплении сложных сечений (фиг. 6) отдельные группы заклепок следует поверять на работу от совместного действия, согласно 3-й предпосылке расчета З. с. Если стык применен ступенчатый, то коэфф. a в сечении по стыку какого-либо элемента i определяется по обычной формуле:

$$a_i = \frac{\Sigma\omega}{\Sigma\omega - \Sigma\omega_i + \Sigma\omega' + \Sigma\omega''},$$

где $\Sigma\omega$—площадь стержня до стыка, $\Sigma\omega_i$—площадь стыкуемых элементов, $\Sigma\omega'$—площадь накладок, $\Sigma\omega''$—площадь прокладок.



Фиг. 6.

Если в сечение по стыку входит фасонный лист, к к-рому приклепывается сечение, то при определении коэффициента a следует считать, что фасонка частично участвует в работе стержня, при чем зона, вовлекаемая в работу, постепенно увеличивается примерно под углом 15—20° (a—a на фиг. 6). Пусть какая-либо накладка прикрепляется заклепками числом n' и прокладка, работающая с ней совместно, числом n''; числа n' и n'' должны удовлетворять условию, чтобы заклепки, прикрепляющие как накладку, так и прокладку, не были перенапряжены от совместного действия этих элементов, т. е. чтобы

$$s' + s'' \leqslant \frac{0{,}8\,\pi d^2 R_0}{4},$$

где $s' = \frac{a\omega' R_0}{n'}$ — усилие, приходящееся на заклепку с накладки, и $s'' = \frac{a\omega'' R_0}{n''}$ — усилие, приходящееся на эту же заклепку с прокладки. Отсюда

$$\mu_1 a \left(\frac{\omega'}{n'} + \frac{\omega''}{n''} \right) \leqslant 1.$$

Если совместно с накладкой сдаст часть своего усилия на заклепки, прикрепляющие накладку, какой-либо элемент площади ω_x, в силу изменения в нем напряжения в отношении $a:1$, то усилие, приходящееся на заклепку, равно

$$s = \frac{\omega' R_0}{n'} a + \frac{\omega_x R_0}{n_x}(1-a),$$

при чем n_x—число заклепок, посредством которых элемент ω_x сдает часть своего усилия, равную

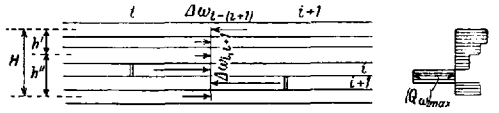
$$\Delta S_x = \omega_x R_0 (1 - \alpha) .$$

В остальном расчет прикрепления ничем не отличается от расчета, изложенного при рассмотрении ступенчатого стыка. Если при расчете окажется, что в зоне B—C необходимое число заклепок, прикрепляющих уголки, не размещается в виду работы части их на совместное действие уголков и верхней накладки, то прибегают к постановке коротышей. Т. к. на коротышах заклепки работают довольно плохо, то для того, чтобы втянуть в работу все заклепки, связывающие коротыш с фасонкой, число заклепок, прикрепляющих коротыш к основному уголку, увеличивают в 1,5—2,0 раза.

Америк. инженер Waddell предлагает другой способ расчета заклепочных соединений в сложных стыках. При расчете распределения нагрузок по отдельным элементам стыка он исходит из предпосылки, что заклепка в стыке работает как балка. Она опирается на опоры—накладки и нагружена усилиями отдельных элементов сечения, сдающих усилия в стыке. Усилия, передающиеся на накладку, определяются по закону рычага как опорные реакции балки, лежащей на двух опорах, по ф-ле:

$$S' = \frac{1}{H} \sum Sh ,$$

где S'—усилие в накладке, S—усилие, сдаваемое одним элементом, h—расстояние оси этого элемента до противоположной накладки, H—расстояние между осями накладок. Расчет ведется по площадям, т. е. в предположении, что напряжение в элементах до стыка равно 1. Обозначим (фиг. 7) через:



Фиг. 7.

ω_i—усилие какого-либо элемента, выраженное в площади; $\Delta\omega_i$—усилие, выраженное в площади, к-рое сдает или принимает лист в исследуемой зоне; h_i''—расстояние от оси соответственного элемента до оси накладки, противоположной той, в которой определяется усилие; $\omega'_{i,i+1}$ и $\omega''_{i,i+1}$—усилия в накладках в исследуемой зоне, выраженные в площади; $\Delta\omega'_{i,i+1}$ и $\Delta\omega''_{i,i+1}$— приращения усилия в накладках в исследуемой зоне, выраженные в площади. Тогда в какой-либо зоне i, $i+1$ накладка передает усилие, выраженное в площади:

$$\omega'_{i,i+1} = \omega'_{i-1,i} + \Delta\omega'_{i,i+1} = \omega'_{i-1,i} + \frac{\Sigma \Delta\omega_i' h_i'}{H} ,$$

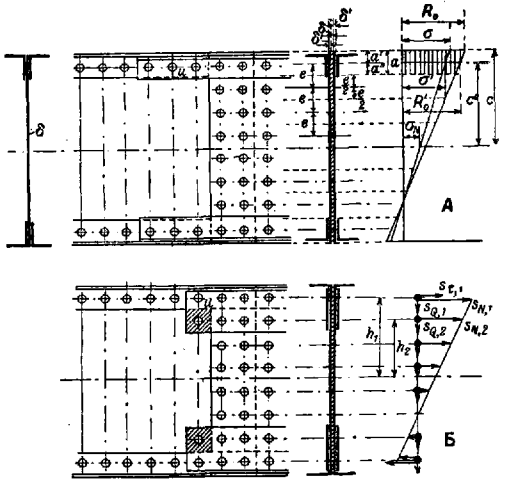
при чем знак Σ распространяется на все листы, исключая накладки. Усилие, передаваемое другой накладкой, выраженное в площади, будет равно:

$$\omega''_{i,i+1} = \sum_1^k \Delta\omega - \omega_{i,i+1} ,$$

где k—число всех элементов в стыке (без накладок). Перед $\Delta\omega$ ставится знак (+), если лист сдает усилие, и знак (—), если лист принимает усилие. Между листами исследуемой зоны возникают усилия площади, равные поперечным силам заклепки, рассматриваемой как простая балка и нагруженной усилиями-площадями отдельных элементов. Так, между листами i и $i+1$ передается усилие, выраженное в площади,

$$Q_\omega = \omega_i^{(i+1)} = \omega'_{i,i+1} - \sum_1^i \Delta\omega .$$

Количество заклепок в исследуемой зоне определяется на срезывание по наибольшему поперечному усилию между листами. На



Фиг. 8.

смятие заклепки поверяются по тому листу, с к-рого стекают наибольшие напряжения. Расчет ведется по обычным ф-лам:

$$n = \mu\omega .$$

Waddell рекомендует в накладках давать запас в 10%.

Соединения, работающие на изгиб и осевое усилие. При стыковании сечений, работающих на изгиб и продольную силу, возможны два способа расчета З. с. Первый способ исходит из предпосылки, что в стыке напряжения в отдельных сечениях подчиняются плоскостному закону (фиг. 8, А). Второй способ исходит из предположения линейного закона распределения нормальных напряжений на отдельные заклепки (фиг. 8, Б).

Первый способ (фиг. 8, А). Если в сечении стыка действуют момент M, поперечная сила Q и продольная сила N, нормальные напряжения в центре тяжести сечения равны σ_N и у крайней фибры на расстоянии c от центра тяжести равны σ, то напряжение у крайнего ряда заклепок на расстоянии c' от центра тяжести будет

$$\sigma' = \sigma_N + (\sigma - \sigma_N) \frac{c'}{c} .$$

При полном использовании сечения это напряжение может возрасти до

$$R_0' = \sigma' \frac{R_0}{\sigma} ,$$

где R_0—наибольшее допускаемое напряжение у крайней фибры. Напряжение R_0', просуммированное по ширине полосы a,

охватывающей расстояние от крайней фибры до середины шага между заклепками крайнего и последующего рядов, и по толщине стенки δ, дает нормальное усилие, которое передается со стенки через крайний ряд заклепок; сила эта равна

$$S_N = a\delta R_0' .$$

Кроме этой силы, через эти же заклепки передается касательная сила от стремления уголков сдвинуться относительно стенки; сила эта равна

$$S_T = Q\frac{L}{I}u ,$$

где u—шаг поясных заклепок, I—момент инерции брутто всего сечения, L—статич. момент той части сечения, к-рая стремится сдвинуться по стенке. Необходимое число заклепок по крайнему ряду будет

$$n = \frac{S_N + S_T}{s} ,$$

где s—сопротивление одной заклепки срезыванию или смятию. В случае универсального стыка, изображенного на фиг. 8, А, число заклепок во всех последующих рядах равно числу заклепок по крайнему ряду. В случае же перекрытия стыка, изображенного на фиг. 8, Б, число заклепок в последующих рядах м. б., очевидно, уменьшено до величины

$$n = \frac{S_N}{s} .$$

По второму способу расчета полагают, что распределение усилий между отдельными рядами заклепок подчиняется линейному закону. Обозначим часть общей нагрузки, передаваемую вертикальн. стенкой, через $M_{ст.}$, $N_{ст.}$ и $Q_{ст.}$; тогда на заклепку крайнего ряда стыка стенки (фиг. 8, Б) будут действовать силы: 1) продольная, возникающая от нормальных напряжений,

$$s_{N,1} = \left(\frac{M_{ст.}}{W} + \frac{N_{ст.}}{\Sigma\omega}\right)\omega ,$$

где W—момент сопротивления заклепочных площадей, ω—площадь заклепки, сопротивляющаяся срезыванию или смятию, и $\Sigma\omega$—сумма площадей заклепок, сопротивляющихся действию силы $N_{ст.}$; 2) поперечная, возникающая от действия скалывающих усилий в плоскости, перпендикулярной оси стержня,

$$s_{Q,1} = \frac{Q_{ст.}}{\Sigma\omega}\omega ,$$

и 3) продольная, от скалывающих напряжений в плоскости, параллельной оси стержня,

$$s_{\tau,1} = \frac{QL}{I}u .$$

Напряжение в заклепках крайнего ряда

$$R_1 = \frac{1}{\omega}\sqrt{(s_{N,1} + s_{\tau,1})^2 + s_{Q,1}^2} .$$

Если при этом положить, что $R_1 = 0{,}8R$ при срезывании и $R_1 = 2R$ при смятии, при чем R—наибольшее действительное напряжение в сечении от действия момента M и сил N и Q, то принцип равнопрочности соблюден. Момент сопротивления заклепочных сечений

$$W = \frac{1}{h_1}\sum n\omega h^2 ,$$

где n—число заклепок в ряду, h_1—расстояние от ц. т. сечения до крайнего ряда и h—расстояние от ц. т. сечения до любого ряда. Если число заклепок во всех рядах одинаково, число горизонтальных рядов равно m и расстояние между ними тоже одинаково, то приближенно

$$W = \frac{1}{3}mn\omega h_1 .$$

Сечения, работающие на изгиб, обыкновенно состоят из вертикального листа, поясных уголков и горизонтальных листов. При перекрытии только вертикальной стенки, при условии, что на все сечение действуют момент M и силы N и Q, на стенку передается следующая часть общих усилий:

$$M_{ст.} = M\frac{I_{ст.}}{I} ; \quad N_{ст.} = N\frac{\omega_{ст.}}{\omega} ; \quad Q_{ст.} = aQ ,$$

где I—момент инерции всего сечения относительно нейтральной оси, $I_{ст.}$—момент инерции стенки относительно нейтральной оси, ω—площадь всего сечения, $\omega_{ст.}$—площадь сечения стенки (все данные брутто). Коэффициент поперечной силы

$$a = \frac{y_b L_b - y_a L_a + I_{a,b}}{I} ,$$

где y_a и y_b—расстояния от ц. т. сечения до краев стенки, L_a и L_b—статич. моменты сечений стенки выше и ниже нейтральной оси и $I_{a,b}$—момент инерции стенки (все данные—относительно ц. т. сечения). В симметричном сечении

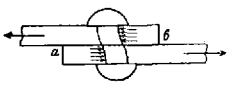
$$a = \frac{I_{ст.}}{I} .$$

При расчете прикрепления продольных балок к поперечным и поперечных балок к фермам все эти принципы остаются в силе. Иногда пользуются упрощенным способом расчета, заключающимся в том, что в местах прикрепления продольных балок к поперечным и поперечных балок к фермам необходимое число заклепок определяют по поперечной силе, пользуясь ф-лой

$$n = \frac{k \cdot Q}{s} ;$$

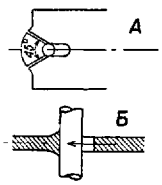
при этом коэффициент k принимают равным от 1,2 до 1,4.

Условия работы заклепки в З. с. Заклепка, соединяющая два или несколько листов между собой, под действием усилий, передаваемых склепанными листами, испытывает сложную деформацию, слагающуюся из следующих элементарных деформаций: 1) изгиба заклепочного стержня под влиянием действующих на него нагрузок; 2) деформации от срезывания заклепочного стержня по плоскости a—$б$ (фиг. 9); 3) растяжения заклепки вдоль оси, имеющего весьма слабое влияние и возникающего благодаря искривлению заклепочного стержня под влиянием действующих усилий; 4) смятия в месте касания заклепочного стержня со стенками дыры. Относительное влияние двух основных деформаций заклепки (изгиба и срезывания) на условия работы соединения зависит в сильной степени от конструктивной формы З. с., соотношения между размерами отдельных элементов соединения и т. д. Существование деформации изгиба заклепочного стержня доказано изучением заклепок, извлеченных из разрушенных соедине-



Фиг. 9.

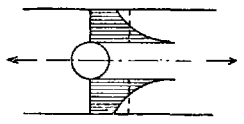
ний (опыты Höhn'a); при этом оказалось, что менее всего изогнуты односрезные, более сильно—двусрезные и наиболее сильно—двусрезные с потайными головками. Общепринято вести расчет З. с. на срезывание, т. к. разрушенные соединения всегда являют картину срезанных заклепочных стержней. Однако, более внимательное изучение действительных условий работы З. с. показывает, что заклепки работают, кроме того, и на изгиб. Особенно это касается той стадии работы заклепок, когда после наступления первых сдвигов элементов З. с. наступает уже непосредственная передача усилий стержнем заклепки. Сказанное подтверждается также формой зависимости сдвигов З. с. от нагрузки, более напоминающей законы изменения изгиба заклепочных стержней, нежели деформаций срезывания. Широко применяемый на практике расчет заклепок на срезывание должен рассматриваться, т. о., как условный, т. к. в действительной работе заклепок существенное влияние имеет также их изгиб. Под влиянием сминающих напряжений, возникающих в местах касания листов с заклепочным стержнем, заклепочное отверстие деформируется, принимая удлиненную форму. Величина этих деформаций зависит от напряжения на смятие в З. с., определяемого величиной нагрузки, толщиной листов и диаметром заклепок, а также от расстояния З. с. до края листа.



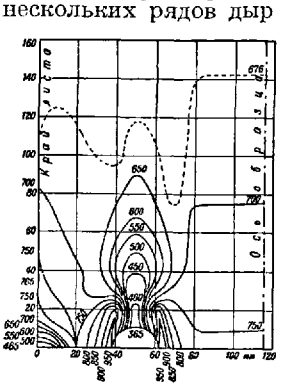
Фиг. 10.

Под действием нагрузки наблюдается выдавливание заклепкой клиновидного куска листа; угол между плоскостями разрушения составляет 35—45°. При этом разрушение происходит не от чистого срезывания металла, а от совместного действия изгиба, срезывания и растяжения (фиг. 10, А). Если расстояние заклепочного отверстия от края листа велико, то может наблюдаться деформация смятия в чистом виде, выражающаяся в выдавливании металла и образовании утолщения листа в месте касания его с заклепочным стержнем (фиг. 10, Б).

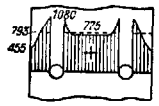
Влияние заклепочных отверстий на распределение напряжений в листе. В области З. с. распределение напряжений в склепанных листах претерпевает ряд возмущений, зависящих от: 1) влияния заклепочных дыр на распределение напряжений и деформаций в листах и 2) влияния усилий, передаваемых заклепками, на напряжения и деформации в З. с. Влияние заклепочного отверстия на распределение напряжений хорошо освещено теоретически и экспериментально. В изотропной длинной пластинке, имеющей круглое отверстие и подверженной действию равномерно распределенных по сечению пластинки растягивающих напряжений, нормальные напряжения, параллельные растягивающим силам, достигают максимума в поперечном сечении, проходящем через центр отверстия, у краев последнего. В пластинке большой ширины эти наибольшие напряжения у краев отверстия теоретически могут достигать утроенного значения средних напряжений, а в узкой пластинке (шириной в 4 диаметра заклепок)—3,4 среднего напряжения, отнесенного к ослабленному сечению. Напряжения эти падают по мере удаления от края отверстия к краю листа (фиг. 11). Спереди и сзади дыры возникают области пониженных напряжений; у самой дыры, в продольном сечении, проходящем через центр отверстия, напряжение равняется нулю, далее же постепенно повышается, достигая среднего значения на расстоянии около трех диаметров от края отверстия. Многочисленные


Фиг. 11.

экспериментальные исследования подтверждают теоретическ. картину распределения напряжений, пока величина их не превосходит предела упругости. Отношение наибольшего напряжения у краев отверстия к среднему, по опытным данным, превышает 2; в области пониженных напряжений наименьшие напряжения хотя и не доходят до нуля, но во всяком случае меньше половины среднего напряжения. Влияние дыры сказывается на распределении напряжений на расстоянии, равном 3,5—4 диаметрам. При возрастании нагрузки напряжения у краев отверстия достигают раньше других мест сначала предела упругости, а затем предела текучести. После перехода за предел упругости напряжения растут уже не пропорционально деформациям, а медленнее; после же превышения предела текучести в перенапряженных точках почти прекращается дальнейшее возрастание напряжений, в работу все более вступают соседние, менее напряженные слои, и неравномерность распределения напряжений постепенно уменьшается. Разрушение образцов обычно происходит при среднем напряжении в ослабленном сечении, почти не отличающемся от временного сопротивления материала целого стержня. При параллельном расположении нескольких рядов дыр на расстоянии 3—4 диам. друг от друга распределение напряжений около отверстий имеет в общем такой же характер, как и для одного ряда дыр. В этом случае наблюдается обыкновенно лишь нек-рое увеличение напряжений между рядами, вызванное суммарным воздействием обоих рядов дыр, и несколько более равномерное распределение напряжений. Фиг. 12 дает картину распределения напряжений в *кг/см²* в образце с двухрядным расположением дыр, полученную опытн. путем; на диаграмме нанесены линии равных нормальных продольных напряжений. В области между обеими дырами напряжения имеют более высокие значения и распределяются значительно равномернее, чем у края

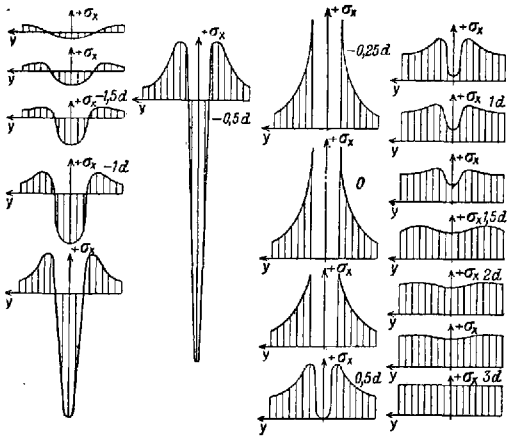

Фиг. 12.

листа. Область значительных возмущений напряжений распространяется в поперечном направлении приблизительно на 1 диаметр от края отверстия, в продольном же направлении (область пониженных напряжений)—примерно на 4,5 диаметра с каждой стороны. Фиг. 13 изображает эпюру нормальных растягивающих напряжений в сечении, которое проходит через центры двух отверстий, ослабляющих полосу.



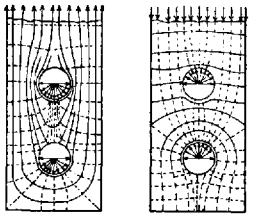
Фиг. 13.

Влияние усилий, передаваемых заклепочными стержнями на напряжения и деформации в З. с. Усилия, передаваемые в соединении заклепочными стержнями, оказывают не менее сильное влияние на распределение напряжений и условия работы элементов соединения, чем заклепочные отверстия. Благодаря сосредоточенной передаче усилий, действующих на сравнительно небольшой площадке, соответствующей касанию заклепочного стержня со стенкой дыры, усилия эти вызывают большие местные напряжения в материале и сильно усложняют картину распределения напряжений в З. с. Фиг. 14 изображает распределение нормальных продольных напряжений в последовательных сечениях металлич. полосы с заклепкой под влиянием действующего на заклепку усилия. Приведенные эпюры соответствуют усилию, передаваемому заклепкой, $P=2\,000$ *кг*, вызывающему среднее напряжение в целом сечении



Фиг. 14.

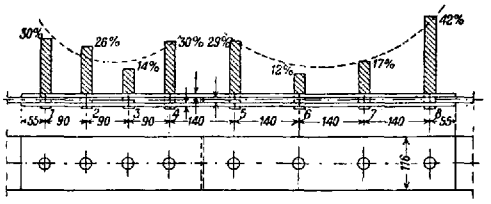
полосы 250 *кг/см*², в заклепке ($d=20$)—ок. 640 *кг/см*² на срезывание и 1 000 *кг/см*² на смятие. Из характера очертания эпюр видно, что на расстоянии около $3d$ от центра заклепки напряжения в полосе распределяются почти равномерно; по мере приближения к заклепке постепенно образуется область пониженных напряжений в средней части сечения и повышенных—по обе стороны отверстия. Неравномерность распределения напряжений возрастает по мере приближения к отверстию, и в сечении, проходящем через его центр, наибольшие напряжения у краев отверстия превышают более чем в 3 раза среднее напряжение в целом сечении полосы; у краев полосы напряжения менее половины среднего. В сечении, касательном к заклепочному отверстию, т. е. проходящем через точку передачи заклепкой сосредоточенного усилия, возникают очень интенсивные напряжения сжатия, превышающие почти в 9 раз среднее напряжение в целом сечении. Растягивающие напряжения в том же сечении лишь приблизительно в 1,5 раза больше среднего. В следующих сечениях полосы позади заклепки напряжения постепенно уменьшаются и подходят к нулю на расстоянии ок. $2d$ от центра заклепочного отверстия. На приведенных эпюрах характерно отражается влияние сосредоточенной передачи усилия заклепочным стержнем, которое, благодаря всегда имеющейся в заклепках неплотности заполнения отверстия, действует лишь по небольшой площадке касания стенок заклепочной дыры с телом заклепки. Наличие сильно повышенных местных напряжений у заклепок не представляет опасности для прочности заклепочного соединения, т. к. при сосредоточенном смятии металла допускаемые напряжения м. б. сильно повышены. Но наличие этих перенапряжений влечет за собой обмятие заклепочных дыр и перерождение перенапряженного металла при действии ряда повторных нагрузок на З. с., так как даже при усилиях, сравнительно небольших, действующих на соединение, местные напряжения около заклепок превышают предел пропорциональности и даже предел текучести. Фиг. 15 изображает траектории главных растягивающих (сплошные линии) и сжимающих (пунктир) напряжений в простейшем З. с. под действием растягивающей и сжимающей нагрузок. Траектории главных растягивающих напряжений, являющихся основными в первом случае, обхватывают заклепку подобно канатам, перпендикулярно к которым проходят траектории сжимающих напряжений. Во втором случае траектории сжимающих напряжений (являющихся здесь основными) представляют как бы пучок криволинейных стерженьков, поддерживающих действующую нагрузку и упирающихся в заклепки; перпендикулярно к ним проходят траектории растягивающих напряжений.


Фиг. 15.

Сдвиги в З. с. В работе З. с. под действием внешней нагрузки различают две основные стадии: 1) действующее усилие не превзошло силы трения между листами, вызванной натяжением заклепок; 2) произошли первые сдвиги, т. е. внешняя нагрузка превзошла силу трения, и началась непосредственная передача усилий телом заклепочных стержней. В течение первой стадии, соответствующей небольшим нагрузкам соединения, передача усилий происходит за счет сил трения между склепанными элементами. При напряжениях в металле порядка 300—600 *кг/см*² силы трения преодолеваются, и

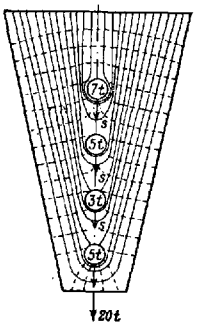
начинаются первые сдвиги З. с., после к-рых наступает передача усилий путем непосредственного касания стенок дыры и заклепочного стержня. Эти сдвиги происходят за счет неизбежного вследствие остывания заклепки неполного заполнения ею отверстия, при чем величины сдвига в зависимости от качества клепки могут быть порядка 0,001—0,01 *мм* и более. При более высоких повторных нагрузках, соответствующих второй стадии работы соединения, благодаря большим местным напряжениям в месте передачи усилий заклепками, происходят обмятие и разработка З. с., вызывающие образование сдвигов второго порядка (пластических). Факт появления сдвигов в З. с. особенно важен для сооружений, подвергающихся действию подвижной нагрузки (мостов); З. с., работающие под временной нагрузкой знакопеременно, наиболее часто расшатываются благодаря накоплению остаточных сдвигов второго порядка. В этом случае передача усилий заклепками при перемене направления нагрузки сопровождается сдвигами и ударами, ухудшающими работу сооружения и способствующими дальнейшему разрушению З. с. Вообще расстройство З. с., вызванное обмятием и сдвигами З. с., особенно неблагоприятно отражается на динамической работе клепаных конструкций и может привести даже к преждевременному их разрушению.

Распределение усилий между отдельными заклепками одного продольного (параллельного действующему усилию) ряда при проектировании принимается равномерным. Однако, даже элементарным подсчетом можно показать, что при материале, работающем в пределах упругости, распределение усилий между заклепками д. б. крайне неравномерно. Более точные



Фиг. 16.

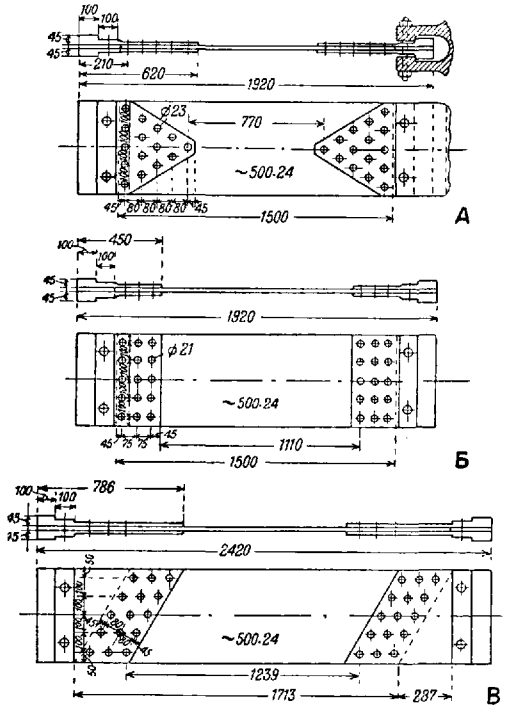
теоретич. исследования, учитывающие возникновение деформаций и сдвигов З. с. вследствие местных перенапряжений, обмятий в заклепках и пр., также показывают, что распределение усилий между заклепками не одинаково, при чем наиболее нагружены крайние заклепки ряда за счет недогрузки средних заклепок. Неравномерность распределения усилий между заклепками возрастает с увеличением шага заклепок в ряду. Наиболее существенное влияние имеет, однако, модуль сдвига З. с., т. е. величина, обратная сдвигу З. с. на единицу действующего усилия. Чем меньше модуль сдвига, т. е. чем больше деформируется З. с. под действием нагрузки, тем равномернее распределение усилий между заклепками, и обратно. Опытные исследования распределения усилий между заклепками ряда, произведенные несколькими исследователями, приводят к результатам, близко совпадающим с изложенными выше теоретич. выводами. Фиг. 16 изображает картину распределения усилий между заклепками простого однорядного стыка двух полос, по опытам Финдейзена. Пунктиром на чертеже нанесена линия изменения усилий, действующих на заклепки, полученная путем теоретического подсчета по способу Блейха. Фиг. 17 изображает силовое поле в фасонке, прикрепляющей полосу, и распределение усилий между отдельными заклепками прикрепления, по опытам Виса. С увеличением нагрузки, действующей на соединение, благодаря нарастанию обмятий у заклепок, вызванных возрастающими местными напряжениями, уменьшается модуль сдвига соединения, и распределение усилий между заклепками несколько выравнивается. Выравнивание распределения усилий между заклепками, т. е. привлечение к работе средних, менее нагруженных заклепок, при возрастании нагрузки имеет большое значение, потому что приводит к одновременному разрушению всех заклепок. Следовательно, при нагрузках, близких к разрушающей, распределение усилий между заклепками приближается к условиям, принимаемым при расчете.



Фиг. 17.

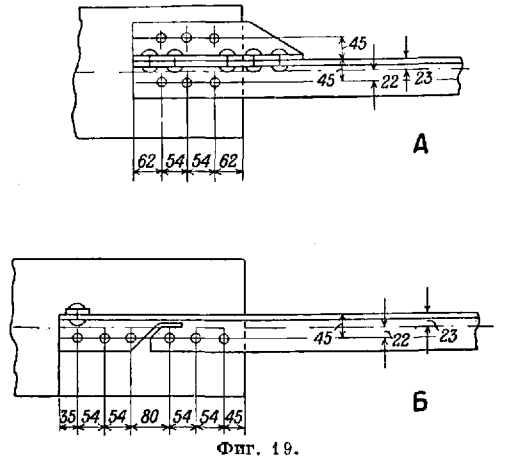
Из различных опытных исследований над более сложными прикреплениями интересны опыты Руделофа над заклепочными прикреплениями полосы. Исследованию подверглись три типа прикреплений (фиг. 18): стык Шведлера (А), прямоугольный стык (Б) и косой стык (В). Стыки имели по 15 заклепок. Разрушение всех образцов произошло от одновременного срезывания заклепок. Результаты исследования показали, что все три типа стыков работают в общем почти одинаково, хотя возникновение первых сдвигов наблюдалось при различных нагрузках. Можно считать, что наиболее благоприятные условия работы обнаружились в прямоугольном стыке, затем в косом стыке и, наконец, в стыке Шведлера. Судя по остаточным деформациям, наиболее равномерно работающим также оказался прямоугольный стык. В стыке Шведлера первая заклепка оказалась сильно перенапряженной; перенапряжения эти падают по мере увеличения числа заклепок в сечении. Следовательно, шведлеровский стык не имеет преимуществ ни перед прямоугольным ни перед косым стыком. Косой стык по условиям работы почти не уступает прямоугольному, а потому применение его на практике вполне допустимо. Сравнительные исследования стыков с двусторонним и односторонним перекрытием показывают, что работа при одностороннем перекрытии значительно хуже вследствие сильного изгиба стыка, понижающего его прочность. В стыках с не непосредственным перекрытием, когда накладка перекрывает стык через цельный лист, последний оказывается сильно

перенапряженным как от изгиба, так и от действия продольных усилий. Разрушение таких стыков часто происходит от разрыва этого листа при пониженном коэффициенте использования стыка. Поэтому стыков с несимметричным и не непосредственным перекрытием должно по возможности избегать.



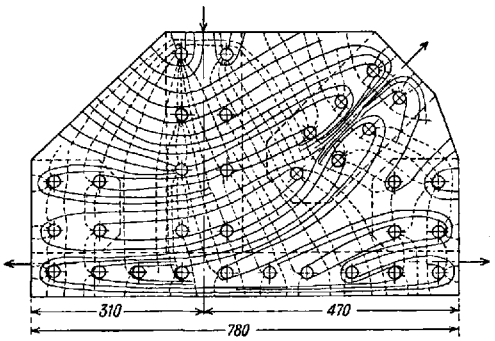
Фиг. 18.

Применение их допустимо лишь в соединениях очень жестких пакетов, когда влияние изгиба становится незначительным. Опыты, произведенные над стыками толстых пакетов (из четырех листов), показывают, что



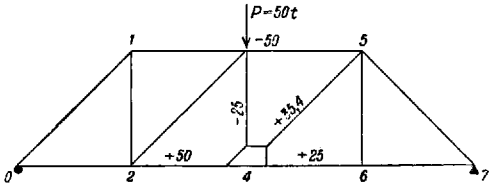
Фиг. 19.

прочность при различных способах стыкования оказывается почти одинаковой. В отношении равномерности распределения напряжений и момента наступления и величины сдвигов эти стыки также оказываются равноценными. Результаты опытных исследований над прикреплениями уголковых и швеллерных сечений показывают, что прикрепление неплоских элементов просто внахлестку сильно ухудшает их работу, вызывая их изгиб, существенно отражающийся как на распределении напряжений в стержне, так и на работе заклепок прикрепления. Некоторое улучшение прикрепления уголковых сечений м. б. достигнуто применением



Фиг. 20а.

коротышей или увеличением длины прикрепления. В отношении распределения напряжений, сдвигов и прочности, прикрепления помощью коротышей оказываются более слабыми, чем длинные прикрепления одной полкой. По опытам Дёрнена, заклепки, прикрепляющие коротыши, напряжены значительно меньше, чем в основном уголке. Некоторое улучшение работы коротыша м. б. достигнуто путем увеличения количества заклепок, связывающих его с основным уголком (фиг. 19, А). Хорошие результаты дает



Фиг. 20б.

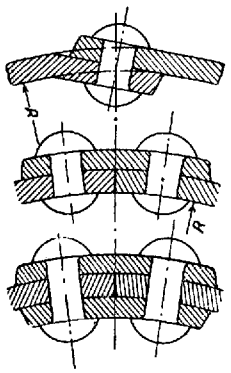
также прикрепление уголков одной полкой с наклонным пропилом (фиг. 19, Б). На фиг. 20а приведено силовое поле в фасонном листе маленькой фермы (фиг. 20б), испытанной Виссом, при чем сплошными линиями изображены главные растягивающие, а пунктиром—сжимающие напряжения. Траектории главных напряжений в фасонке, возникающих под действием усилий, передаваемых заклепками, дают полную картину передачи усилий с заклепок на заклепки, при чем характерны сгущения и разрежения силовых линий в различных частях фасонки, свидетельствующие о крайней неравномерности и сложности работы фасонок, представляющих совокупность нескольких заклепочных прикреплений.

Лит.: Стрелецкий Н. С., Курс мостов. Металлические мосты, М., 1925; Патон Е., Железные мосты, т. 1—Фермы балочных мостов. Материалы и заклепки, 3 изд., Киев, 1913; Велихов П., Введение в курс металлических конструкций, М., 1910; Передерий Г., Материалы для проектирования железных ферм, Л., 1927; Кривошеин Г.Г., Дан-

ные для расчета мостов и стропил, СПБ, 1910; Максименко Ф., Расчет заклепочных соединений, СПБ, 1889; Великхов П., Влияние отверстий на распределение напряжений в растянутой полосе, М., 1907; Тер-Карапетов, Опыт теоретич. исследования работы заклепки, М., 1929; Гибшман Е. Е., Исследование работы заклепочных соединений, М., 1929; Труды 2 Международ. конгресса по мостовому делу, М., 1928; Wyss Th., Beitrag z. Spannungsuntersuchung an Knotenblechen eiserner Fachwerke, «Forschungsarbeiten usw.», B., 1923, H. 262; Eiselin, Untersuchung am einfach gelochten Zugstab, «Bauingenieur», B., 1924, 8—9; Rudeloff M., Versuche mit Anschlüssen steifer Stäbe, B., 1921; Rudeloff M., Einflusse d. Nietlöcher auf die Längenänderung v. Zugstäben u. die Spannungsverteilung in ihnen, B., 1915; Rudeloff M., Versuche zur Prüfung u. Abnahme d. 3 000-t Maschine, B., 1920; Rudeloff M., Versuche mit Nietverbindungen u. Brückenteilung, B., 1912; Baumann K., Versuche zur Ermittelung der in den Blechen beim Nieten bewirkten Veränderungen, B., 1922; Dörnen A., Die bisherige Anschlüsse steifer Fachwerkstäbe u. ihre Verbesserung, B., 1924; Melan H., Der Brückenbau, B. 3. W.—Lpz., 1923—27; Bleich F., Theorie und Berechnung eiserner Brücken, B., 1924; Schaper G., Eiserne Brücken, 5 Aufl., B., 1922; Waddell J., Bridge Engineering, N. Y., 1916; Bleich F., Formeln u. Tabellen f. d. Eisenbau, W.—Lpz., 1915; Wyss Th., Kraftfelder in festen elastischen Körpern, Berlin, 1926; Rühl D., Experimentelle Ermittelung ebener Verschiebungs- und Spannungszustände, Berlin, 1920; Findeisen C., Versuche über die Beanspruchungen in d. Laschen, B., 1920; Schaechterle K., Die Nietverbindungen bei Brücken aus hochwertigen Stählen, «Bautechnik», Berlin, 1928, H. 7, 8; Weidmann, Versuche über d. zulässigen Lochleibungsdruck, «Bautechnik», Berlin, 1927, H. 26.

Е. Гибшман и С. Демин.

II. Прочноплотные З. с. При проектировании прочноплотных З. с. исходят из следующих соображений: 1) фактическая возможность клепки, т. е. шаг—достаточный для образования головки, 2) плотность шва и возможность чеканки и 3) минимальное ослабление листов и равнопрочность соединения по всем рядам заклепок. Первое условие заставляет делать шаг $t \geq 2{,}0 \div 2{,}2d$, где d—диаметр заклепки; для возможности чеканки кромки листа делают шаг в первом ряду заклепок $t \leq 8\delta$, где δ—толщина листа, подлежащего чеканке. Для того чтобы лист при чеканке не отгибался, делают отстояние первого ряда заклепок от кромки листа $a \leq 1{,}5 \div 1{,}6d$, спускаясь в тонких накладках до $1{,}35d$. Последнее требование и ведет к применению швов с разным числом заклепок в рядах при максимальном шаге в первом ряду. В прочноплотных З. с. применяются исключительно одно- и двусрезные заклепки; первые—в швах внахлестку (фиг. 21, А) и с одной накладкой (фиг. 21, Б), вторые—в швах с двумя накладками (фиг. 21, В). При двух первых способах в листах или в накладке возникают изгибающие моменты, что заставляет увеличивать толщину листов и накладок; кроме того, в шве с одной накладкой, не имеющем никаких преимуществ по сравнению со швом внахлестку, приходится обрабатывать накладку и ставить двойное количество заклепок, а потому этот способ употребляется лишь в редких случаях.



Фиг. 21.

При расчете прочноплотных З. с. делают следующие допущения: 1) сопротивление шва основано исключительно на трении между листами, при чем величина действующего усилия ни в каком месте З. с. не должна превосходить силы трения; 2) нагрузки распределяются равномерно на все заклепки; 3) нагрузка убывает в сечениях листа по рядам заклепок, по мере того как она воспринимается лежащими впереди заклепками. В виду того что второе и третье положения заведомо не соответствуют действительности, Бах предложил учитывать неравномерность распределения нагрузки между отдельными рядами заклепок уменьшением соответствующих коэффициентов при многорядных и многосрезных швах. Однако, герм. официальные правила для постройки паровых котлов не предусматривают этого и ограничиваются повышением коэфф-та безопасности листов при многорядных швах с накладками разной ширины. Сила трения между листами зависит от состояния поверхности листов и силы, прижимающей листы друг к другу. Последняя зависит от диаметра заклепок и разности $t°$ соединяемых частей и заклепочного стержня в тот момент, когда заклепка, остывая, приобретает упругость, приблизительно равную упругости холодного железа. Напряжения, возникающие при этом в сечении заклепки,

$$\sigma = \Delta t \cdot \alpha \cdot E \cong 24\,\Delta t,$$

где Δt—разность темп-р заклепочного стержня и склепываемых листов, α—термич. коэфф. линейного расширения ($\alpha = 0{,}000011 \div 0{,}0000125$), E — равное 2 000 000 *кг/см²*— модуль упругости. Из ф-лы видно, что уже при Δt равном 100° напряжение в материале заклепки превышает предел текучести.

Сказанное дает право отнести сопротивление листов скольжению к единице поверхности сечения заклепки, т. е.:

$$K_{c.} = \frac{4P_{c.}}{n \cdot \pi d^2},$$

где $K_{c.}$—временное сопротивление скольжению, отнесенное на 1 *см²* площади заклепки, $P_{c.}$—сила, при к-рой в данном сечении появились первые остаточные сдвиги листов, n—число заклепок диаметром d в соединении. Величина $K_{c.}$ получена опытным путем многими авторами, при чем численное значение ее, в зависимости от способа склепки, длины и диаметра заклепки, расположения заклепок в листах и чувствительности измерительных приборов, варьирует в широких пределах: от 600 до 3 500 *кг/см²* (более низкие числа относятся к старым опытам). В результате многочисленных опытов Бах рекомендует брать следующие допускаемые напряжения $k_{c.}$ на 1 *см²* сечения заклепок в одной плоскости среза (для расчетов берут диаметр заклепки равным диаметру заклепочного отверстия):

Для	однорядных	швов	внахлестку	. . . . .	700	*кг/см²*
»	двухрядных	»	»	. . . . .	650	»
»	трехрядных	»	»	. . . . .	600	»
»	однорядных	»	с двумя	накладками	600	»
»	двухрядных	»	»	»	575	»
»	трехрядных	»	»	»	550	»

Германские правила, однако, не делают этого различия и предписывают, независимо от рода соединения, $k_{c.} \leq 700$ *кг/см²* на каждую

поверхность среза для заклепок из материала с временным сопротивлением на разрыв до 3 800 *кг/см²* и $k_{c.} \leqslant 700 \sqrt{\frac{K_z}{3800}}$ для заклепок из материала с временным сопротивлением на разрыв $K_z > 3\,800$ *кг/см²*.

Достоинство З. с. определяется величиной наименьшего коэфф-та ослабления φ, вычисленного для всех возможных случаев разрушения данного шва. Коэфф-том ослабления по данному сечению З. с. называют отношение прочности шва при разрыве листов по нему к прочности целого листа, при чем прочность принимается пропорциональной площади сечения нетто с прибавлением суммы площадей срезаемых заклепок, которые приведены к площади сечения листа по формуле: $\omega' = \mu \Sigma m\omega$, где ω'—приведенная площадь заклепок, просуммированная по ширине рассматриваемой части шва, $\mu = \frac{k_{c.}}{k_z}$—отношение допустимого напряжения З. с. на сдвиг ($k_{c.}$) к допустимому напряжению листов на растяжение или сжатие (k_z), m—число плоскостей срезывания заклепки и $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ — площадь поперечного сечения ее. Неизбежным (при заданных диаметре заклепки d и шаге первого ряда t_1) является ослабление соединяемых листов по первому ряду заклепок:

$$\varphi_1 = \frac{t_1 - d}{t_1}.$$

Следует стремиться к тому, чтобы в дальнейших рядах φ_n было $\not< \varphi_1$, т. е. чтобы все заклепочное соединение имело в любом сечении прочность не меньшую, чем в первом. Из этой ф-лы видно, что φ_1 тем ближе к единице, чем больше t_1 по отношению к d; этим объясняется то, что в первых рядах многорядных З. с. ставят уменьшенное число заклепок. По второму ряду с шагом t_2 коэффициент ослабления

$$\varphi_2 = \frac{t_2 - d}{t_2} + \frac{m_1 \mu\omega}{\delta t_1},$$

где m_1—число плоскостей срезывания заклепок первого ряда. Коэфф. ослабления по любому ряду n с шагом t_n

$$\varphi_n = \frac{t_n - d}{t_n} + \left(\frac{m_1}{t_1} + \frac{m_2}{t_2} + \cdots + \frac{m_{n-1}}{t_{n-1}}\right)\frac{\mu\omega}{\delta}.$$

Коэффициент ослабления в стыке основных листов p-рядного шва (в стыке можно условно считать $t_{p+1} = d$)

$$\varphi' = \left(\frac{m_1}{t_1} + \frac{m_2}{t_2} + \cdots + \frac{m_p}{t_p}\right)\frac{\mu\omega}{\delta}.$$

Коэффициент ослабления накладок по последнему ряду заклепок

$$\varphi'' = \frac{t_p - d}{t_p} \cdot \frac{\delta''}{\delta},$$

где δ''—сумма толщин обеих накладок. Конструктивные данные прочноплотных З.с. (котельных швов) даны в табл. 4.

III. Плотные соединения. В газгольдерах и резервуарах для хранения газа давление одинаково на все стенки, в резервуарах же для жидкостей давление увеличивается с глубиной по линейному закону: $p = \frac{\gamma h}{10}$, где p—давление в *кг/см²* на стенку на глубине h *м*, а γ—плотность жидкости в *кг/дм³*. Резервуары для жидкостей делают обычно из горизонтальных поясов различной, увеличивающейся книзу резервуара, толщины. Расчет толщины стенок круглых резервуаров ведут по обычной ф-ле:

$$\delta = \frac{Dp}{2\varphi k_z} + C,$$

где D—диаметр резервуара, p—среднее давление расчетного пояса, φ—коэфф. ослабления З. с. и C—прибавка на ржавление и механич. повреждения при постройке; k_z берут обычно $\leqslant 900$ *кг/см²* и $C \cong 0{,}4$ *см*. В прямоугольных резервуарах (фиг. 22) расчет ведут по площади стенки, заключенной между поперечными креплениями (на фиг. 22 слева внизу), по ф-ле:

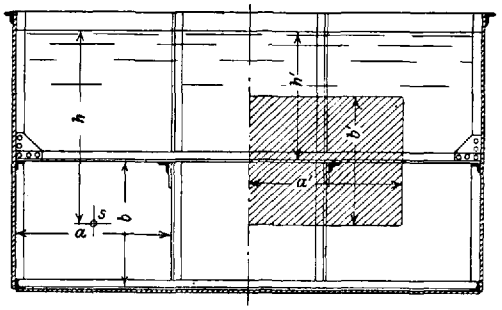
$$\delta = b \sqrt{\frac{\varphi_b p}{k_b}} + C,$$

где величина коэфф-та φ_b берется по кривой, данной на фиг. 23. Расчет связей ведут на полную, приходящуюся на них нагрузку $P = 0{,}1\gamma h' a' b'$ (заштрихованная площадь на фиг. 22), не принимая во внимание жесткости стенок. Размеры швов не вычисляются, а берутся по данным практики, в зависимости от наименьшей толщины соединяемых частей, по табл. 3.

Табл. 3.—Конструктивные данные плотных заклепочных швов (размеры в *мм*).

Наименьшая толщина соединяемых листов	2—3	3—4	5—6	6—8	8—12	11—15
Диаметр заклепки	8	10	12	14	17	20
Шаг	29	35	38	47	56	65
Отстояние от края при расчеканке шва	—	—	18	21	25	30
Отстояние от края при уплотнении прокладкой	16	18	22	—	—	—
Уголки для соединения	40×5	40×5	45×7	50×9	75×12	80×12
Коэффициент ослабления	0,72	0,71	0,68	0,70	0,69	0,69

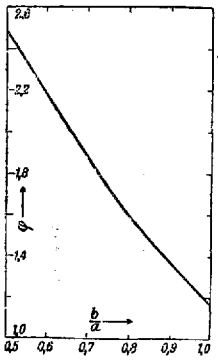
Чеканка швов возможна лишь начиная с толщины листа $\delta > 5$ *мм*. При более тонких листах плотность достигается применением прокладок из парусины или картона, пропитанных олифой или суриком, пропитанной



Фиг. 22.

теми же веществами пеньковой пряди, положенной зигзагом вокруг стержней заклепок, и т. д. В соединениях, подверженных действию высокой $t°$, для прокладок берут асбестовый шнур или картон. Листы вертикальных стенок соединяют чаще всего одно-

рядным швом внахлестку, листы днищ соединяют тем же способом или при помощи простых накладок. Соединение днища со стенками делается почти исключительно при помощи кольца или рамы из углового железа. Типичные примеры для круглых резервуаров даны на фиг. 24, А, Б, для прямоугольных—на фиг. 24, В, Г и Д. Соединение вертикальных углов в прямоугольных резервуарах делается с загибом стенки (фиг. 24, В) или при помощи особого уголка (фиг. 24, Г и Д). Последний способ придает известную жесткость соединению, но требует изготовления сложных откованных частей в тройном стыке у дна (фиг. 24, Е и Ж). **Л. Павлушков.**

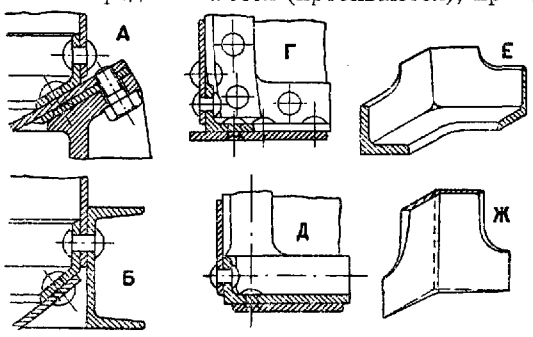


Фиг. 23.

IV. 3. с. в судостроении. Материалом для изготовления судостроительных заклепок служит круглая заклепочная сталь с временным сопротивлением на разрыв около 3 500 *кг/см*², при пределе упругости около 2 000 *кг/см*².

Кроме заклепок обычной формы, т. е. с полукруглыми, потайными и полупотайными головками, в судостроении широко применяются заклепки, имеющие бочкообразную головку с конич. подголовком или без него; такая форма закладной головки облегчает постановку заклепок в тесных местах.

Дыры для заклепок в листовой и сортовой судостроительной стали просверливаются или продавливаются (пробиваются); при продавливании в стали повышенных качеств дыры должны затем рассверливаться до нужного диаметра (миллиметра на 3) с целью устранить вредное влияние продавливания дыр на материал вблизи краев отверстия. При наиболее ответственных работах, требующих точной сборки, рекомендуется дыры просверливать или досверливать продавленные дыры. Дыры для заклепок в склепываемых частях должны на 0,5—1 *мм* и больше превышать диаметр стержня заклепок, в зависимости от размера заклепок и от точности, достигаемой при тех или иных сборочных судостроительных работах.



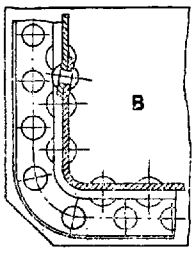
Фиг. 24.

Клепка в судостроении применяется горячая и холодная, при чем последняя — только для заклепок малого диаметра (меньше 10 *мм*). Клепка бывает ручная и машинная (гидравлическая, пневматическая и паровая); для заклепок диаметром больше 25 *мм* ручная клепка получается мало удовлетворительной, при диаметре же большем 35 *мм* она становится почти невозможной. Преимущественное применение того или иного вида клепки при постройке судов определяется наличием имеющегося оборудования и условиями производства работы.

В коммерч. судостроении диаметр заклепки назначается в зависимости от толщины склепываемых листов, согласно существующим правилам для постройки коммерческих судов, устанавливаемым соответствующими правительственными органами или страховыми обществами, как то: Регистр СССР, Английский Ллойд, Германский Ллойд, Французский Веритас и др. В случае отсутствия необходимости следовать указанным правилам, напр. в военном судостроении, диаметр заклепки определяется по следующей ф-ле, если специальный расчет не потребует отклонения от этой нормы:

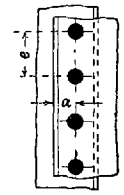
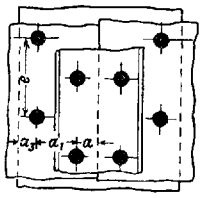
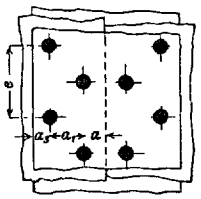
$$d = 5{,}7\sqrt{\delta}\ ,$$

где d—диаметр заклепки в *мм* и δ—меньшая из толщин склепываемых листов в *мм*; диаметр заклепки округляется до целых *мм* или до ближайшего диаметра, имеющегося в сортименте заклепок. При склепывании нескольких листов, имеющих разную толщину, диаметр заклепки, определенный по вышеприведенной ф-ле, надлежит согласовать с нижеследующими требованиями, вытекающими из условия возможности производства клепки: 1) общая толщина склепываемых листов не д. б. более $4d$; 2) для возможности пробивки дыр в листах диаметр заклепки не д. б. меньше толщины наиболее толстого из склепываемых листов; 3) при потайных заклепках, для возможности образования правильного потая, диаметр заклепки не должен превышать больше чем в 2—2,5 раза толщину крайнего листа, служащего для образования потайной головки (в 2 раза—при высоте потая $0{,}5d$ и в 2,5 раза при высоте его в $0{,}4d$).



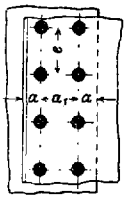
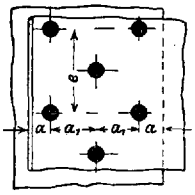
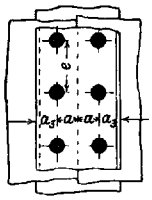
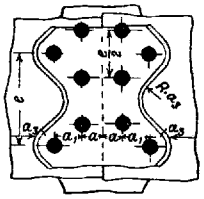
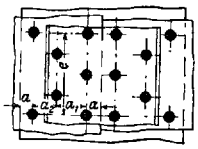
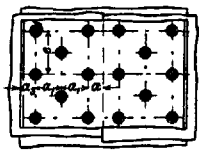
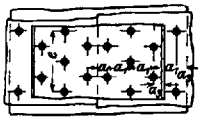
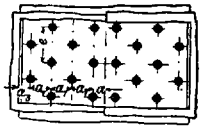
В коммерческом судостроении размещение заклепок производится согласно существующим правилам постройки коммерч. судов. В случае же отсутствия необходимости следовать этим правилам, а также в военном судостроении, при размещении заклепок руководствуются следующими нормами, с округлением их до целых *мм*. 1) Расстояние центра заклепок от края листа: $a = 1{,}5d + 3$ *мм*. 2) Расстояние между центрами двух соседних рядов заклепок при расположении заклепок в шахматном порядке: $b = 1{,}75d + 5$ *мм*; при расположении заклепок в цепном порядке: $b = 2d + 5$ *мм*. 3) Минимальный шаг заклепок: $t = 2{,}5d + 10$ *мм*. 4) Максимальный шаг заклепок определяется требованием достаточно плотного прилегания друг к другу склепываемых частей.

Табл. 4. — Основные данные прочно

Род заклепочного соединения		
Пределы применения *1 в *кг*	До 500	390÷950
Коэфф. безопасности, ручная клепка	4,75	4,75
Коэфф. безопасности, машинная клепка	4,5	4,5
Допустимое k_c. по Баху в *кг/см²*	600÷700	550÷650
Диаметр заклепки d в *см*	$\sqrt{5\delta} - 0.4$	$\sqrt{5\delta} - 0,4$
Шаг e в *см*	$2d + 0,8$	$2,6d + 1,5$
a в *см* / ослабление φ_1	$1,5d$ / 0,57	$1,5d$ / 0,69
a_1 » » / ослабление φ_2	—	$0,6e$ / 0,96
a_2 » » / ослабление φ_3 / φ_4	—	—
a_3 » » / ослабление $\varphi_н$. / φ_c.	— / — / 0,41	— / — / 0,545
Толщина накладки δ_1 в *см*	—	—
Род заклепочного соединения		
Пределы применения в *кг* *1	850÷1 600	650÷1 350
Коэфф. безопасности, ручная клепка	4,35	4,25
Коэфф. безопасности, машинная клепка	4,1	4,0
Допустимое k_c. по Баху в *кг/см²*	950÷1 150 / 700 *2	950÷1 150
Диаметр заклепки d в *см*	$\sqrt{5\delta} - 0,6$	$\sqrt{5\delta} - 0,6$
Шаг e в *см*	$5d + 1,5$	$3,5d + 1,5$
a в *см* / ослабление φ_1	$1,5d$ / 0,82	$1,5d$ / 0,76
a_1 » » / ослабление φ_2	$0,4e$ / 1,00	$0,5e$ / 1,13
a_2 » » / ослабление φ_3 / φ_4	—	—
a_3 » » / ослабление $\varphi_н$. / φ_c.	$1,5d$ / 1,33 / 0,46	$1,35d$ / 0,95 / 0,75
Толщина накладки δ_1 в *см*	$0,8\delta$	$(0,6÷0,7)\delta$

*1 Предельные нагрузки на 1 *см* длины шва в *кг*.
*2 k_c. для двусрезных и односрезных заклепок шва.
Примечание. Ослабления: φ_1—φ_4 (по первому ... четвертому ряду заклепок), φ_c. (по стыку или $\delta_1 = 10$ и 13 *мм*, машинная клепка, K_z листов = 3 600 *кг/см²*. Косая черта отделяет различные величины, как

плотных заклепочных соединений.

			
390÷1 000	700÷1 350	350÷850	850÷1 600
4,75	4,75	4,25	4,25
4,5	4,5	4,0	4,0
550÷650	500÷600	1 000÷1 200	950÷1 150
$\sqrt{5\delta}-0{,}4$	$\sqrt{5\delta}-0{,}4$	$\sqrt{5\delta}-0{,}5$	$\sqrt{5\delta}-0{,}6$
$2{,}6d+1{,}0$	$3d+2{,}2$	$2{,}6d+1{,}0$	$5d+1{,}5$
$1{,}5d$ / 0,67	$1{,}5d$ / 0,745	$1{,}5d$ / 0,67	$1{,}5d$ / 0,82
$0{,}8e$ / 0,89	$0{,}5e$ / 0,95	—	$0{,}4e$ / 0,92
—	—	—	—
— / — / 0,58	— / — / 0,615	$1{,}35d$ / 0,84 / 0,535	$1{,}5d$ / 1,05 / 0,82
—	—	$0{,}6$—$0{,}7\delta$	$0{,}8\delta$
			
1 300÷2 300	1 100÷2 400	1 900÷3 100	1 800÷3 200
4,25	4,25	4,25	4,25
4,0	4,0	4,0	4,0
900÷1 100 / 700 *)	900÷1 100	850÷1 050 / 700 *)	850÷1 050
$\sqrt{5\delta}-0{,}7$	$\sqrt{5\delta}-0{,}7$	$\sqrt{5\delta}-0{,}8$	$\sqrt{5\delta}-0{,}8$
$6d+2{,}0$	$3d+1{,}0$	$6d+2{,}2$	$3d+1{,}0$
$1{,}5d$ / 0,855	$1{,}5d$ / 0,71	$1{,}5d$ / 0,855	$1{,}5d$ / 0,71
$0{,}38e$ / 0,85	$0{,}6e$ / 1,13	$0{,}38e$ / 1,85	$0{,}6e$ / 1,11
$0{,}3e$ / 1,34	— / 1,56	— / 1,25 / 1,65	— / 1,51 / 1,91
$1{,}5d$ / 1,15 / 1,00	$1{,}5d$ / 1,14 / 1,25	$1{,}5d$ / 1,15 / 1,35	$1{,}5d$ / 1,14 / 1,61
$0{,}8\delta$	$0{,}8\delta$	$0{,}8\delta$	$0{,}8\delta$

на срезывание всех заклепок) и φ_N. (по накладкам) вычислены для частного случая $\delta = 16$ *мм*, $d = 24$ *мм*, указано в заголовке.

*)

Установлены нижеследующие практическ. нормы, в зависимости от назначения заклепочного шва: 1) в пазах, стыках и обделочных угольниках частей корпуса, ограничивающих нефтехранилища (нефтенепроницаемые швы), $t=3{,}5 \div 4d$; 2) в пазах, стыках и обделочных угольниках, в случае требования водонепроницаемости соединений, испытываемых давлением воды, $t=4 \div 5d$; 3) в пазах, стыках и обделочных угольниках частей корпуса, водонепроницаемость которых не испытывается давлением воды (палубные надстройки, внутренние перегородки и т.п.), $t=5 \div 6d$; 4) в соединениях, не требующих водонепроницаемости, как то: по стойкам переборок, по бимсам и шпангоутам, частям набора днища и т. п., $t=7 \div 8d$. В соответствии с пормами, указанными в пп. 1 и 2, принимается: 1) наименьшая ширина полки угольника или другого фигурного профиля при одном ряде заклепок $c=3d+\delta_1$ и при двух рядах заклепок в шахматном порядке $c=4{,}75d+5$ *мм*, где δ_1—толщина полки профиля; 2) ширина однорядного накроя $b_1=3d+6$ *мм*; 3) ширина двухрядного накроя (в шахматном порядке) $b_1=4{,}75d+11$ *мм*; 4) ширина трехрядного накроя (в шахматном порядке) $b_1=6{,}5d+16$ *мм*.

Расчет З. с. Сопротивление заклепки зависит от характера напряжений, характера клепки и рода нагрузки, действующей на заклепку. В отношении характера работы заклепки различают: работу заклепки на срезывание, работу ее на трение между листами, работу на отрывание и работу одновременно на отрывание и на трение. В отношении характера клепки различают следующие случаи: заклепки и листы не чеканены, заклепки и листы чеканены с одной или с двух сторон. В отношении характера нагрузки различают: нагрузку постоянную, т. е. не меняющую своей величины, и нагрузку переменную, меняющую свою величину или величину и направление. Для указанных выше случаев работы заклепок, на основании данных испытаний, установлены следующие величины сопротивлений заклепок в виде критическ. напряжений (усилий, отнесенных к единице площади сечения заклепок), при которых в З. с. начинают появляться остаточные деформации.

1) Критич. напряжение в *кг/см²* при работе заклепки на трение (τ_1) между листами:

Листы и заклепки не чеканены	880
Листы чеканены с обеих сторон, заклепки не чеканены	1 240
Листы и заклепки чеканены с одной стороны	1 330
Листы чеканены с обеих сторон, заклепки—с одной	1 570
Листы и заклепки чеканены с обеих сторон	1 620

2) Критич. напряжение при работе заклепки одновременно на трение и отрывание

$$\tau_2=\tau_1\left(1-\frac{\sigma}{2\,000}\right),$$

где σ—напряжение на отрывание.

3) В случае действия переменной нагрузки, при к-рой напряжение меняется от σ_{min} до σ_{max}, критич. напряжение τ_1, а следовательно, и τ_2 д. б. понижено путем помножения его на коэфф. $\varkappa$, меньший единицы и вычисляемый по ф-ле:

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

Если напряжения σ_{min} и σ_{max} разного направления, то в ф-ле знак плюс следует заменить знаком минус.

4) Критическое напряжение при работе заклепки на отрывание принимается равным 2 000 *кг/см²*.

5) Критическое напряжение при работе заклепки на срезывание принимается равным $\sim 2\,000$ *кг/см²* (разрушающее напряжение равно $\sim 3\,000$ *кг/см²*).

Нормы для допускаемых напряжений при расчете З. с. назначаются в % от приведенных выше величин критич. напряжений заклепок. Если расчетная нагрузка будет действовать постоянно или часто, то допускаемое напряжение принимается равным 60% от критич. напряжения; если расчетная нагрузка будет действовать ограниченное число раз (напр. пробная нагрузка при испытании водонепроницаемости, нагрузка при постановке в док и т. п.), то допускаемое напряжение принимается равным 80% от критич. напряжения. При окончательном установлении норм для допускаемых напряжений учитываются все обстоятельства каждого частного случая, могущие послужить основанием к уменьшению обычных норм, полученных указанным выше путем, как то: 1) уверенность, что принятая для расчета нагрузка не окажется меньше действительной, 2) степень достоверности принятых оснований расчета для нахождения напряжений в заклепках, 3) уверенность в тщательности выполнения работы. Если в рассчитываемой конструкции корпуса м. б. допущен некоторый сдвиг З. с., обусловливающий переход З. с. от работы на трение к работе всех или части заклепок на срезывание, то допускаемое напряжение устанавливают, исходя из сопротивления заклепок на срезывание. При расчете заклепок на отрывание необходимо проверять особым расчетом на изгиб прочность полок угольников и других профилей, к которым крепятся заклепки.

Определение напряжений в З.с. Для вычисления напряжений в З. с., подвергающихся известным внешним усилиям, как то: осевой силе, изгибающему моменту, крутящему моменту или одновременному действию всех или нек-рых из этих усилий, служат обычные ф-лы сопротивления материалов для определения напряжений при указанных деформациях.

Расчет прочности швов судового корпуса, т.е. расчет прочности З.с. по пазам и стыкам листов, входящих в состав судового корпуса, производится или с точки зрения местной прочности З. с. или с точки зрения общей прочности судового набора. Под местной прочностью разумеют прочность З. с. по стыкам какого-либо листа, рассматривая последний независимо от других, прилегающих к нему связей судового корпуса; под общей прочностью разумеют прочность З. с. целых связей или группы связей корпуса, составленных из отдельных листов, скрепленных друг с другом по пазам и стыкам заклепками. Критерием прочности при расчете швов является или условие достаточной прочности или условие равной прочности. При расчете на достаточную

прочность З. с. швы рассчитываются лишь на то усилие, которое действительно нагружает данную связь; при расчете же на равную прочность З. с. рассчитывают на то наибольшее усилие, которое может выдержать данная связь.

Местная прочность швов (об общей прочности см. *Судостроение*). Условие равной прочности, очевидно, будет удовлетворено в том случае, если при растяжении листа одно и то же растягивающее усилие будет вызывать критич. напряжения как в самом листе, так и в его З. с.; при этом за критич. напряжение для листа следует принять предел упругости материала, а величины критич. напряжений для заклепочных соединений даны выше. Условие это выразится уравнением

$$(t-d)\,\delta\sigma_p = n \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \tau_k ,$$

в котором t—шаг заклепок, d—диаметр их, δ—толщина листа, n—число рядов заклепок (односрезных), σ_p—предел упругости материала листов; в случае двусрезных заклепок число рядов д. б. в два раза меньше. Для расчета З. с. на равную прочность по отношению к касательным напряжениям нужно в ур-ие вместо σ_p подставить критическое касательное напряжение, равное $0{,}5\sigma_p$, или эйлерово касательное напряжение $\tau_э$., если

$$\tau_э. > 0{,}5\sigma_p .$$

З. с. частей корпуса, подвергающихся действию местных нагрузок, рассчитываются лишь на достаточную прочность их, обусловленную величиной действующей нагрузки и принятой для этой части корпуса величиной запаса прочности. Условие достаточной прочности будет удовлетворено, если при действующих на лист усилиях напряжение в заклепках не превзойдет допускаемого напряжения. Условие это выражается ур-ием:

$$t\delta\sigma_i = n \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot k ,$$

в к-ром σ_i—действующее в листе напряжение и k—допускаемое напряжение в заклепках. В случае действия на лист скалывающих усилий, вместо σ_i следует подставить действующее в листе касательное напряжение. **Ю. Шиманский.**

Лит.: Берлов М., Детали машин, вып. 3, М., 1923; Сидоров А. И., Курс деталей машин, ч. 1, 2 изд., М.—Л., 1927; Худяков П. К. и Сидоров А. И., Атлас конструктивн. чертежей деталей машин, 3 изд., ч. 1, М., 1899; Холмогоров И., Детали машин, часть 1, М.—Л., 1926; Польгаузен А., Детали машин, пер. с нем., Берлин, 1923; Барт Ф., Паровые котлы, пер. с нем., 2 изд., т. 1, Берлин—Рига, 1923; Castle F., A Manual of Machine Design, L., 1919; Low D. A. a. Bewis A. W., A Manual of Machine Drawing a. Design, 16 ed., L., 1922; Unwin W. C. a. Mellanby A. L., The Elements of Machine Design, v. 1, 2, London, 1920—22; Bach C., Die Maschinenelemente, B. 1, 13 Auflage, Leipzig, 1922; Barth F., Die Maschinenelemente, 4 Aufl., B., 1921; Botsch R., Maschinenelemente, Leipzig, 1927; Breslauer E., Der Maschinenbau, B. 1—Die Maschinenelemente, 2 Aufl., Leipzig, 1906; Krause H., Maschinenelemente, B., 1922; Laudien K., Die Maschinenelemente, B. 1, 4 Aufl., Lpz., 1925; von Lossow P., Maschinenteile, B. 1, 2, Lpz., 1919—21; Rebber M. u. Pohlhausen A., Berechnung u. Konstruktion der Maschinenelemente, 10 Aufl., Mittweida, 1924; Haeder H., Konstruieren u. Rechnen, 11 Aufl., Wiesbaden, 1927; Haeder H., Dampfkessel, 7 Aufl., Wiesbaden, 1923; Dubbel H., Taschenbuch für d. Maschinenbau, 6 Aufl., B., 1929; Freytags Hilfsbuch f. d. Maschinenbau, 7 Auflage, Berlin, 1924; Frémont Ch., Étude expérimentale du rivetage, P., 1906; Haven G. B. a. Swett G. W., Riveted Joints f. Pressure Vessels, N. Y., 1927; Hochn E., Rivure et soudure des chaudières à vapeur, P.—Liège, 1927; Leucker W. u. Hiller H. W., Keil, Schraube, Niet, 3 Aufl., B., 1925; Rötscher F., Maschinenelemente, B. 1, B., 1927; Moser M., Der Kesselbaustoff, Berlin, 1928; Meerbach K., Die Werkstoffe f. d. Dampfkesselbau, B., 1922; Spalckhaver R. u. Schneiders F., Die Dampfkessel nebst ihren Zubehörteilen u. Hilfseinrichtungen, 2 Aufl., B., 1924; Tetzner F., Die Dampfkessel, 7 Aufl., B., 1923, Stumper R., Die Chemie d. Bau- u. Betriebsstoffe d. Dampfkesselwesen, Berlin, 1928; Die Widerstandsfähigkeit v. Dampfkesselwandungen, hrsg. v. Vereinigung d. Grosskesselbesitzer, B. 1, Berlin, 1927; Jäger H., Bestimmungen über Anlegung u. Betrieb d. Dampfkessel, B., 1926; Richtlinien f. d. Anforderungen an d. Werkstoff und Bau v. Hochleistungsdampfkesseln, B., 1926; Baumann R., Beanspruchung d. Bleche beim Nieten, «Forschungsarbeiten auf d. Gebiete d. Ingenieurwesens», B., 1922, H. 252; «Z. d. VDI», 1892, B. 36, p. 1141, 1305; ibid, 1894, B. 38, p. 868, 1231; ibid., 1895, B. 39, p. 301; ibid., 1898, B. 42, p. 880; ibid., 1906, B. 50, p. 1940; ibid., 1912, B. 56, p. 1890; ibid., 1924, B. 68, p. 41. **Л. Павлушков.**

ЗАКРЕПИТЕЛИ, в техническом черчении и изобразительных искусствах, фиксативы, средства, защищающие рисунки или чертежи, выполненные мягким карандашом, углем, мелом или пастелью, от размазывания, стирания или осыпания и механич. воздействий. З. наносятся помощью распылительного аппарата—фиксатора или просто пульверизатора.

Одним из наиболее действительных закрепляющих средств издавна признается казеин. Закрепление производится снятым молоком или растворами чистого обезжиренного казеина, так называем. казеиновыми лаками. В. Оствальд предложил казеиновый лак, изготовляемый след. обр.: 15 *г* чистого, вполне свободного от жира казеина в порошке растворяют в 750 *см*³ дестиллированной воды, содержащей 10 *г* углекислого аммония; для растворения означенную смесь держат в теплом месте, время от времени хорошо взбалтывая. В полученную желтовато-мутную жидкость вливают затем по частям и при сильном взбалтывании 250 *см*³ этилового спирта; если при употреблении образуется белый осадок, то жидкость декантируют. Основанием для З. также м. б. желатина в виде раствора в дестиллированной воде и 96%-ном спирте; при этом З. пастель не темнеет и хорошо держится. Для закрепления карандаша предложен раствор клея с квасцами и свинцовым сахаром. Весьма распространены различные З. на смоляном основании: таков, напр., спиртовый раствор отбеленного шеллака. Смолу применяют также в виде водной извести. Для этого в раствор *даммара* (см.) и каучука в бензине с хлороформом добавляют небольшое количество водного раствора растворимого стекла; эта суспензия служит З., при чем водное стекло предохраняет защитную пленку от отслаивания и растрескивания. Темпера (клеевая краска), по Дёрнеру, закрепляется расплавленной смесью из равных частей воска и скипидара или спиртовым раствором шеллака с добавкой касторового масла. Другой прием Дёрнера состоит в обработке рисунка 4%-ным водным раствором формальдегида, затем в покрытии 6%-ным раствором желатины и, наконец, в покрытии дамаровым или мастиковым лаком. Предложены и применяются З., основанием к-рых

служат эстеры (сложные эфиры) целлюлозы, например: раствор целлита, цаповый лак, смесь из 30 *г* густого раствора коллодия и 40 *г* ацетонового раствора даммара (30—40 *г* даммара на 180 *г* ацетона). Недостаток коллодийных З.—некоторый глянец образующейся пленки; он м. б. устранен разбавлением раствора коллодия ксилолом.

Лит.: Ritscher J., Anleitung zur Pastellmalerei, 4 Aufl., Dresden, 1900; Jännicke F., Kurze Anleitung zur Tempera- u. Pastelltechnik, Stg., 1893; Coffignier Ch., Les vernis, P., 1921; Loriot, «Technische Rundschau», B., 1907, p. 108; Dörner, «Technische Mitteilungen f. Malerei», Mch., 1911, B. 28, p. 189; «Bayerisches Industrie- u. Gewerbeblatt», Mch., 1911, p. 107; Freund M., «Chemiker-Zeitung», Cöthen, 1918, p. 31; Г. П. 113915; Г. П. 140579; Г. П. 168124; Г. П. 218313; Г. П. 223441; Г. П. 317444. **П. Флоренский.**

ЗАКРЕПЛЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ, обработка волокнистых материалов, производимая до или после крашения и печатания с целью увеличения прочности окраски. При крашении одни красители (кислотные и основные на животных и отчасти субстантивные на растительных и животных волокнах) закрепляются без предварительных или последующих обработок, другие (протравные, основные на растительных волокнах, черный анилин и др.) требуют для своего закрепления обработок некоторыми химич. материалами.

З. к. при крашении. Кислотные и основные красители окрашивают непосредственно только животные волокна, а субстантивные—как растительные, так и животные волокна и поэтому не нуждаются в закреплении. Для закрепления основных красителей на растительных волокнах (напр. на хлопке) последние предварительно обрабатывают веществами кислого характера—жирными кислотами (ализариновым маслом), дубильными веществами (таннином и др.) и продуктами взаимодействия фенолов с серой (закрепителем Т и катанолом), образующими с этими красителями нерастворимые соединения. Эти вещества кислого характера в свою очередь подвергаются на волокнах дополнительным обработкам: например, хлопок, обработанный ализариновым маслом, после сушки обрабатывают солями алюминия; образующаяся алюминиевая соль жирной кислоты дает с некоторыми основными красителями (родамином) яркие и более прочные соединения, чем с одним ализариновым маслом. Таннин образует с основными красителями недостаточно прочные к свету и мытью окраски; поэтому после обработки хлопка раствором таннина его закрепляют солями сурьмы (рвотным камнем, сурьмяной солью), железа, цинка, олова и др., дающими трудно растворимые таннаты; последние при крашении основными красителями образуют нерастворимые лаки. При крашении с помощью катанола и закрепителя Т поступают двояко: волокнистый материал (хлопок) предварительно обрабатывают растворами катанола или закрепителя Т, затем для закрепления их пропускают через раствор к-ты (уксусной или серной), а после этого окрашивают красителем или же сначала обрабатывают раствором красителя, а в заключение пропускают через растворы закрепителя. Сернистые, субстантивные, а также кубовые красители могут закреплять основные красители; этим свойством пользуются для подцвечивания окрасок сернистыми и субстантивными красителями с помощью основных. Для закрепления протравных красителей на растительных волокнах поступают след. обр.: волокнистый материал сначала обрабатывают растворами солей металлов (алюминия, хрома, железа и др.) и для закрепления этих протрав обработанные волокна (пряжу или ткань) завешивают в *зрельни* (см.), где происходит частичный гидролиз до более основных солей; их окончательное закрепление происходит при так наз. меловке—обработке суспензией мела. На протравленном т. о. волокне происходит при крашении закрепление протравных красителей. При крашении хлопка ализарином по алюминиевой протраве в пунцовый цвет перед обработкой солями алюминия (квасцами) производят масловку (от 1 до 3 раз) ализариновым маслом; для его закрепления маслованную пряжу или ткань подвергают сушке («прижиганию»), во время к-рой происходит полимеризация рицинолеиновой к-ты и другие процессы, частично закрепляющие ализариновое масло на волокне. Далее следуют: «квасцовка»—обработка сернокислым алюминием или алюминиевыми квасцами, завешивание (для ткани) в зрельнях, меловка (для ткани) и крашение ализарином. Для окончательного его закрепления следует запаривание («оживка») в котлах под давлением 0,5—1 *atm* в растворе мыла. Для закрепления на хлопковой ткани так наз. хромовых плюсов, представляющих смесь протравного красителя, растворителя, протравы (гл. обр. уксуснокислого хрома) и загустителя, ткань плюсуют, а затем запаривают в течение одного часа в запарке; при этом происходит закрепление протравного красителя. Закрепление протравных красителей на животных волокнах (шерсти и шелке) производят тремя способами: 1) на волокнистом материале предварительно закрепляют соли металлов (алюминия, хрома, железа и др.) кипячением волокнистого материала с квасцами, хромником, железным купоросом в присутствии винного камня; протравленный таким обр. волокнистый материал при последующем крашении закрепляет протравные красители; 2) по второму способу, применяемому главным образом для т. н. хромировочных красителей, волокнистый материал сначала окрашивают как кислотным красителем, который закрепляют (хромируют) с помощью солей хрома (хромпика или фтористого хрома); 3) по т. н. однованному способу З. к. происходит во время крашения одновременно с протравлением, поэтому красильная ванна состоит из красителя, растворителя и протравы (напр. $K_2Cr_2O_7$ и $(NH_4)_2 \cdot SO_4$ — метахромовой протравы). Окраски нек-рыми субстантивными красителями (гл. образом на хлопке) для увеличения их прочности к свету и мытью подвергают последующим обработкам: 1) обработке солями металлов ($CuSO_4$—для увеличения прочности к свету, $K_2Cr_2O_7$ и CrF_3—для увеличения прочности к мытью), 2) диазотированию на волокне и сочетанию с нафтолами (*β*-нафтолом), аминами (*м*-толуилендиамин), 3) сочетанию с

диазотированными аминами (напр. с диазотированным *n*-нитроанилином), 4) обработке формалином, 5) обработке белильной известью (примулин), 6) обработке солидогеном (напр. конго—для увеличения прочности к к-там) и др. С этой же целью нек-рые сернистые красители обрабатывают солями металлов ($CuSO_4$, $K_2Cr_2O_7$), а кубовые—перборатом, перекисью водорода.

З. к. при печатании. При печатании ледяными красителями закрепление происходит уже во время процесса самого печатания. Бо́льшая часть красителей (основные, кислотные, протравные, субстантивные, сернистые, кубовые, черный анилин и альбуминные) требует для закрепления прежде всего запаривания в *запарке* (см.) или *зрельнике* (см.), где под действием влажной горячей атмосферы пара (100—105°) происходит закрепление красителей; при этом кислотные и основные красители на животных волокнах, субстантивные, протравные и альбуминные на растительных и животных волокнах после запаривания закрепляются полностью, основные красители на хлопке требуют после запаривания еще пропуска на соли сурьмы (рвотный камень, сурьмяную соль и др.)—3÷10 *г* на 1 *л* при 30—40°. Сернистые кубовые красители, черный анилин после короткого запаривания в зрельнике ($1^1/_2$—6 мин.) для окончательного закрепления требуют окисления с помощью растворов хромпика (1—2 *г* на *л*). Обработки эти после запаривания производят обыкновенно на проходных аппаратах, состоящих из нескольких ящиков (до 10 шт.), при чем в первом ящике находится раствор для З. к. (рвотный камень, хромпик и друг.), а в последующих—холодная, горячая вода и, если нужно, растворы мыла. При цветных *вытравках* (см.) и резервах также производят З. к., главным образом в зрельниках (редко в запарке).

Лит.: Шапошников В. Г., Общая технология волокнистых и красящих веществ, стр. 680—701, М.—Киев, 1926. **Д. Грибоедов.**

ЗАКРОМ, см. *Сельскохозяйственные постройки.*

ЗАЛЕГАНИЕ, ориентировка исследуемой горной породы по отношению к странам света и к линии горизонта, внешние очертания ее и взаимоотношения к окружающим породам. З. осадочных пород м. б. ненарушенным (в этом случае породы сохраняют свое первоначальное положение) и нарушенным процессами горообразования (в этом случае горизонтальн. слои изогнуты в складки или разбиты трещинами с опусканием или поднятием отдельных участков). Если пласты параллельны между собою, имеет место согласное З.; в том же случае, когда в свите согласно залегающих пластов расположены пласты, хотя бы и согласные между собою, но не параллельные первым, З. называют несогласным (см. *Компас горный*). Условия и формы З. изверженных пород зависят от глубины, на которой они образуются: для глубинных (абиссальных и гипоабиссальных) характерны батолиты, штоки, лакколиты, жилы; для пород, излившихся на поверхность земной коры,—потоки, покровы, конусы и купола (см. *Жилы* и *Лава*).

ЗАМАЗКИ, пластические тестообразные составы, способные прочно приставать к поверхностям твердых тел и затем, в б. или м. короткий срок, переходить в твердое состояние; технич. эффект З. состоит в заполнении щелей, дыр, углублений и прочих неровностей предметов для получения однородной гладкой поверхности, а также для сообщения ей непроницаемости для газов и жидкостей. Понятие З. трудно вполне четко отграничить от родственных понятий цемента, мастики, заливочного состава, клейстера и клея, и потому нередко термин З. применяется к составам иного характера; наоборот, настоящие З. называются иногда цементами, мастиками и клеем. Главные признаки всей этой группы родственных составов сопоставлены в табл. 1.

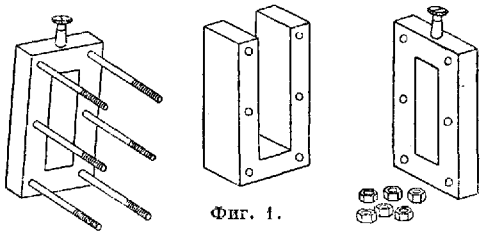
Табл. 1.—Признаки замазок и других родственных составов.

Замазки и составы	Техническая функция		Условие применения	Способ применения	Принцип	Служебное состояние
	главная	вторичная				
Замазка	Заполнение щелей и прочих сравнительно необъемистых пустот	Механич. соединение	В холодном, реже в подогретом состоянии	Вмазывается под некоторым давлением	Химич. схватывание	От крутого-тестообразного до твердого
Цемент	Механич. соединение	Заполнение пустот	В холодном состоянии	Накладывается	Химич. схватывание	Весьма твердое
Заливочный состав	Заполнение широких полостей	Повышение электрич. прочности, сообщение влагоупорности и т. д.	В расплавленном состоянии	Вливается	Тепловое увеличение вязкости	Вязкопластичное
Мастика	Механич. соединение	Сообщение газо- и жидкостенепроницаемости	В расплавленном состоянии	Наливается	Тепловое затвердение	Твердое
Клейстер	Механич. соединение	—	В холодном или подогретом состоянии	Намазывается и втирается	Желатинирование и высыхание	Твердое
Клей	Механич. соединение	—	В холодном или подогретом состоянии	Наводится тонким слоем	Высыхание	Твердое

Общие технические условия. Процесс «схватывания» З. обычно считался наиболее существенною характеристикою их. Однако, промежуточная стадия этого процесса, когда З. утратила пластичность, но еще не схватилась, практически должна считаться не менее важной, и время отвердевания, т. н. Verarbeitungszeit, может существенно отличаться от времени схватывания. При выработке технич. условий, предъявляемых к З., необходимо считаться прежде всего с этим временем отвердевания, поскольку именно им определяются условия работы с данной З. Общие технические условия для З. состоят примерно в следующем. 1) З. должна хорошо приставать к поверхностям, между к-рыми она наносится, не требуя при этом особенно тщательной очистки их. 2) З. должна прочно схватываться, не отставая при этом от поверхностей, к к-рым она примыкает. 3) Усадка З. при затвердевании и при схватывании д. б. возможно меньшей и во всяком случае не доводить состава до появления трещин. 4) При просыхании З. в ней не должно образовываться пузырей. 5) Процесс затвердевания З. должен протекать не слишком быстро, чтобы не помешать работе с З., и не слишком медленно, чтобы не подвергать полужидкую З. различным случайностям; процесс схватывания также д. б. не слишком длительным. 6) До приведения в состояние технич. готовности З. должна иметь способность сохраняться возможно длительно без изменения. 7) Приведение З. в состояние технич. готовности должно делаться быстро и по возможности без специальных сложных приспособлений. 8) Коэфф-т теплового расширения схватившейся З. должен быть по возможности близок к коэфф-ту расширения поверхности, на которую З. нанесена, а в случае разнородности поверхностей—иметь промежуточное между обоими коэффициентами значение. 9) З. должна выдерживать температуру в тех пределах, в к-рых может находиться обработанный ею предмет. 10) З. должна быть непроницаемой для газов и жидкостей (это условие не всегда обязательно). 11) В некоторых случаях З. должна быть электроизолирующей или, наоборот, электропроводящей. 12) З. должна быть определенного цвета и тона, чтобы заделка поверхностей была по возможности незаметной (условие, тоже не всегда обязательное).

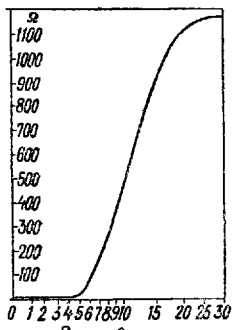
Классификация З. может быть проведена по видам технич. функций, к-рые несут З., по роду поверхностей, на которые З. наносятся, и по принципу физико-химическому, на котором основан процесс затвердевания и схватывания З. Однако, эти процессы изучены лишь в очень немногих случаях, и потому пытаться дать классификацию их было бы преждевременно. В частности следует отметить, что изучению хода этих процессов, вероятно, может оказать существенную помощь рентгенографич. анализ.

Способы испытания З. разработаны до настоящего времени мало и сравнительно трудно поддаются унификации вследствие весьма большого разнообразия З. по химич. составу. Наиболее существенными признаками в отношении каждой З. являются: ход ее затвердевания, срок его, особенности и условия, затем ход процесса схватывания, свойство схватывания З. (гл. обр. степень ее приставаемости к поверхностям, на к-рые она наносится), ее внутреннее сцепление, ее стойкость по отношению к теплу и холоду и

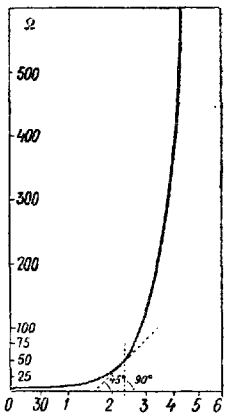


Фиг. 1.

по отношению к химич. реагентам, в нек-рых случаях—ее электр. характеристики. Процесс затвердевания м. б. прослежен малакометрически (см. *Малакометрия*), в частности, напр., при помощи иглы Виката, применяемой при испытании цементов; однако, недостаточная однородность З. препятствует получению таким способом достаточно однородных данных. Другой способ, оказавшийся гораздо более целесообразным, но, к сожалению, не применимый достаточно легко по отношению к каждой З., состоит в измерении ее электрич. сопротивления. Для этой цели служит разборная камера, представленная на фиг. 1. Корпус и стенки сосуда делаются из пертинакса, а пластинчатые электроды—из платиновой жести и перед каждым испытанием заново платинируются. Все стенки, кроме электродных, смазывают вазелином и затем в сосуд накладывают свежезамешанную З. Ход сопротивления в зависимости от времени различен при разных составах З. Так, для одних З. характерна кривая фиг. 2, сначала не показывающая роста сопротивления, а затем, после быстрого нарастания сопротивления, подходящая к асимптотич. значению. При таких кривых время затвердевания определяется отрезком оси абсцисс до начала крутого подъема. В других случаях ход сопротивления имеет вид, к-рый представлен на фиг. 3; при непрестанном возрастании сопротивления здесь остается неясным, что именно называть временем затвердевания, и потому принято, б. или м. условно, нахо-

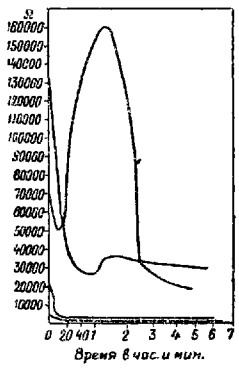


Фиг. 2.

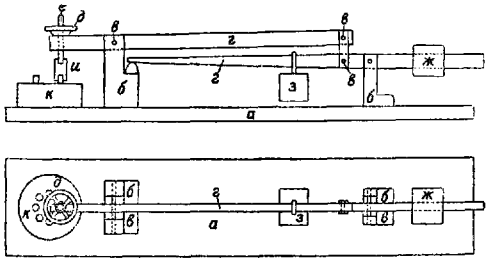


Фиг. 3.

дить это время посредством проведения касательной, составляющей с осью абсцисс угол в 45°. Абсцисса точки касания этой касательной и принимается за время затвердевания. Возможны случаи, когда кривая сопротивления не возрастает (фиг. 4), а падает по мере затвердевания замазки, а иногда, кроме того, имеет максимумы или минимумы; здесь требуется всякий раз особая оговорка, какую именно абсциссу принимать за время затвердевания. Другие свойства З. испытываются общими приемами материаловедения и не имеют еще собственной методики. Наконец, прочность З. на приставаемость может испытываться специальным разрывным аппаратом, измеряющим усилие, необходимое для того, чтобы выдернуть нормальный латунный штифт из гнезда в фарфоровой пластине, когда он примазан в этом гнезде испытуемою З. План и профиль этого аппарата представлены на фиг. 5. Устройство его таково: на деревянном основании *а* укреплены железные подставки *б*; рычаги *г* из полосового железа 15 × 30 *мм* вращаются на пальцах *в*; на конце верхнего из рычагов имеется маховичок *д* и шпиндель с винтовой нарезкой *е*; *ж*—железный противовес, а *з*—подвижной груз, состоящий из железной коробки, наполняемой ртутью, *и*—приспособление для захватывания штифта, *к*—держатель для нормальной пластины, содержащей 10 гнезд.

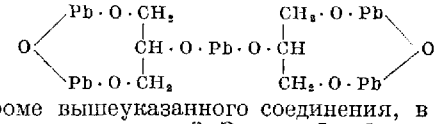


Фиг. 4.



Фиг. 5.

Глицериново-свинцовые З. составляются из тончайшего порошка (отмученного и хорошо просушенного) свинцового глета и глицерина (напр. 5 *кг* глета на 0,5 *л* глицерина). Глицерин м. б. взят технический—светложелтый, с запахом, но д. б. густ и не должен содержать много воды. Замешенное тесто применяется при начале затвердевания; через 20—30 минут такая З. затвердевает в каменистую массу желтого цвета, весьма плотную и настолько твердую, что ее можно разбить лишь при помощи стамески и молотка. Эти З. хорошо пристают к поверхностям дерева, камня, стекла, фарфора, металла; перед употреблением нужно смазать поверхности густым (неочищенным) глицерином. Нагреванием затвердевшей замазки до 80—90° в течение 24 часов обнаруживают в ней лишь следы воды, несмотря на то что вода была в глицерине. Таким образом, реакция затвердевания и схватывания происходит без выделения воды, и, следовательно, правильною должна считаться схема В. Фаубеля (1928 г.):



Дальнейшее длительное нагревание этой З. при 120—130° ведет к выделению воды и образованию весьма стойкого соединения:

Кроме вышеуказанного соединения, в глицериново-свинцовой З., по Фаубелю, возможно образование также соединений с меньшим содержанием PbO.

Вместо глета возможно составление подобной же З. со свинцовым суриком (представляющим, как полагают, ортоплумбат свинца, Pb_3O_4), но затвердевание происходит в данном случае гораздо медленнее.

Табл. 2.—Результаты испытаний глицериново-свинцовой замазки.

Глет	Сурик	Глицерин	Вода	Затвердевание
134	—	18,5	4,5	Немедленное при замешивании
134	—	37	—	Через 1—½ часа
67	67	18,5	18,5	Немедленное при замешивании
—	134	18,5	4,5	Через 2—½ часа

Наконец, возможно сочетание глета с суриком. В табл. 2 сопоставлены данные по испытанию глицериново-свинцовой З. Удельное электрическ. сопротивление как глета и сурика, так и З. с этими ингредиентами весьма велико. Сопротивление затвердевающей З. колеблется, но в общем несколько падает у конечного продукта; величина его—порядка до 80 000 Ω-*см*.

Хлорокись-цинковая З. При замешивании порошкообразной окиси цинка (мол. в. ок. 80) с водным раствором хлористого цинка $ZnCl_2$ (мол. в. около 136) получается тесто, быстро переходящее в весьма твердую, белую, хорошо пристающую к поверхностям и химически стойкую массу, представляющую один из разнообразных видов хлорокиси цинка

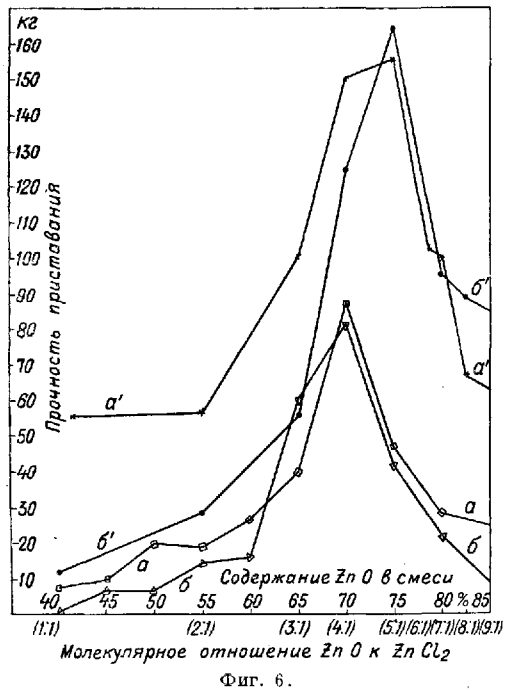
$$xZnO \cdot yZnCl_2 \cdot zH_2O.$$

Искусственная задержка этой слишком быстро идущей реакции м. б. достигнута прибавкою замедлителей (бура, спирт, ацетон и т. д.), образующих двойные соли или иные соединения, а также предварительною прокалкою окиси цинка, к-рая понижает степень дисперсности этой окиси и тем уменьшает ее активную поверхность. Весовые соотношения окиси цинка и хлористого цинка, отвечающие различным молекулярным соотношениям, представлены в табл. 3. Наиболее рациональное соотношение составных

Табл. 3.—Зависимость между молекулярными и процентными соотношениями окиси цинка и хлористого цинка.

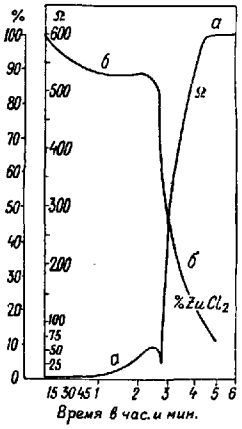
Молекулярные отношения $ZnO : ZnCl_2$	Весовое содержание в %	
	ZnO	$ZnCl_2$
1 : 1	37,38	62,62
2 : 1	54,42	45,58
3 : 1	64,17	35,83
4 : 1	70,48	29,52
5 : 1	74,91	25,09
6 : 1	78,17	21,83
7 : 1	80,69	19,31
8 : 1	82,68	17,32
9 : 1	84,31	15,69
10 : 1	91,78	8,22

частей устанавливается кривыми фиг. 6, показывающими прочность хлорокись-цинковой З. на приставание к металлич. штифту и фарфору; во всех случаях замедлителем служила бура, добавляемая в количестве 1,25 *г* на каждые 15 *г* хлористого цинка. Что же касается воды, то ее добавляли в возможно меньшем количестве, при котором можно было еще замесить тесто: примерно 30—50 *г* на 100 *г* смеси ZnO и $ZnCl_2$. Кривые *аа* и *а'а'* относятся к прокаленной окиси цинка с фарфоровой фабрики Фейльсдорф, кривая *бб*—к окиси цинка от Кальбаума и кривая *б'б'*—к не очень прокаленной окиси цинка от Грюнзигеля. Хорошо выраженный максимум прочности З. у кривых *аа* и *бб* падает на соотношение 70 % ZnO к 30 % $ZnCl_2$, что соответствует молекулярному соотношению

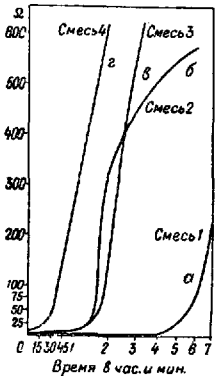


Фиг. 6.

4 ZnO : 1 $ZnCl_2$; у кривых же *а'а'* и *б'б'* этот максимум падает на молекулярное соотношение 5 ZnO : 1 $ZnCl_2$, при чем максимальное значение почти вдвое больше, чем для кривых *аа* и *бб*. При замешивании прокаленной окиси цинка требуется меньшее количество воды, нежели при замешивании непрокаленной. Это обстоятельство ведет к меньшему времени просыхания З., к устранению образования трещин, возможных при испарении излишней воды, и пузырей,

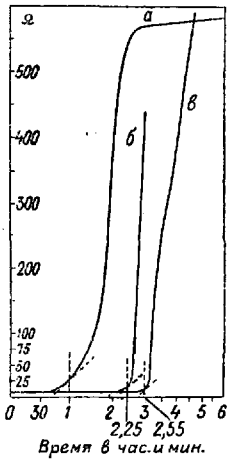


Фиг. 7.



Фиг. 8.

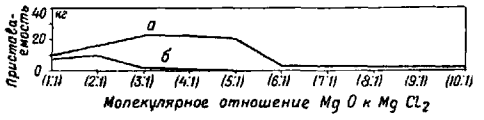
образующихся при наличии избыточной воды, если З. приходится просушивать горячим способом. Процесс затвердевания хлорокись-цинковой З. хорошо прослеживается электрич. способом, тогда как малакометрически (помощью иглы Вината), вследствие неоднородности З., данные получаются весьма расходящиеся (даже на 100 %). Сопротивление З. (кривая *аа* на фиг. 7) быстро возрастает во время самого затвердевания, при чем содержание свободного хлористого цинка, пересчитанное на исходное полное количество (кривая *бб* на фиг. 7), соответственно падает. Длительность времени затвердевания определяется многими факторами: количеством вступающих в реакцию составных частей, количеством воды, участвующей в реакции в качестве растворителя хлористого цинка, количеством замедлителя, температурою, длительностью замешивания З. и величиною частиц твердой фазы. Зависимость времени затвердевания от количества воды и замедлителя представлена на фиг. 8. Кривые *а*, *б*, *в*, *г* относятся к З., составленным из 70 *г* ZnO и из 43 *г* раствора $ZnCl_2$ (уд. в. 1,425 при 19,5°); воды в случаях *а* и *б* по 10 *г* (в *в* и *г* она отсутствует); буры в случаях *б* и *г* по 1 *г*, в *а* и *в*—по 2 *г*. Время затвердевания выражается числами: в случае *а*—345 мин., *б*—90 мин., *в*—64 мин. и *г*—22 мин.; так. обр., вода действует здесь как замедлитель. Зависимость времени затвердевания от величины частиц представлена на фиг. 9, где наименьшее время затвердевания—1 ч. (кривая *а*)—соответствует наиболее тонким части-



Фиг. 9.

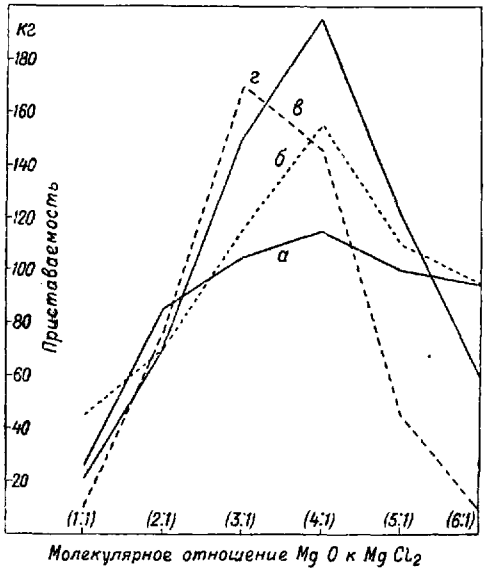
цам, наибольшее—2 ч. 55 мин. (кривая *в*)—наиболее грубым частицам, а среднее—2 ч. 25 мин. (кривая *б*)—средним.

Хлорокись-магниевая З., называемая также цементом Сореля или магниевой З., готовится из окиси магния, MgO,



Фиг. 10.

замешенной в тесто с водным раствором хлористого магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$). Наибольшую приставаемость дает молекулярн. отношение 4 MgO : 1 $MgCl_2$. Однако, максимум у кривой зависимости приставаемости от состава не выражен достаточно резко, и молекулярные отношения 1 MgO : 1 $MgCl_2$ и 5 MgO : 1 $MgCl_2$ дают результаты, мало отличающиеся от наивыгоднейшего, тогда как отношения 6 : 1 и выше дают результаты негодные (фиг. 10). Указанное наивыгоднейшее отношение получается при 16 ч. MgO на 20 ч. $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ и 16 ч. воды; при этом хороший результат



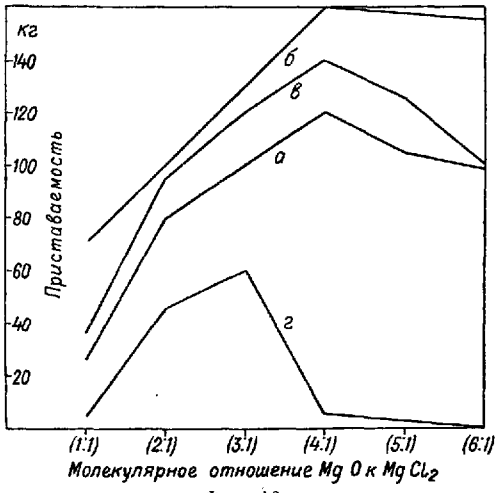
Фиг. 11.

получается лишь с окисью магния из свежепрокаленного магнезита $MgCO_3$ (кривая *а*), тогда как продажная магнезия (кривая *б*) дает З. мало удовлетворительные. Состав схватившейся хлорокись-магниевой З. зависит от условий ее получения и потому представлялся разными авторами различно:

$MgCl_2 \cdot 2MgO \cdot 9H_2O$ (А. Кригер, 1910 г.),
$MgCl_2 \cdot 5MgO \cdot 13H_2O$ (Г. Гоф, 1909 г.),
$MgCl_2 \cdot 5MgO \cdot 17H_2O$ (К. Бендер),
$MgCl_2 \cdot 10MgO \cdot 14H_2O$ (О. Краузе).

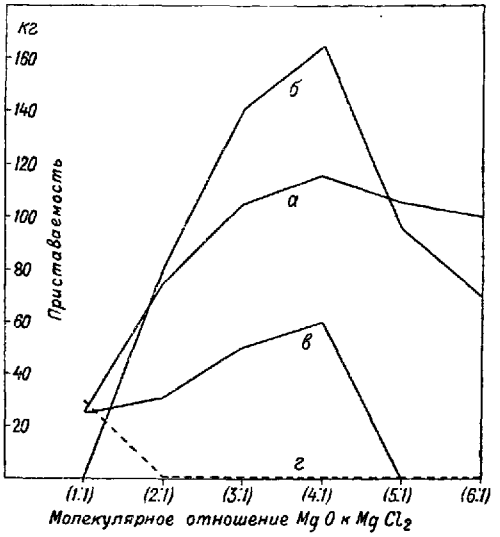
Быстрая просушка этой З. в шкафу при 100° недопустима, т. к. ведет к растрескиванию и отскакиванию от поверхностей. Приставаемость рассматриваемой З. возрастает от прибавки наполнителей: песка (фиг. 11), известкового шпата $CaCO_3$ (фиг. 12) и каолина (фиг. 13). На фиг. 11—13 показана зависимость приставаемости З. от соотношения MgO и $MgCl_2$ при разном содержании наполнителей. Во всех трех диаграммах кривая *а* относится к случаю отсутствия наполнителя, кривая *б*—к содержанию в 100%, кривая *в*—к содержанию в 200% и кривая *г*—к содержанию в 400%. Как видно из кривых, песок дает наилучшие результаты при содержании в 200%, а известковый шпат и каолин—при содержании в 100%.

Мраморная З., или мраморный цемент, известная также под названием цемента королевы, белого англ. цемента или каррарской массы, состоит из гипса в кусках или размолотого, пропитанного 8%-ным раствором квасцов; после просушки гипс



Фиг. 12.

прокаливают, толкут и при употреблении смешивают с 8%-ным раствором квасцов для замедления схватывания и для более красивого вида. Эта замазка находит широкое применение в электротехнике, при монтаже.



Фиг. 13.

З. для железа и чугуна обыкновенно содержат железные опилки, серный цвет, хлористый натрий или аммоний и к-ту

серную или уксусную. Физико-химич. свойства их не изучены достаточно. Приводим несколько рецептов с указанием весовых частей. 1) З. для железных предметов: поваренной соли 3 ч., серного цвета 1 ч., железа в порошке 30 ч., серной кислоты разведенной 1 ч., воды—до образования кашицы. 2) З. для скрепления железа с камнем: железных опилок 20 ч., жженого гипса 60 ч., нашатыря 1 ч., уксуса—до образования теста. 3) З. для уплотнения железных сосудов: железных опилок 85 ч., серного цвета 10 ч., нашатыря 5 ч., воды—до получения теста; З. затвердевает через неделю и противостоит кипящей воде.

З. для цинка и других металлов, камня и пр. составляются из растворимого стекла с порошком железа или цинка или сернистой сурьмы, иногда с примесью мела.

Печные З., для заполнения трещин, содержат обычно глину или каолин. Напр.: каолина 2 ч., тяжелого шпата 5 ч., порошка стекла или мелкого песка 3 ч., мела или гашеной извести 2 ч., растворимого стекла—до получения теста; соответственною заменою тяжелого шпата З. можно окрашивать в различные цвета. Трещины в железных печах заполняются замешиваемым на молоке тестом из 1 части перекиси марганца, 4 ч. сухой глины, 5 ч. буры; нанесенная на поверхность З. должна сохнуть на холоду не менее суток. Другой рецепт печной замазки: железных опилок 1 часть, глины 2 ч., буры 1 часть и воды—до образования теста.

З. для стекла, применяемая для оконных рам, состоит из 85 ч. просушенного мела в виде тонкого порошка и 15 ч. льняной олифы или льняного масла; последнее м. б. заменено конопляным. Пластичность этой З. возрастает от ударов по ней и от разминания, но при спокойном лежании утрачивается—З. черствеет и крошится, а при новом разминании получает прежние свойства. Чтобы З. оставалась мягкою также и в зимнее время, к ней прибавляют коровьего масла или невысыхающего растительного масла, напр. оливкового.

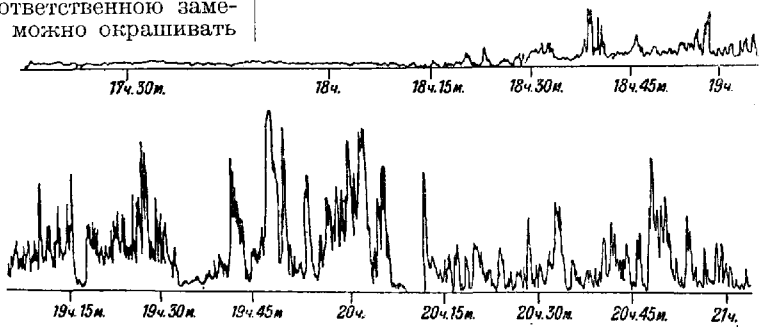
З. для водопроводных работ, применяемая для стыков водопроводных и паровых труб, состоит из 12 ч. портланд-цемента, 4 ч. белил свинцовых, 1 ч. глета свинцового, 1 ч. канифоли; этот цемент замешивается с льняным маслом. Для газовых и водопроводных труб применяются также различные непроницаемые З., напр.: тесто из свинцовых белил или сурика с льняным маслом или тесто из белил, перекиси марганца и каолина, по 1 ч., с марганцевой олифой.

Для дерева применяется З. на льняной олифе; напр., для деревянных сосудов—получаемая кипячением в течение 10 мин. и применяемая в горячем виде смесь из 10 ч. густого раствора столярного клея, 5 ч. льняной олифы и 1 ч. свинцового глета.

Для конопачения лодок обыкновенно применяют тесто из гашеной извести с рыбьим жиром.

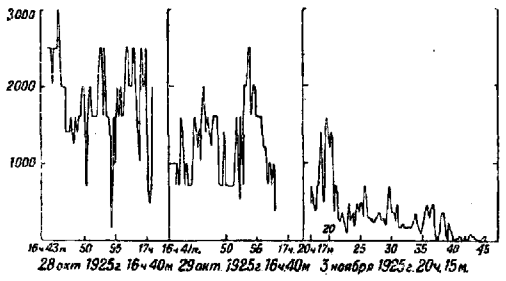
Лит.: Клинге А., Цементы, замазки и склеивающие вещества, 5 изд., Л., 1928; Fritsch J., Colles et mastics d'après les procédés les plus récents, P., 1925; Nagel W. u. Grüss J., Untersuchungen über Kitte u. Vergussmassen, «Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus d. Siemens-Konzern», B., 1928, B. 6, H. 2, p. 150—173 u. B. 7, H. 1, p. 372—382; Stock E., Die Kitte, deren Einteilung, Verwendung u. Herstellung, «Seifensieder-Ztg», Augsburg, 1915, B. 42, p. 377—378; Halen S., «Kunststoffe», Mch., 1912, Jg. 2, p. 321 und ff.; Varrertrapp F., «Dingl.», Stg., 1850, B. 115—118; «Farben-Ztg», B., 1914, Jg. 20, p. 1141 (устройство ф-ки замазок); Breuer C., Kitte u. Klebstoffe, 2 Aufl., Lpz., 1922; Lehner S., Die Kitte u. Klebmittel, 9 Aufl., W., 1922; Jepp W., Die Kitte u. Klebstoffe, 6 Aufl., Lpz., 1922; Blücher H., Plastische Massen. Die Erzeugung, Verarbeitung u. Verwendung v. Kunststoffen, Lpz., 1924; Vaubel W., «Z. ang. Ch.», 1928, Jg. 41, p. 181. **П. Флоренский.**

ЗАМИРАНИЕ (ранее фединг, фадинг), уменьшение или вообще изменение силы приема радиосигналов вплоть до полного временного прекращения их приема в данном месте, вследствие изменений, происходящих в пространстве между приемником



Фиг. 1.

и передатчиком. З. обнаруживается на всех волнах, используемых радиотехникой, однако, оно наиболее значительно и наиболее вредит радиоприему на средних (600—100 *м*) и коротких (100—10 *м*) волнах. На фиг. 1



Фиг. 2.

показана кривая силы сигнала радиостанции, работающей на волне 300 *м*, записанная регистрирующим миллиамперметром, а на фиг. 2—кривая замирания на короткой волне (31 *м*); ордината этой кривой—коэффициент слышимости (см. *Измерения в радиотехнике*).

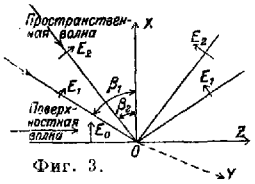
Наблюдения показали, что З. бывают следующих видов: 1) по времени действия—а) короткие, с продолжительностью в не-

сколько долей секунды, б) продолжительные—в несколько секунд или даже минут; 2) по характеру—а) регулярные, с определенной повторяющейся периодичностью ослабления и усиления приема, б) нерегулярные.

Категории З. Главными причинами З. являются: 1) интерференция двух или нескольких лучей, пришедших от передатчика к приемнику путями различной длины; это т. н. интерференционное, или фазовое З.; 2) изменение наклона поляризации волны—поляризационное З. 3) изменение поглощения отдельных лучей в верхн. слоях атмосферы — абсорбционное З.

Опыт показывает, что основным видом З. как на средних, так и на коротких волнах (больше чем в 80% случаев наблюдений) является интерференционное З., сопровождаемое и другими видами З., проявляющимися в лучах, пришедших к приемнику от верхних слоев атмосферы,—т. н. осложненное интерференционное З. Природа интерференционного З. различна на средних и коротких волнах. На средних волнах в большинстве случаев происходит интерференция поверхностной волны, распространяющейся вдоль земной поверхности, с волнами, пришедшими к приемнику под углом относительно земли («нисходящие» волны) после отражения их от верхних слоев атмосферы (слой Хивисайда). На коротких волнах поверхностная волна очень быстро, в зависимости от расстояния, поглощается в почве, а потому З. возникает вследствие интерференции нескольких нисходящих волн после отражения или рефракции их 1) от слоев разной высоты, лежащих в вертикальной плоскости на пути между передатчиком и приемником, 2) от вертикальных поверхностей слоя Хивисайда, образуемых в «сумеречных» зонах и лежащих параллельно или под небольшим углом к вертикальной плоскости, проведенной через передатчик и приемник, и 3) от электронных концентраций, находящихся вблизи магнитных полюсов или выше слоя Хивисайда,—ближнее эхо (с запаздыванием сигнала порядка 0,01 сек.). Наконец, интерференция на короткой волне м. б. также вызвана т. н. круговыми волнами, обогнувшими земной шар и пришедшими к приемнику с противоположн. стороны относительно кратчайшего расстояния по дуге большого круга до передатчика, — мировое эхо (с запаздыванием сигнала порядка 0,1 сек.).

Теория З. Электрическое и магнитное поля нисходящих волн E_1 и H_1 и E_2 и H_2 (фиг. 3) м. б. разложены в плоскостях распространения волны на составляющие: 1) вертикальные E_1' и H_1' и E_2' и H_2' и 2) горизонтальные E_1'' и H_1'' и E_2'' и H_2''. Тогда в пункте O расположения приемной станции напряженность электрич. и магнитного полей представится системой ур-ий.



Фиг. 3.

Координата OX: $H_x=0$,

$$E_x = E_0 \sin \omega t + 2E_1 \sin \beta_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + 2E_2 \sin \beta_2 \sin(\omega t + \varphi_2) + \ldots$$

Координата OY (под прямым углом к плоскости чертежа фиг. 3): $E_y=0$,

$$H_y = H_0 \sin \omega t + 2H_1 \sin(\omega t + \varphi_1') + 2H_2 \sin(\omega t + \varphi_2') + \ldots$$

Координата OZ: $E_z=0$,

$$H_z = 2H_1 \cos \beta_1 \sin(\omega t + \varphi_1'') + 2H_2 \cos \beta_2 \sin(\omega t + \varphi_2'') + \ldots$$

Здесь $\omega = 2\pi f$—угловая частота волны, φ_1, φ_1', φ_1'', φ_2, φ_2', φ_2'' и т. д.—углы сдвига фазы между поверхностной волной и различными составляющими нисходящих пространственных волн. При приеме на вертикальную антенну эдс, возбуждаемая в антеннах, обусловливается координатой OX. Для упрощения



Фиг. 4.

в дальнейшем предположено, что принимается одна нисходящая волна. Пусть d и d_1—соответственно длина пути поверхностной и пространственной волн и t_0—время передачи; тогда на приеме

$$E_x = E_0 \sin \omega \left(t_0 + \frac{d}{v}\right) + 2E_1 \sin \beta_1 \sin \omega \left(t_0 + \frac{d_1}{v}\right),$$

где v—скорость волны в пространстве. Если, далее, $D = d - d_1$ и $t = t_0 + \frac{d}{v}$, то

$$E_x = E_0 \sin \omega t + 2E_1 \sin \beta_1 \sin \omega \left(t - \frac{D}{v}\right) = E_0 \sin \omega t + 2E_1 \sin \beta_1 \sin(\omega t + \varphi),$$

где

$$\varphi = \frac{\omega D}{v} = \frac{2\pi D}{\lambda}.$$

В приемнике, связанном с открытой антенной, действует эдс

$$E_a = E_x = \sqrt{E_0^2 + 4E_1^2 \sin^2 \beta_1 + 4E_0 E_1 \sin \beta_1 \cos \varphi}.$$

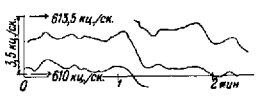
Для замкнутой антенны, взявши $\frac{d}{dt}(H_y)$, найдем:

$$E_z = \sqrt{E_0^2 + 4E_1^2 + 4E_0 E_1 \cos \varphi}.$$

Здесь магнитные поля заменены пропорциональными им электрич. полями. Следовательно, З. при интерференции м. б. вызвано изменениями φ, β_1 и E_1, т. е. изменениями фазы, угла наклона и интенсивности нисходящей волны.

1. Угол φ зависит от изменения D, к-рое в свою очередь определяется изменениями d_1. При $\frac{D}{\lambda} = a$ (где a—любое целое число) $\cos \varphi = 1$ и E_a и E_z достигают максимумов; если же $\frac{D}{\lambda} = \frac{a}{2}$, то $\cos \varphi = -1$, и E_a и E_z проходят через минимумы. При изменении только λ величина φ также изменяется. Таким образом, в данном месте З. зависит от λ, а следовательно, имеет избирательный характер—избирательное З., подтверждаемое и наблюдениями. На фиг. 4 показаны осциллограммы боковых частот и несущей

частоты, заснятые в отдельности, по одновременно в ночное время, при передаче на волне 500 *м* и модуляционной частоте 500 пер/ск. Далее, наблюдения показывают, что З. при разнице в частотах примерно от 1 000 до 2 500 периодов получаются противоположными в своих изменениях. На фиг. 5 можно видеть размеры типичных интервалов между минимумами в зависимости от времени при избирательном замирании, найденные на волне около 500 *м*.



Фиг. 5.

2. Изменения угла β_1 при тех величинах, которые наблюдаются на средних волнах, приводят в общем к незначительным колебаниям силы приема. На фиг. 6 показаны кривые приема на рамку, не реагирующую на изменение угла β_1, и на открытую антенну, исключающую прием поверхностной волны. Хорошее совпадение этих кривых указывает на незначительность влияния изменения β_1 на величину E_a.

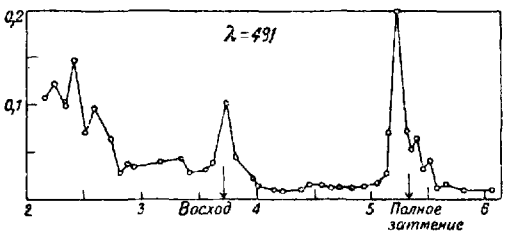


Фиг. 6.

3. Зависимость З. от изменения E_1 характеризуется ур-ием

$$\frac{E_a}{E_a'} = \sqrt{1 + 4\left(\frac{E_1}{E_0}\right)^2 \sin^2\beta_1 + 4\frac{E_1}{E_0}\sin\beta_1\cos\varphi},$$

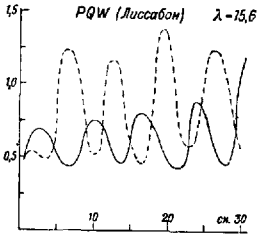
где E_a—напряжение в антенне при наличии нисходящей волны и E_a'—напряжение только при поверхностной волне. На фиг. 7 показана типичная кривая зависимости $\frac{E_1}{E_0}$ от времени, полученная в Англии во время полного затмения в 1927 г. на волне 491 *м*.



Фиг. 7.

4. Из ур-ия для E_a и E_z можно также усмотреть следующее интересное свойство интерференционного З. Удаляя 2 приемника (или несколько) на нек-рое расстояние друг от друга (практически установлено наивыгоднейшее расстояние, равное 2—4 длинам волн), можно найти такое их расположение (такое D), при котором З. в обоих будут противоположны в своих изменениях—л о к а л и з о в а н н о е З.

На коротких волнах З. обусловливается интерференцией 2 пространственных волн; при этом бо́льшую роль, чем это было при средних волнах, играет угол β_1 (β_2 и т. д.). На коротких волнах может происходить полное вращение электрич. вектора, т. е. так называемая циркулярная поляризация с вращением по преимуществу в сторону часовой стрелки. Она может наблюдаться лишь в определенное время года и на определенных станциях. На фиг. 8 показана сплошной линией кривая приема на вертикальную антенну и пунктиром — на горизонтальную антенну, наблюденные в Англии на волне 15,6 *м* и типичные для этого вида замирания.



Фиг. 8.

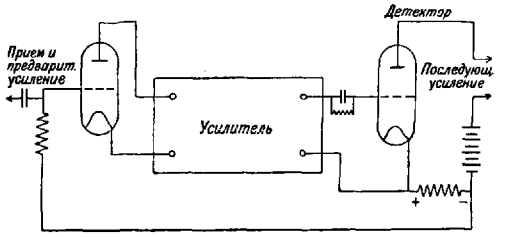
Главными факторами, вызывающими изменения E_1, d_1 и β_1, м. б.: 1) малые колебания поля земного магнетизма (при изменении силы земного поля на $^1/_{3800}$ часть может произойти вращение плоскости поляризации нисходящей волны на 90°); 2) изменения давления воздуха и другие метеорологич. явления, вызывающие изменения в структуре верхних слоев атмосферы; 3) деятельность солнечных пятен и другие космич. причины, изменяющие электрич. состояние верхних слоев атмосферы.

Действие З. на радиоприем и методы ослабления З. при приеме. Действие замирания на прием как на средних, так и на коротких волнах, по наблюдениям, зависит: 1) от времени суток—на средних волнах З. сильнее ночью (фиг. 1), на коротких—в сумерки или в часы после появления или перед прекращением проходимости данной волны при приеме в данном месте (фиг. 2); 2) от расстояния—на средних волнах З. тем сильнее, чем больше расстояние, при чем на ближних расстояниях наблюдаются главным образом короткие З., на больших расстояниях—продолжительные; на коротких волнах З. больше вблизи границы *зоны молчания* (см.); очень часто З. бывают сильнее на ближних расстояниях и меньше на дальних, что объясняется гл. обр. интерференцией, обязанной волнам ближнего эхо; 3) от длины волны—наибольшие замирания наблюдаются в пределах 200—150 *м*, а далее, чем волна короче, тем в общем меньше результирующее действие З.; в диапазоне 600÷200 *м* действие замирания характеризуется уравнением $\frac{T}{\lambda} = f(d)$, где T—период З.

З. очень затрудняет радиоприем. При радиотелефонном приеме избирательное З. приводит прежде всего к значительным искажениям, характер которых все время изменяется. При радиотелеграфном приеме, помимо искажений, изменения силы приема, обусловливаемые З., делают весьма затруднительным, а иногда и невозможным, автоматич. прием сигналов на телеграфные аппараты. При слуховом приеме положение несколько лучше, т. к. человеческое ухо реагирует только на изменения амплитуды от 20% и до нескольких сотен % в зависимости от скорости изменения и абсолютн. силы звука.

Для борьбы с последствиями З. современной радиотехникой применяются следующие методы: 1) М е т о д ы, и с п о л ь з у ю щ и е с в о й с т в а и з б и р а т е л ь н о с т и З.: передача двумя или несколь-

кими смежными волнами; тональная передача; сверхгенеративный или модулированный радиоприем; передача одной боковой полосой частот при радиотелефонировании. 2) Методы ограничения чрезмерных максимумов при приеме: большие усиления с последующим ограничением силы сигналов или регулировкой усиления самими сигналами путем уменьшения чувствительности усилителя при чрезмерно сильных сигналах;



Фиг. 9.

типичная схема такого усилителя показана на фиг. 9. 3) Методы, использующие свойства пространственности или локализованности З.: применение на передаче и на приеме направленных антенн с резко выраженной направленностью и пространственным действием—лучевая система. Прием с нескольких расставленных на определенные расстояния идентичных или различно поляризованных антенн с последующим сложением эффектов на низкой частоте или в выпрямителе. Способы 1-й и 2-й группы дают улучшения лишь при неглубоких З. Способы, относящиеся к 3-й группе, обеспечивающей значительное улучшение приема и в том случае, когда на обычных антеннах имеют место глубокие З. Напр., применение лучевой антенны позволяет иметь автоматич. прием с большими скоростями (между тем как на обычную антенну затруднителен и слуховой прием), что приводит к значительному увеличению числа часов приема на данной волне в данном месте и к увеличению скорости приема примерно от 3 до 5 раз.

З. на длинных волнах, вообще чрезвычайно редкие, наблюдаются лишь при неустойчивых метеорологич. условиях и магнитных бурях в сумерки. Продолжительность их оценивается в несколько минут, и влияние их на прием почти незаметно.

Лит.: Куксенко П. Н., О последних достижениях в области радиосвязи короткими волнами, «Война и техника», вып. «Связь Кр. армии», М., 1926, *52*; Appleton E. V., The Study of Signal Fading, «Journal of the Inst. of Electr. Engineers», L., 1928, v. 66, p. 872; Friss H. T., Oscillographic Observations on the Direction of Propagation and Fading of Short Waves, «Proc. of the Inst. of Radio Engineers», N. Y., 1928, v. 16, *5*, p. 158; Colwell R. C., Fading Curves along a Meridian, ibid., v. 16, *11*, p. 1570; Smith T. A. a. Rodwin G., An Automatic Fading Recorder, ibid., 1927, v. 15, *1*, p. 41; Breit G., A Suggestion of a Connection between Radio Fading a. Small Fluctuations in the Earth's Magnetic Field, ibid., v. 15, *8*, p. 709; Rangachari T. S., Fading Measurements in India on the Short-wave Station PCJJ (Holland), «Experimental Wireless a. Wireless Engineer», L., 1928, v. 5, *60*, p. 501; Measurement of Fading, «Scient. Papers of the Bureau of Standards», Wsh., *561o*; Eckersley T. L., The Polarization a. Fading of Short Wireless Waves, «Nature», L., 1928, v. 121, p. 707; Lardry M. P., Nouvelle contribution à l'étude de la propagation des ondes, «L'onde électrique», P., 1925, t. 4, *45*, *46*, p. 355, 401; Lardry M. P., Étude sur les irrégularités de la propagation des ondes courtes, ibid., 1924, t. 3, *33*, p. 449; Lardry M. P., Étude de l'évanouissement sur les ondes courtes, ibid., p. 254; Lardry M. P., Suite d'une étude sur la propagation des ondes courtes, ibid., 1927, t. 6, *70*, p. 465; Gherzi E., Fading on Short Waves at Long Distances, «Q. S. T.», Hartford, 1928, v. 12, *6*, p. 31; Appleton E. V. a. Barnett A. F., On Wireless Interference Phenomena between Ground Waves a. Waves Deviated by the Upper Atmosphere, «Proc. Royal Soc. of London», L., 1926, *113*, p. 450—458; Pickard G. W., Short-period Variations on Radio Reception, «Proc. of the Inst. of Radio Engineers», N. Y., 1924, v. 12, *2*, p. 119—158; Appleton E. V. a. Ratcliffe J. A., On the Nature of Wireless Signal Variations, «Proc. Royal Soc. of London», L., 1927, *115*, p. 291—317; Esau A., Über d. Verhalten v. Empfängern bei Polarisationsänderungen d. elektrischen Wellen (Fadingerscheinungen), «Jahrbuch d. drahtl. Telegraphie u. Telephonie», B., 1926, B. 28, H. 2.

П. Куксенко.

ЗАМКНУТАЯ АНТЕННА, *антенна* (см.), состоящая из одного или большего числа полных витков провода. К категории З. а., понимаемой в широком смысле как противопоставление классу открытых антенн, относятся: З. а. в собственном смысле этого термина, *рамки* (см.), гониометрич. антенны замкнутого типа (см. *Гониометр*), *волновая антенна* (см.), контурные пеленгаторы (см. *Пеленгаторы*) и нек-рые другие. З. а., в узком смысле слова (контурная антенна), противополагаемая рамке (рамочной антенне), характеризуется одним или очень малым числом витков, большой площадью каждого витка; кроме того, она обычно подвешивается к той или иной сетевой опоре или опорам, тогда как рамка, представляя собою большое число витков с малой площадью каждого, делается обыкновенно передвижной и поворотной и устанавливается внутри здания. В дальнейшем под З. а. разумеется частный случай контурной антенны, т. к. все остальные виды описываются отдельно. В современной радиотехнике все виды З. а., кроме волновой, применяются для целей радиоприема и радиопередачи; особенности излучения и приема при помощи замкнутых форм по сравнению с открытыми см. *Излучение и прием*.

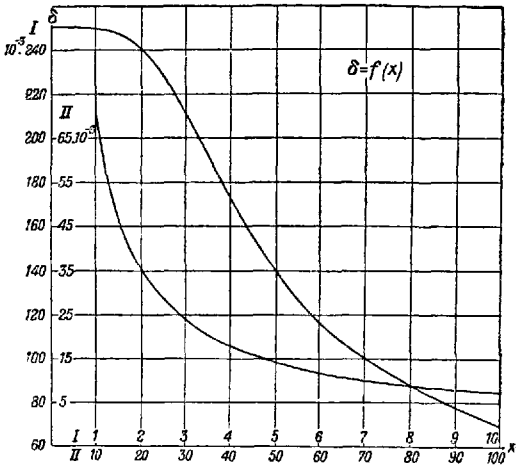
Характерной особенностью всей категории З. а. является резкое по сравнению с открытой антенной направленное действие. Поэтому преимущественное применение З. а. находят в пеленгаторах и приемных устройствах, использующих направленность для целей многократного или избирательного (чтобы избавиться от помех) радиоприема, в радиомаяках и некоторых других передающих устройствах, предназначенных для посылки энергии в определенном направлении. В то время как для приема З. а. применяются на всем диапазоне волн, используемом современной радиотехникой (от единиц *м* до десятков тыс. *м*), излучение при помощи З. а. практически известно пока лишь в диапазоне средних волн (~100÷1 500 *м*).

Параметры одновитковой З. а. Основным, отправным при расчетах З. а., параметром является коэфф. самоиндукции (далее упрощенно «самоиндукция»); для одновитковых фигур эта величина определяется по формуле

$$L = 2l\left(\ln\frac{2S}{rl} - \varphi + \mu\delta\right),$$

где l—периметр витка, S—его площадь, r—

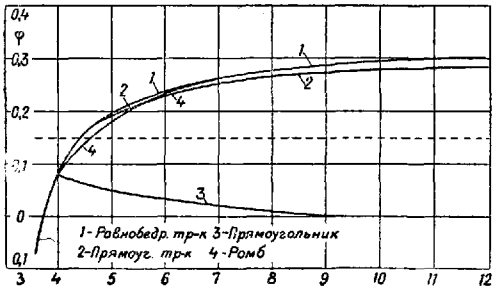
радиус поперечного сечения провода, μ—магнитная проницаемость; величина δ учитывает магнитный поток внутри провода и находится по кривой фиг. 1; по оси абсцисс отложено значение $x = 0{,}281\, r\sqrt{\frac{\mu f}{\varrho}}$, где f—частота, ϱ—удельное сопротивление провода в $\mu\Omega/см^3$; для медного провода при 20°



Фиг. 1.

$x = 0{,}214\, r\sqrt{f}$; здесь все величины, как и в дальнейшем при расчетах L и C, д. б. выражены в *см*. Значение φ для приближенных подсчетов м. б. принято равным 0,15; для точных расчетов следует φ выбирать по кривой фиг. 2, на к-рой представлены аналитически найденные величины φ для правильных фигур, равнобедренного и прямоугольного треугольников, прямоугольника и ромба; величина φ зависит от отношения $\frac{l}{\sqrt{S}}$; если форма замкнутой антенны не соответствует названным выше фигурам, то приближенно $\varphi = 0{,}15$.

Волновой коэфф-т одновитковой З. а. $\left(k = \frac{\lambda_0}{l}\right)$—отношение собственной длины волны к периметру—равен в среднем 2,3. Учитывая все трудности, возникающие при точном расчете емкости антенны вообще [1,7], а



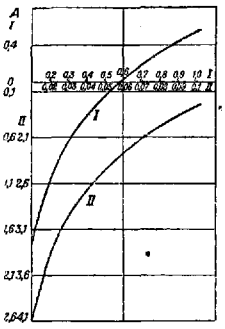
Фиг. 2.

замкнутых—в частности, представляется рациональным использовать уже найденную формулу для L_0 (статической самоиндукции) для нахождения величины статической емкости C_0 такой замкнутой антенны. Из ф-лы $\lambda_0 = 4\sqrt{L_0 C_0}$ легко получается, с учетом $\lambda_0 = 2{,}3\, l$, для замкнутой антенны

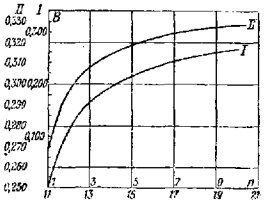
$$C_0 = \frac{0{,}16 l}{\left(\ln\frac{2S}{rl} - \varphi + \mu\delta\right)}.$$

Вопрос о сопротивлении току радиочастоты З. а. остается недостаточно исследованным; для треугольных З. а., подвешенных к мачтам около 20—30 *м*, оно порядка 10—15 Ω (при достаточном удлинении собственной волны: $\frac{\lambda}{\lambda_0} \cong 2 \div 3$).

Параметры многовитковых З. а. Теория излучения и приема для многовитковых З. а. остается приблизительно той же, что и для одновитковой З. а. Параметры многовитковых З. а. выражаются б. или м. сложными ф-иями от параметров для одно-



Фиг. 3.



Фиг. 4.

витковых З. а.; расчет их еще недостаточно разработан. Приближенно можно считать, что $h_{\partial.,n} = \frac{2\pi S_1 n}{\lambda} = h_{\partial.,1} \cdot n$, где S_1—площадь одного витка, а n—число витков З. а.

Самоиндукция n-витковой З. а. не может находиться по ф-ле Нагаока (см. *Катушки самоиндукции*), так как последняя действительна только для многовитковых катушек, обладающих малой площадью, с витками, плотно прилегающими друг к другу. Для $n < 6$ рекомендуется З. а. приводить к равновеликому квадрату с тем же числом витков и пользоваться далее ф-лой:

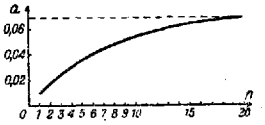
$$L = 8an^2\left(\ln\frac{a}{b} + 0{,}726 + 0{,}223\,\frac{b}{a}\right) - 8an(A + B),$$

где a—сторона эквивалентного квадрата в *см*, b—осевая длина З. а. в *см* (кратчайшее расстояние между плоскостями первого и последнего витка); A и B находятся по кривым в функции от $\frac{d\ (\text{диаметр провода})}{g\ (\text{шаг витков})}$ (фиг. 3) и n (фиг. 4).

Для З. а. с $n > 6$ с точностью до 10 % справедлива ф-ла, данная Эзау для рамок:

$$L = 8an\left[\left(\ln\frac{a}{d} - 0{,}524\right) + (n-1)\ln\frac{a}{g} - 0{,}774\right].$$

Емкость (эквивалентная) З. а. при многих витках приближенно м. б. определена по эмпирич. ф-ле Эзау: $C_{э.} = al$, при чем коэфф. a находится в ф-ии от числа витков n по кривой (фиг. 5); l—периметр всей З. а.



Фиг. 5.

Волновой коэффициент З. а. k, теоретически равный 2, для многовитковых З. а., по измерениям В. И. Баженова над З. а. разнообразн. формы, подвешенными на мачте высотой 60 *м*, при чем нижняя часть З. а. находилась на высоте 4,5—7 *м* над

поверхностью земли, равен 2,7—3,5; расстояния между витками были ~0,5 *м*. Из тех же измерений над З. а. получены след. значения погонной эквивалентной емкости $C'_э = a$:

Число витков	1	2	4	6
a для З. а. (по измер. В. Баженова)	0,01575	0,0168	0,0231	0,0359
a для рамок (по формуле Эзау)	0,00775	0,018	0,0322	0,04175

Отсюда видно, что З. а. обладают некоторыми преимуществами по сравнению с рамками, т. к. первые имеют меньшую величину эквивалентной емкости.

Сопротивление З. а. трудно подсчитать; измерения В. Баженова с З. а., подвешенными на мачте 10—12 *м* (при $\frac{\lambda}{\lambda_0} \cong 3$) при расстоянии нижних частей антенны $1 \div 1{,}5$ *м* от земли, дали значения R току радиочастоты порядка 3 Ω, в то время как сопротивление того же провода постоянному току определялось величиной 0,3Ω. Мени приводит величины 10 — 15 Ω для треугольной З. а. с высотой и основанием порядка 25 *м*. Ф-ла для полного нагрузочного сопротивления З. а. может быть представлена в форме

$$R = R_{a.} + R_{\partial.} + R_{\Phi.},$$

где $R_{a.}$—активн. сопротивление току радиочастоты, $R_{\partial.}$—сопротивление диэлектрич. потерь, $R_{\Phi.}$—сопротивление потерь на токи Фуко, индукцию в окружающих проводниках, полупроводниках и т. д. В зависимости от длины волны полное сопротивление З. а. может быть выражено [4] ф-лой:

$$R = \frac{A}{\sqrt{\lambda}} + \frac{B}{\lambda^3},$$

где A и B—нек-рые постоянные, численные значения к-рых зависят от индивидуальных внутренних и внешних свойств контура; ф-ла лишь характеризует закон изменения.

Излучение З. а. Напряженность поля, создаваемая З. а. в какой-либо точке пространства, может быть вычислена как сумма напряженностей полей, создаваемых в этой точке отдельными элементами антенны (для упрощения предполагается, что рабочая длина волны З. а. велика по сравнению с ее размерами и ток квазистационарен). Пусть геометрическая форма З. а. задана ур-ием $y = f(x)$; если плоскость З. а. совпадает с плоскостью XY, а направление, соединяющее антенну с достаточно удаленной исследуемой точкой пространства, лежит в плоскости XZ и составляет с осью X угол φ, то, полагая каждый элемент периметра З. а. эквивалентным диполю, найдем, что напряженность электрического поля, производимая элементом с координатами $(x, y, 0)$ в рассматриваемой точке пространства, среднее расстояние которой от антенны равно d, равняется



Фиг. 6.

$$dE = \frac{60\pi I dy}{\lambda d} \sin\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T} + \frac{2\pi x \cos\varphi}{\lambda}\right).$$

Принимая во внимание, что при квазистационарном токе

$$\cos\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda} \cong 1 \text{ и } \sin\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda} \cong \frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda},$$

напряженность поля всей замкнутой антенны, которая создается в рассматриваемой точке пространства, определится как

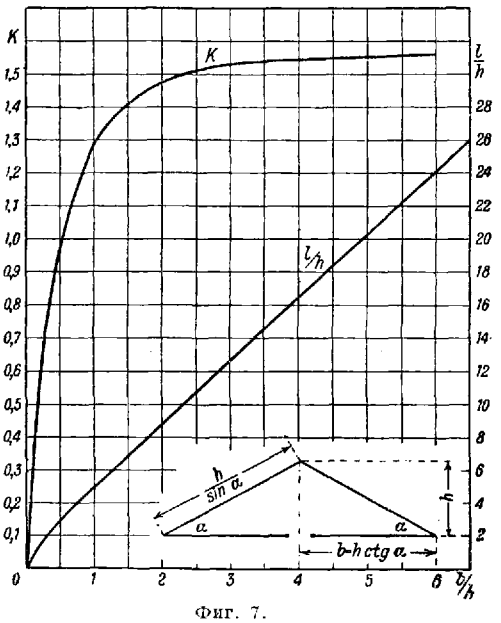
$$E = \int dE = \int \frac{60\pi I}{\lambda d}\left[\sin\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T}\right) dy + \cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T}\right)\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda} dy\right],$$

при чем интеграл д. б. взят по замкнутой кривой, представляющ. очертание антенны. Результатом интегрирования является ф-ла:

$$E = \frac{60\pi I}{\lambda d} \cdot \frac{2\pi S}{\lambda}\cos\varphi \cdot \cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T}\right),$$

где S—площадь замкнутой антенны.

Исходя из тех же представлений об электрич. свойствах земли, какие принимаются при расчете напряженности поля открытой антенны, должно учесть поле, создаваемое



Фиг. 7.

лучами, отраженными от земной поверхности (поле зеркального изображения). Тогда для любой точки P пространства (фиг. 6, где a—высота подвеса З.а.), направление на которую составляет с поверхностью земли угол ϑ и с плоскостью обеих З. а. угол φ, напряженность поля обеих антенн будет

$$E_1 = \frac{60\pi I \cdot 2\pi S\cos\varphi}{\lambda^2 d}\cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T} + \frac{2\pi a\sin\vartheta\cos\varphi}{\lambda}\right),$$

$$E_2 = \frac{60\pi I \cdot 2\pi S\cos\varphi}{\lambda^2 d}\cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi a\sin\vartheta\cos\varphi}{\lambda}\right),$$

что в результате суммирования дает (если предположить в виду квазистационарности $\cos\frac{2\pi a\sin\vartheta\cos\varphi}{\lambda} = 1$):

$$E = E_1 + E_2 = \frac{120\pi I}{\lambda d} \cdot \frac{2\pi S}{\lambda}\cos\varphi\cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T}\right).$$

Излучение с открытой заземленной антенны характеризуется формулой идеальной радиопередачи:

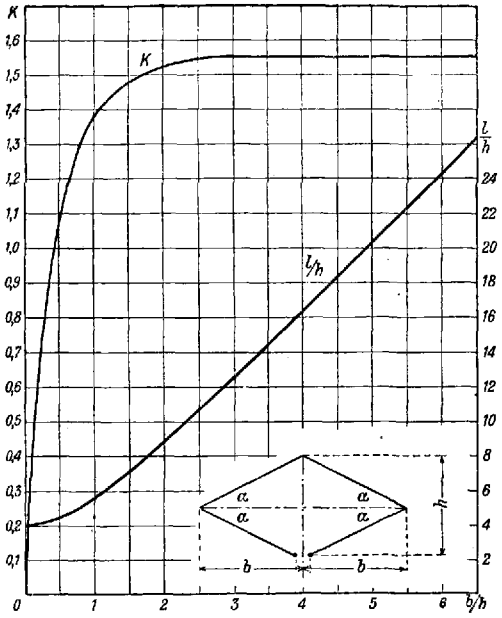
$$E = \frac{120\pi I h_{\partial.}}{\lambda d} \sin\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T}\right),$$

где I—действующая сила тока в пучности

антенны. Из сравнения двух последних формул получаем:

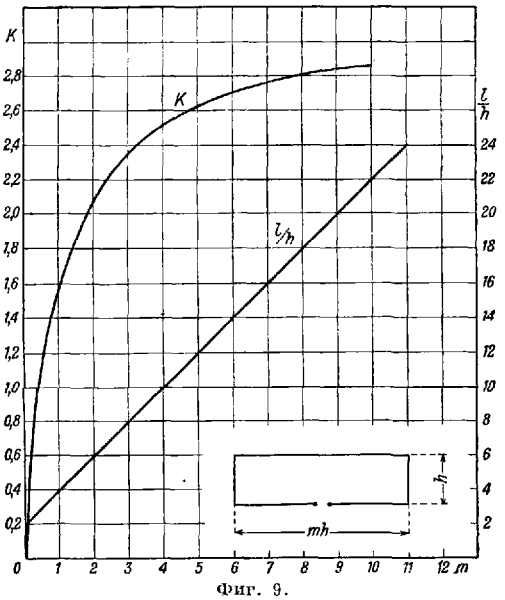
$$h_{\partial.} = \frac{2\pi S}{\lambda} \cos\varphi .$$

В этом выражении множитель $\cos\varphi$ характеризует направленное действие (см. ниже). Для направления наилучшего излучения



Фиг. 8.

можно, использовав зависимость $\lambda = kl$, последнее выражение представить в виде $h_{\partial.} = \frac{2\pi S}{lh} \cdot \frac{h}{k}$, при чем $\frac{2\pi S}{lh} = K$ будет коэфф-том



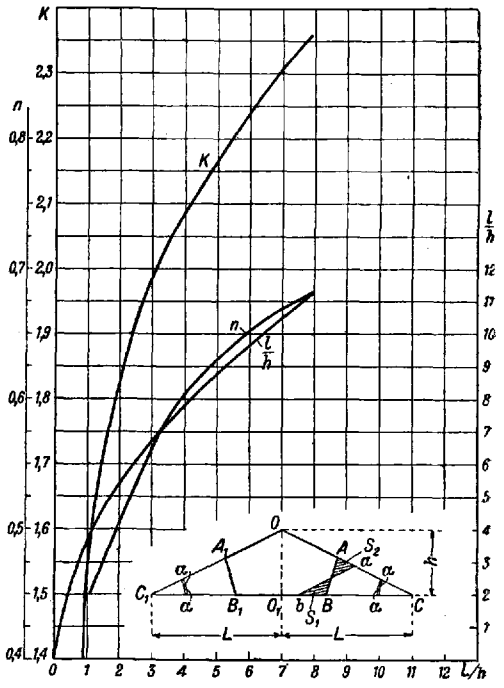
Фиг. 9.

использования геометрич. величины З. а.; его значения для простейших возможных форм осуществления замкнутой антенны сведены в табл. 1 и представлены на фиг. 7—9.

Табл. 1.—Зависимость K от формы фигуры.

Форма фигуры	Значение K	Примечания
Окружность	1,57	
Равнобедренный тр-к . .	$\pi \frac{\operatorname{ctg}\alpha}{\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}}$	α — угол при основании треугольника
Ромб	$\frac{\pi}{2}\cos\alpha$	2α — острый угол ромба
Прямоугольник	$\frac{\pi}{1+\frac{1}{m}}$	m—отношение сторон

Для важной в практич. отношении пятиугольной формы З. а. наибольшее значение K дает положение срезающей линии, перпендикулярное биссектрисе угла при основании



Фиг. 10.

срезаемого треугольника. Аналитически найденные при такой форме З. а. значения K и наивыгоднейшего $n = \frac{BC}{O_1C}$ даны на фиг. 10 для различных $\frac{L}{h}$.

Для случая неквазистационарного тока теория [3] дает суммарную напряженность поля в точке на расстоянии d:

$$E = \frac{240I}{d} \sin\frac{\pi h}{\lambda} \left[\cos\frac{2\pi h}{\lambda}\cos\alpha \cdot \right.$$
$$\cdot \sin\left(\frac{\pi h}{\lambda}\cos\varphi\right) \cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T}\right) +$$
$$\left. + \sin\frac{2\pi h}{\lambda}\sin\alpha \cdot \cos\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\cos\varphi\right) \sin\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T}\right)\right] \cdot$$

Та же теория дает для частного случая распределения тока в замкнутой антенне, имеющей форму равнобедренного треугольника, по закону косинуса, следующую формулу:

$$h_{\partial.} = h\left[\frac{\sin^2\frac{\pi}{2k}}{\frac{\pi}{2k}} - \frac{\sin^2\frac{\pi}{2k\left(\frac{l}{2h}\right)^2}}{\frac{\pi}{2k\left(\frac{l}{2h}\right)^2}}\right].$$

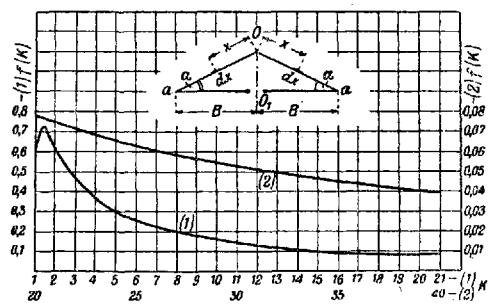
Вводя обозначения: $\frac{\sin^2\frac{\pi}{2k}}{\frac{\pi}{2k}} = f(k)$, получаем

$$\frac{\sin^2\frac{\pi}{2k\left(\frac{l}{2h}\right)^2}}{\frac{\pi}{2k\left(\frac{l}{2h}\right)^2}} = f(k_1),$$

где $k_1 = k\left(\frac{l}{2h}\right)^2$; отсюда

$$h_{\partial.} = h\,[f(k) - f(k_1)].$$

Ф-ия $f(k)$ представлена на фиг. 11 и в соединении с только что выведенной ф-лой позволяет легко рассчитать $h_{\partial.}$ любой З. а., выполненной в виде наиболее распространенной формы (для передачи и приема)—равнобедренного тр-ка. Те же выводы получаются



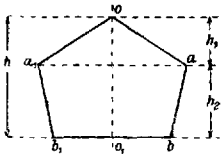
Фиг. 11.

для неквазистационарного тока в случае форм замкнутой антенны — ромбической, прямоугольной и пятиугольной, см. [3]. Некоторое сравнение трех форм замкнутой антенны дает табл. 2.

Табл. 2.—Зависимость $h_{\partial.}$ от l и h для разных фигур.

Форма фигуры	Максимально возможные	
	$\frac{h_{\partial.}}{l}$	$\frac{h_{\partial.}}{h}$
Равнобедренный тр-к	0,118	0,732
Ромб	0,131	0,5
Прямоугольник . . .	0,1325	1

Наконец, для пятиугольной симметричной относительно вертикальной оси З. а., также имеющей большое практич. значение, получается аналогичным путем сложная ф-ла, которая с достаточной точностью м. б. представлена в большинстве случаев выражением



Фиг. 12.

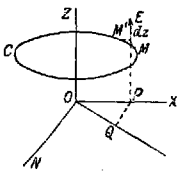
$$h_{\partial.} = h_{\partial.1} + h_{\partial.2},$$

где $h_{\partial.1}$ есть действующая высота треугольника, которая находится по предыдущему, а $h_{\partial.2}$ — действующая высота трапеции. Последняя рассчитывается по формуле:

$$h_{\partial.2} \cong h_2 \cdot 2\cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(x_1 + x_2)\right]\sin\frac{\pi m}{\lambda},$$

где m—средняя линия трапеции; $x_1 = oa = oa_1$; $x_2 = oa + ab = oa_1 + a_1b_1$ (фиг. 12).

Прием З. а. Величина эдс при приеме на З. а. любой формы в зависимости от напряженности поля определяется следующим образом. Пусть З. а. произвольной формы расположена в плоскости ZOX (фиг. 13), составляющей угол φ с направлением OQ распространения электромагнитной волны, воспринимаемой рассматриваемой З. а. Тогда в элементе З. а. $dl = MM'$ индуктируется эдс $de = E\,dz$, где $E = E_0 \sin\omega t$; электромагнитная волна, распространяясь со скоростью света c, доходит от точки O до точки Q через промежуток времени $\Delta t = \frac{x\cos\varphi}{c}$, и за это время фаза ее изменяется на величину $a = \omega\frac{x\cos\varphi}{c} = \frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda}$. Поэтому дифференциал эдс, индуктирующейся в элементе dl,



Фиг. 13.

$$de = E_0 \sin(\omega t + a)\,dz =$$

$$= E_0\left(\sin\omega t\cos\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda} + \cos\omega t\sin\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda}\right)dz.$$

Эдс, наводимая в З. а., выразится интегралом

$$e = E_0\left(\sin\omega t\int_l\cos\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda}\,dz + \right.$$

$$\left. + \cos\omega t\int_l\sin\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda}\,dz\right).$$

Если в виде ограничения считать, что З. а. расположена симметрично относительно оси OZ, то при последовательном обходе правой и левой сторон З. а. (l) выражение $\cos\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda}$ для обеих сторон на одинаковой высоте, в силу симметрии, одинаково по величине и знаку, величина же dz меняет свой знак. Тогда первый интеграл обращается в нуль, и при указанном ограничении получается соотношение:

$$e = E_0\cos\omega t\int_l\sin\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda}\,dz.$$

Амплитуда этого выражения равна

$$E_{max} = E_0\int_l\sin\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda}\,dz.$$

Если очертание З. а. задано ур-ием $x = f(z)$, то для каждого частного случая м. б. выведены отдельные ф-лы.

Вводя второе допущение, что длина воспринимаемой волны значительно превосходит размеры З. а. ($\lambda \gg x$), заменяем синус его аргументом и получаем:

$$E_{max} = E_0\int_l\frac{2\pi x\cos\varphi}{\lambda}\,dz = E_0\frac{2\pi\cos\varphi}{\lambda}\int_l x\,dz =$$

$$= E_0\frac{2\pi S}{\lambda}\cos\varphi.$$

Сравнивая полученный вывод с общеизвестным выражением $E_{max} = E_0 h_{\partial.}$ (при приеме), получаем, что и при приеме, как и при излучении,

$$h_{\partial.} = \frac{2\pi S}{\lambda}\cos\varphi$$

для случая квазистационарного тока. При

неквазистационарности, так же как и при излучении, имеем более сложные значения $h_{д.}$, чем при квазистационарности. Так, для прямоугольника: $h_{д.}=2h\sin\frac{\pi b}{\lambda}$. Беллини [1] для З. а., имеющей форму равнобедренного треугольника, дает выражение эдс при приеме любой длины волны, из которого легко вывести

$$h_{д.}=\frac{\pi h}{\lambda}\left[l-\frac{\pi^2}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot\lambda^2}(8l^3+24lh^2)+\ldots\right].$$

Это выражение уже не симметрично относительно h и l; поэтому заостренный тр-к для приема выгоднее сплющенного. При больших λ сравнительно с l и h вторым членом в скобках можно свободно пренебречь, и получаем $h_{д.}=\frac{2\pi S}{\lambda}$, ф-лу, ранее выведенную для квазистационарного тока.

Сравнение рамок и З. а. Обе формы радиосетей являются замкнутыми; требуется определить пригодность их в том или в другом случае. С точки зрения излучения характеризующим является параметр $h_{д.}$, связанный с излученной мощностью $P_{изл.}=R_{изл.}I^2_{д.}$ соотношением

$$R_{изл.}=160\pi^2\frac{h^2_{д.}}{\lambda^2}.$$

Так как $h_{д.}=\frac{2\pi S}{\lambda}$, то несомненная выгодность применения З. а., обладающих большей сравнительно с рамками площадью, очевидна. Простой подсчет показывает, что реализация действующей высоты при заданной определенной длине провода l (что соответствует заданию собственной длины волны радиосети в определенном диапазоне) при помощи одновитковой З. а. лучше сравнительно с рамкой, имеющей тот же общий периметр l и состоящей из n витков. Пусть и З. а. и рамка—квадратной формы. Тогда сторона З. а. $=\frac{l}{4}$, ее площадь $S=\frac{l^2}{16}$; для рамки из n витков сторона одного витка $=\frac{l}{4n}$ и площадь $S_n=n\cdot\frac{l^2}{16n^2}=\frac{l^2}{16n}$. Итак, действующая высота уменьшается пропорционально увеличению числа витков. На практике увеличение конечного эффекта (излучения и приема) для З. а. получается еще большее, так как: 1) при той же длине провода полное сопротивление З. а. примерно вдвое меньше, чем такое же сопротивление рамки (Баллантин [3]); 2) при той же длине провода волновой коэфф-т З. а. почти вдвое меньше волнового коэфф-та для рамки (для последней $\lambda=4{,}5\div5{,}5\,l$); поэтому имеется возможность при той же площади работать на волне меньшей длины, и, следовательно, $h_{д.}=\frac{2\pi S}{\lambda}$ будет для З. а. выгоднее еще и потому, что в этом случае м. б. выбран меньший знаменатель.

Параллельное включение нескольких витков ведет к дальнейшему повышению отдачи З. а. При этом, чем больше брать параллельных контуров, тем короче волна вследствие взаимоиндукции между контурами и тем бо́льшую можно взять емкость: следовательно, тем большее количество энергии можно передать из генераторного контура в З. а. с целью повысить излучение последней. Одновременно уменьшается собственная волна З. а. по этой причине также повышается отдача З. а. вследствие увеличения $h_{д.}$. Опыт показывает, что $I_n\cong I_1\sqrt{n}$, где I_n и I_1—силы тока в З. а. при n параллельно включенных и при 1 витке (n—число витков). Практика подтверждает бо́льшую целесообразность с точки зрения излучения применения З. а. по сравнению с рамкой. Так, вращающийся радиомаяк (англ.), состоящий из 6 витков квадратной рамки со стороной 1,5 *м*, при рабочей $\lambda=525$ *м* и при 2,5 kW на анодах ламп имеет момент тока в 7 метрампер, в то время как при З. а. при 1,5 kW на анодах ламп, при двух параллельно включенных витках и площади пятиугольной антенны $\sim$1 000 *м*^{2} получается момент тока ок. 70—80 метрампер.

С точки зрения приема З. а. может быть сравниваема с рамками, включенными по той или другой схеме. Здесь, в противоположность применению антенн для излучения, когда всегда требуется настройка в резонанс излучающего контура с контуром, подводящим к нему энергию высокой частоты, м. б. две формы применения закрытого вида радиосетей: настроенные (З. а. и рамка) и апериодические; подробнее об этом см. *Излучение и прием*. К апериодич. схеме прибегают или для устройства многократного приема сигналов различной длины волны или при пеленгации для более устойчивой работы и устранения резких влияний—изменений в окружающей обстановке на точность пеленга (вследствие привносимой этими изменениями расстройки). При этом З. а., обладающую большой $h_{д.}$, легко сделать апериодической без особого уменьшения ее воспринимающей способности; рамка, вследствие малости $h_{д.}$, не может пренебрегать выгодами работы при резонансе по сравнению с апериодической схемой. Поэтому многократный прием в последнее время всегда осуществляется при помощи апериодич. З. а. или в схеме гониометра или контурами. Для пеленгации применимыми оказываются и резонансные схемы и апериодические; однако, З. а. имеет перед рамкой то преимущество, что (в случае одного витка) она не имеет «бокового эффекта». Схемы включения З. а. для пеленгации см. *Гониометр* и *Пеленгаторы*.

Сравнение З. а. с открытой антенной. Понимая (см. выше) З. а. как антитезу открытой антенны, можно высказать предположение, что З. а. и для передачи является антенной будущего, точно так же как З. а. почти вытеснила в последние 10 лет в области приема открытую антенну. Причиной предпочтения замкнутых форм антенны при приеме как профессиональном, так, часто, и любительском является большая свобода приема на эти формы радиосетей от атмосферных помех, помех других мешающих радиостанций и прочих источников, благодаря тому что З. а. принимает направленно (теоретич. полярная диаграмма ее приема и излучения представляет собою две окружности, фиг. 14); а в современной радиотехнике решающим фактором при установлении радиосвязи является не S, а отно-

шение $\frac{S\ (\text{сигнал})}{A\ (\text{помеха})}$ (см. *Атмосферные помехи*). Таким образом, при З. а. выбором соответствующего положения ее в пространстве можно получить антенну с минимальной воспринимающей способностью с направлений помехи и хорошей — с направления корреспондента (фиг. 14).



Фиг. 14.

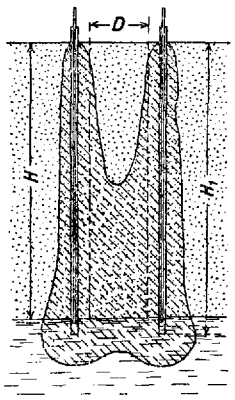
При излучении открытыми формами сетей имеет место круговое распределение мощности излучения (за редкими случаями направленных и притом сложных форм антенн). Поэтому сигналы, которые предназначены для определенного корреспондента, совершенно бесцельно излучаются и по всем другим азимутам, создавая не только излишнюю трату энергии, но и громадную помеху приему на близких к излучаемой волнах всем воспринимающим электрическую энергию устройствам в районе дальности действия (по кругу) данного передатчика. При передаче З. а. направленность достигается наиболее простым и экономным способом: недостатки, указанные выше, почти полностью устраняются (в зависимости от той или иной остроты характеристики направленности). Сочетание эффектов (при приеме и при излучении) замкнутой и открытой форм антенн дает новые формы кривых направленности (см. *Кардиоидные схемы*).

Применение замкнутой антенны в области коротких и ультракоротких волн еще недостаточно определилось; пока известны лишь успешные схемы приема коротких волн на замкнутые формы антенн. Подробности о направленном действии различных форм З. а. см. *Пеленгаторы* и *Радиомаяки*.

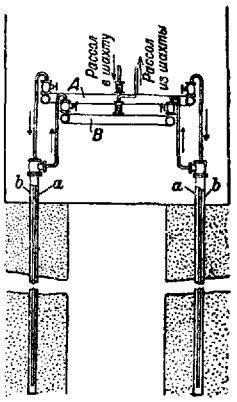
Лит.: [1]) Баженов В. И., Направляемый радиоприем, «Радиотехник», Н.-Новгород, 1919—21, *8—15*; Сов. П. 353, 3251, 5261; [2]) Баженов В. И., Расчет замкнутых антенн, ч. 1, «ТиТбП», 1927, *43*; [3]) Баженов В. И. и Мясоедов Н. А., Расчет замкнутых антенн, ч. 2, «Вестник теоретич. и эксперимент. электротехники», М., 1929, т. 2, *3*, стр. 90—107; [4]) Mesny R., Usage des cadres et radiogoniométrie, P., 1925; [5]) Слепян Л. Б., «ТиТбП», 1923, *22*; [6]) Dellinger J. H. and Pratt-Haraden, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», New York, 1928, v. 16, *7*; [7]) Grover F. W., ibid., 1926, v. 14, *15*, p. 733; [8]) Баженов В. И., Замкнутые антенны, «Радиолюбитель», Москва, 1926, *17—18*. **В. Баженов.**

ЗАМОРАЖИВАНИЕ ГРУНТА, искусственное уплотнение грунта для образования перемычки в целях изолирования места работ. З. г. применяется в горном деле и в подземных строительных работах. Путем замораживания воды, заключающейся в водоносных слоях земли, образуют вокруг проходимой шахты твердую цилиндрическую стенку определенной толщины, препятствующую притоку воды в шахту. З. г. было предложено Пётшем (Poetsch) в 1886 г. и применено до настоящего времени более чем в 150 шахтах. Принцип способа Пётша заключается в следующем.

Для прохождения грунта вертикальной шахтой, имеющей диаметр D *м* и глубину H *м* (фиг. 1), в проделанные вокруг намеченной шахты буровые скважины закладывают трубы, в которые нагнетают охлажденный до −15÷−25° рассол; под действием рассола происходит охлаждение и последующее замораживание окружающего буровую скважину грунта (см. заштрихованную часть на фиг. 1). Трубы для рассола размещаются по окружности, имеющей диаметр на 3—4 *м*

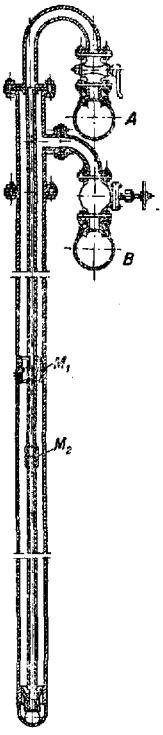


Фиг. 1.



Фиг. 2.

бо́льший, чем диам. намеченной шахты; глубина их заложения H_1 должна быть на 5—10 *м* более глубины водоносного слоя H; расстояние между трубами берется обыкновенно 1 *м*. Циркуляция рассола происходит, как показано на фиг. 2 и 3; из холодильной машины рассол нагнетается через верхнее распределительное трубчатое кольцо A во внутренние трубы a, опускается по ним вниз и по цилиндрич. полости между ними и наружными трубами b поднимается в сборное трубчатое кольцо B, откуда поступает снова в рефрижераторы для охлаждения и дальнейшей циркуляции. Для соединения труб (фиг. 3) применяют нарезные муфты: внутренние M_1—для наружных более широких труб и наружные M_2—для внутренних труб. Наружн. стальные трубы имеют диаметр d_1, равный 120÷130 *мм*, и толщину стенок 6÷7 *мм*; внутренние (газовые) трубы, в зависимости от глубины шахты,— диаметр d_2, равный 25÷50 *мм*, и толщину стенок 4÷7 *мм*. Коэффициент теплопередачи труб для предварительных подсчетов принимается равным от 220 до 250 Cal/м² в час.



Фиг. 3.

Для успешности замораживания важное значение имеет полная параллельность закладываемых в грунт вертикальных труб, для достижения чего пользуются специальными аппаратами (Гебхарта, Эрлингхагена и др.); существенную часть их составляет маятник, подвешенный на универсальном шарнире (Кардана). Заключенный в трубу аппарат опускают через каждые 5 *м*

проходки в скважину, и координата соответственной точки ее наносится острием маятника на бумажной ленте, движущейся при помощи часового механизма. В случае обнаружения значительного отклонения скважины от вертикали производят закладку дополнительных труб, обеспечивающих предельное расстояние между ними в 1 *м*, необходимое для образования достаточного слоя замороженного грунта. Трудности достижения *полной* вертикальности скважин и, следовательно, рассольных труб ограничивают область применения способа З. г. глубиной до 250—300 *м*, хотя имеются шахты, заложенные по способу Пётша на глубину до 540 *м*. Работы по этому способу затрудняются при значительной скорости течения подземных вод, размывающих в этом случае ледяной массив, а также при содержании в грунтовых водах значительного % солей, понижающих температуру замораживания воды.

Самый процесс З. г. происходит следующим образом. Сначала охлаждается слой земли, ближайший к рассольным трубам, затем происходит замораживание заключенной в нем воды и, далее, охлаждение ближайшего к первому слоя грунта с постепенным переходом в дальнейшем от $t°$ замерзшего слоя до нормальной $t°$ неохлажд нного грунта. В начале процесса замораживания разность $t°$ опускающегося и возвратного рассола довольно значительна, но постепенно она уменьшается до 2—3°. Скорость опускания рассола допускается до 2 *м/сек*, а скорость поднимающегося (обратного) рассола равна от 0,12 до 0,15 *м/сек*.

Для определения расхода холода и потребной мощности холодильных машин необходимо знать: диаметр выемки грунта D, высоту (толщину) водоносного слоя H, содержание в нем воды W в объемн. %, уд. в. сухого грунта γ, теплоемкость сухого грунта c, внешний диаметр замораживающих труб D_2, внутренний диаметр замораживаемого полого цилиндра D_3, внешний диаметр замораживаемого полого цилиндра D_4, объем замораживаемого полого цилиндра V, число замораживающих труб n, поверхность каждой F, среднюю темп-ру рассола t_1, среднюю темп-ру грунта t_2 и время, потребное для замораживания шахты, h (в часах).

Процесс З. г. слагается из следующих элементов: а) охлаждение цилиндрич. полого тела с наружным диаметром D_4, внутренним D_3, высотой H и объемом V, слагающееся из охлаждения $V\frac{W}{100}$ *кг* воды и $\left(1-\frac{W}{100}\right)\cdot V\cdot\gamma$ *кг* сухого грунта от темп-ры t_2 до 0°; б) замораживание $V\frac{W}{100}$ *кг* воды при 0°; в) переохлаждение от 0° до темп-ры, средней между 0° и темп-рой рассола t_1, т. е. до $\frac{t_1}{2}$, слагающееся из переохлаждения $V\frac{W}{100}$ *кг* льда и переохлаждения $\left(1-\frac{W}{100}\right)\cdot V\cdot\gamma$ *кг* сухого грунта; г) охлаждение цилиндрического ядра шахты диаметром D и высотой H до средней его темп-ры $\frac{t_2}{2}$; д) охлаждение внешнего цилиндрическ. полого слоя, окружающего ледяной массив и имеющего внутренний диаметр D_4, внешний—D_5 (обычно на 3—4 *м* более диаметра D_4) и высоту H, до температуры $\frac{t_2}{2}$; е) замораживание нижней части внутреннего ядра (составляющее неизбежную потерю холода), в которую поступает наиболее холодный рассол.

По вычисленному из пунктов (а)—(е) расходу холода Q, числу и поверхности труб и теплопередаче их в час при данной разности темп-р определяется h—время, потребное для замораживания, из ур-ия

$$h = Q : Fn(t_1 - t_2)\,k,$$

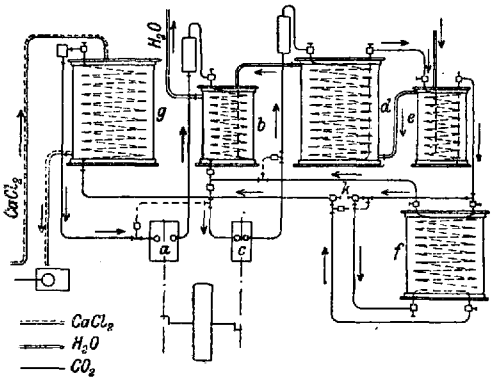
где k—коэфф. теплопередачи труб; на практике время замораживания шахт по описываемому способу исчисляется месяцами, достигая в особо трудных случаях 3—4 лет. В выполненных установках мощность машин (обычно аммиачных) варьирует от 100 000 до 3 000 000 Cal в час. После окончания замораживания расход холода сводится лишь к поддержанию термического равновесия в массиве, т. е. отнятию от него лишь того количества тепла, к-рое он получает извне, вследствие чего работа машин значительно сокращается. Для извлечения труб после окончания строительных или шахтных работ производится оттаивание труб путем циркуляции подогретого рассола.

В последние годы произведены десятки установок при помощи З. г. и притом при особо низких $t°$ (до −50°). Низкие $t°$ дают значительное ускорение хода работ при быстром замораживании, а главное—позволяют производить замораживание при высоком содержании солей в подземных водах; для получения рассола в этих установках применяют исключительно хлористый кальций с прибавлением алкоголя, замерзающий, при крепости в 32,2° Bé, при $t°$ −55° (без алкоголя, при 30° Bé, этот же рассол замерзает уже при $t°$ −39°). Кроме З. г. при проходке вертикальных шахт, способ З. г. применен в нескольких случаях для рытья горизонтальных тоннелей (Парижский метрополитен, тоннель в Стокгольме и др.).

Вообще З. г. в строительстве находит применение в тех случаях, когда приходится опускаться ниже горизонта грунтовых вод в плывучих грунтах; последние при водоотливе натекают в котлован с внешней стороны перемычки, окружающей этот котлован, и тем ослабляют сопротивляемость грунта, что очень опасно там, где на этих грунтах покоятся какие-либо грузные сооружения. Для сильного охлаждения (до −50°) применяются углекислотные машины, при чем особо низкие $t°$ в системе достигаются при помощи сильного переохлаждения углекислоты за счет частичного ее испарения в дополнительном переохладителе; при этом схема установок проектируется так, чтобы в начальной стадии процесса З. г., пока рассол мало охлажден (−20÷−35°) была возможна работа компрессоров в одну ступень, а затем, по достижении низкой $t°$, работали компрессоры с двухступенчатым сжатием, что повышает экономичность процесса.

На фиг. 4 показана схема такой установки для сильного замораживания. Компрессор *a* низкого давления нагнетает сжатую угле-

кислоту сначала в промежуточный охладитель *b*, через к-рый циркулирует вода, а затем в компрессор высокого давления *c*. Работа производится сначала одноступенчатым



Фиг. 4.

компрессором до тех пор, пока $t°$ возвращающегося рассола не будет равна $-25 \div -35°$. Затем переходят на работу с двухступенчатым сжатием, при чем компрессор низкого давления *a* сжимает газ с 6 до 24 *atm*, перегревая его при этом до 45°. В охладителе, куда затем поступает газ, $t°$ его падает до 25°, после чего компрессор высокого давления сжимает CO_2 до 60—70 *atm*; из компрессора высокого давления сжатый газ с повышенной $t°$ направляется в конденсатор *d* и переохладитель *e*, где жидкая углекислота снова переохлаждается до 20°. Отсюда она поступает в дополнительный переохладитель *f*, где за счет испарения части жидкости происходит дальнейшее охлаждение ее до −6°. По выходе из дополнительного переохладителя углекислота поступает в испаритель *g*, где происходит окончательное ее испарение, сопровождающееся понижением $t°$ до −50°.

Лит.: Эстрин С. Г., Применение холода в горном деле и подземных строительных работах, СПБ, 1914; Diancourt, Tiefkälteverfahren zum Schachtabteufen, Kattowitz, 1912; Stetefeld R., Die Eis- und Kälteerzeugungsmaschinen, ihr Bau und ihre Verwendung in d. Praxis, 3 Aufl., Stg., 1927; Hirsch M., Die Kältemaschine, B., 1924; Brennecke L., Der Grundbau, Berlin, 1906; Erlinghagen, Die Entwicklung d. Schachtabteufens nach d. Gefrierverfahren in d. letzten zwanzig Jahren, «Z. d. VDI», 1924, *16*; Cropf, Abteufen v. Bergwerkschächten nach d. Gefrierverfahren in neuzeitlich verbesserten Ausführungen, «Die Bautechnik», B., 1925, H. 25; Poetsch, Das Gefrierverfahren, «Ztschr. f. d. ges. Kälteindustrie», Mch., 1896; Jooosten H., Das Tiefkälteverfahren beim Schachtabteufen, «Ztschr. f. Eis- u. Kälteindustrie», Wien, 1927, *6—7*. **С. Эстрин.**

ЗАМОЧКА, операция пропитки волокнистых материалов водой или каким-либо раствором. Цель ее—либо равномерно смочить водой товар для достижения ровноты последующего крашения, либо внедрить в товар какие-либо реагенты с целью его очистки. Простая З. на воде сурового товара практикуется лишь под черное крашение. З. на растворе диастафора, биолазы, солодовом отваре, кислоте, щелочи, «контакте» производится с целью расшлихтовки ткани; З. на растворах щелочей—перед *бучением* (см.), З. на растворе белильной извести—с целью отбелки (см. *Беление*). З. тканей производится б. ч. жгутом на коротких машинах «клапо» (см. *Промывные машины*), иногда в проходных аппаратах, реже на плюсовках (см. *Красильные машины*).

З. пушнины см. *Меховое производство*.

З. зерна см. *Помолы*.

З. материалов см. *Гидравлические растворы* и *Строительные материалы*.

З. шерсти и шелковых отбросов см. *Шерсть* и *Шелкопрядение*.

З. кормов см. *Кормление сельскохозяйственных животных* и *Запарник*.

ЗАМША, мягкая кожа со снятым лицом, продубленная жирами. Главное сырье: шкуры оленей, затем—серн и диких коз, реже—прочие виды кожевенного сырья. Подготовительные операции для сгонки волоса—те же, что при обработке легких кож; отличие состоит только в том, что при сгонке шерсти снимается также лицо. Мягчение производится б. ч. в кислых киселях (из отрубей) при 36°. Дубление—жирами, которые содержат ненасыщенные жирные кислоты с двумя и более двойными связями. Практически наиболее подходящим жиром является ворвань. Для пропитывания кожи жиром ее растягивают на столе и намазывают при помощи щетки, при чем толстые кожи смазывают с лица и бахтармы, тонкие же только с лица. Смазанные кожи мнут на валяльной машине или в корытах, над которыми установлен ряд деревянных пестов, приводимых в движение валом с кулаками; потом кожи просушивают. Процесс смазывания ворванью, валяния и просушивания повторяют несколько раз, при выделке толстых кож—до 12 раз. По окончании разминания каждую кожу складывают в пакет и кладут одну на другую; при этом темп-ра внутри куч повышается, однако, она не должна превышать 36°. Когда самонагревание кож окончится и они получат желтоватую окраску, их считают готовыми. После этого чистят бахтарму, З. промывают и кладут под пресс в теплом помещении, чтобы вытек излишний жир. Вытягивание и выглаживание замши производится так же, как и легкого товара других видов. Для отбелки З. смачивают водой со щелочью и белят на солнце. Средний состав замши, по Песслеру, следующий: 22% воды, 4,5% золы, 7,2% жира (в том числе 3,2% растворимого в сероуглероде и 4,0% связанного, нерастворимого в сероуглероде), кожевого вещества 66,3%. З. идет гл. обр. на перчатки, обувь, употребляется для чистки машин, стекол, и т. д. **П. Павлович.**

Лит.: см. *Дубление жировое* и *Кожа*.

ЗАНДМЕЙЕРА РЕАКЦИЯ, проведенная впервые в 1884 г. [1], характеризуется переходом от аминов ароматического ряда через диазониевые соли к галоидопроизводным, нитропродуктам, нитрилам, роданистым производным и т. п. Более широкое понимание З. р. заключается в обобщении под ее названием всех реакций диазониевых солей, сопровождающихся элиминированием двух атомов азота диазо-группы.

З. р. в ее первом применении заключалась в действии соответствующих солей закиси меди на диазониевую соль; для проведения З. р. приготовляли предварительно соли закиси меди—преимущественно солянокислую, бромистоводородную, цианистую

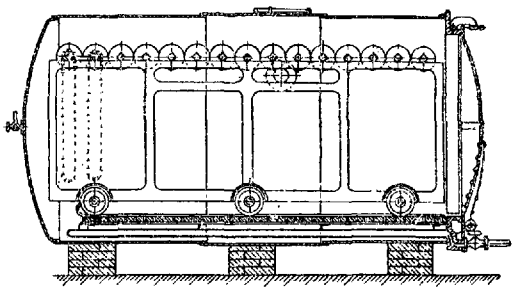
или роданистую и к ним приливали раствор диазониевой соли. Часто реакция сопровождалась нагреванием до полного выделения азота. Выход достигал 80—90 % теоретич. Гаттерман [2] усовершенствовал З. р., заменив соли закиси меди специально приготовленной мелкораздробленной металлич. медью, которая в присутствии соответствующего аниона вполне заменяет соль закиси меди. В некоторых случаях, например при получении иодистых производных, реакция протекает и в отсутствии меди; для выполнения ее необходимо проводить диазотирование в серной кислоте, а получаемый диазо-раствор обработать иодистым калием.

З. р. не имеет широкого техническ. применения, но в научно-исследовательской области является незаменимой, так как благодаря ей можно синтезировать различные производные с вполне определенным положением замещающей группы, не получаемые иным путем. З. р. в широком смысле охватываемого этим термином процесса можно применить для синтеза тиоиндиго, путем переведения диазониевой соли антраниловой к-ты при действии дисульфида натрия в т. н. дитиосалициловую к-ту. Последняя при восстановлении образует весьма ценную тиофенолортокарбоновую к-ту, являющуюся промежуточным продуктом при синтезе тиоиндиго. Ряд примеров проведения З. р. приведен в соответствующей литературе—см. [3-6].

Лит.: [1]) «B». 1884, B. 17, p. 1633, 2650; ibid., 1885, B. 18, p. 1492, 1496; ibid., 1890, B. 23, p. 1882; [2]) «B», 1890, B. 23, p. 1218; [3]) Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. org. Chemie, B. 2, T. 1, p. 289, B., 1924; [4]) Houben J. u. Weil D., Methoden d. organ. Chemie, B. 4, p. 611, Lpz., 1924; [5]) Lassar-Cohn, Arbeitsmethoden f. organ. chem. Laboratorien. Spezieller Teil, 5 Aufl., p. 278, Lpz., 1923; [6]) Гаттерман Л., Практ. работы по орг. химии, пер. с нем., Л., 1926.

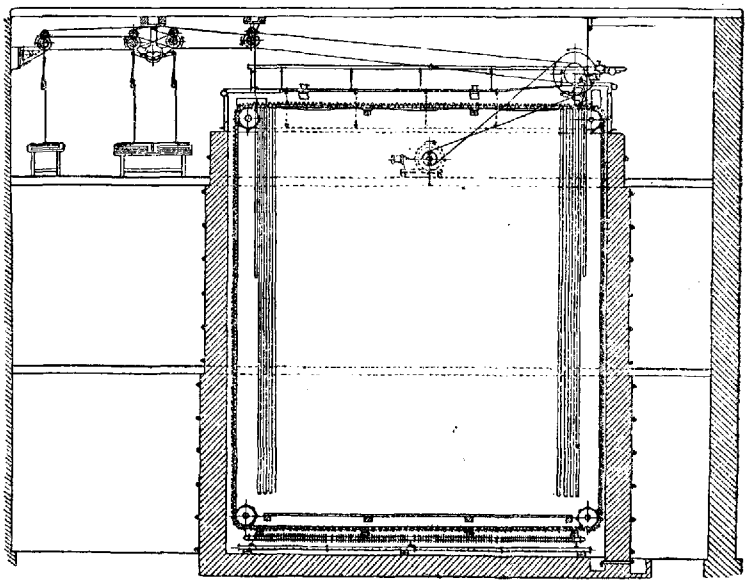
А. Порай-Кошиц.

ЗАПАРКА, аппарат для запаривания, т. е. для обработки во влажной горячей



Фиг. 1.

атмосфере пара хлопковых, шерстяных, шелковых и других тканей, гл. обр. после печатания, с целью *закрепления красителей* (см.) на них. Обработка эта м. б. кратковременной ($1^1/_2$÷10 м.)—в *зрельнике* (см.) или более продолжительной (45 м.÷$1^1/_2$ ч.)—в З.



Фиг. 2.

Через последнюю пропускают ткани после печатания и сушки для закрепления так наз. запарных красителей кислотных (на шерсти и шелке), протравных, основных, субстантивных и альбуминных (на хлопке, шерсти и шелке). З. применяется также для закрепления протравных красителей при гладком крашении, в виде т. н. хромовых плюсов, а иногда для получения окислительных (хлоратных) вытравок на хлопковой ткани, окрашенной сернистыми, основными и протравными красителями. Запаривание основано на действии влажного пара при высокой $t°$ (~100°). Высокая темп-ра и насыщенный (слегка влажный) пар способствуют растворению и проникновению в волокнистый материал веществ, входящих в состав печатных красок, возникновению и ускорению химич. реакций (гидролизу солей, лакообразованию, свертыванию альбумина и т. д.) и, наконец, набуханию волокна, что обусловливает закрепление красителей при непосредственной печати, вытравках, а также при хромовых плюсах. З. разделяются на периодические и непрерывные.

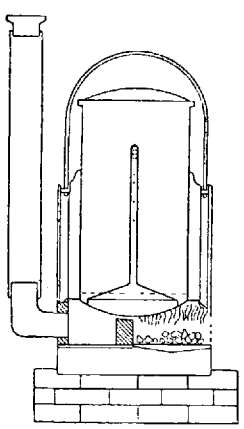
Периодическая З. представляет собою горизонтальный клепаный железный цилиндр (котел), переднее днище к-рого служит крышкой (фиг. 1). В этом котле помещается каретка, представляющая собой железную раму на колесах, вдвигаемую на рельсах в котел. Наверху рамы имеется 12÷20 вращающихся роликов, на которые петлями в несколько слоев навешивают ткань, при чем, во избежание образования «належек» (пятен на чистой ткани, образующихся при соприкосновении ее с краской), между слоями напечатанной ткани проложены «чехлы»—суровая хлопковая ткань, обыкновенно миткаль. На концах роликов укреплены шестерни, сцепляющиеся друг с

другом и соединенные при помощи зубчатой передачи с приводом, находящимся вне котла. От этого привода движение передается роликам, а следовательно, и ткани, которая при этом передвигается, чем достигается равномерное запаривание. Для запаривания каретку с тканью вдвигают в котел, герметически закрывают помощью болтов крышку и пропускают пар через перфорированную трубу, расположенную внизу котла (во избежание попадания водяных брызг на ткань над трубой установлена деревянная решетка). Для выпуска пара и кислых паров наверху котла имеется отверстие, а для удаления конденсата такое же отверстие имеется внизу. Для предупреждения образования капели стенки котла делают двойными и обогревают их паром или же внутри котла над тканью устанавливают металлич. щиты, предохраняющие ее от попадания капель. Продолжительность запаривания—от 45 м. до $1^1/_2$ ч. (иногда 2 ч.), без давления или с давлением до $1^1/_2$ *atm*. З. эта работает периодически, и поэтому она мало производительна; ее применяют на небольших ф-ках для запаривания напечатанных хлопковых и, особенно, шерстяных, полушелковых и шелковых тканей.

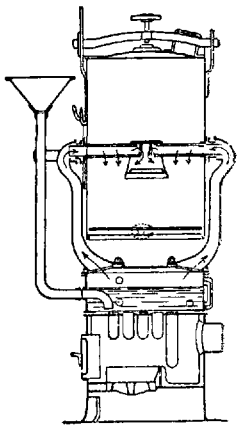
Непрерывные З., т. н. ходовые, имеют бо́льшую производительность. Они представляют собою кирпичную камеру высотой 10,5—12 *м*, с толщиной стен в $2^1/_2$ кирпича. Ткань непрерывной лентой входит в верхнюю часть З. (фиг. 2) через щель и автоматически навешивается длинными петлями (до 15 *м*) на железные ролики, к-рые неподвижно (у З. системы Рено) укреплены на двух движущихся бесконечных железных цепях. Ролики движутся вместе с цепью, а с ними передвигается и навешенная ткань от одного конца З. до другого, где через верхнюю щель запаренная ткань выходит из З. и укладывается с помощью самокладов. Емкость З.—ок. 45—50 кусков (в одно полотно); иногда строят З., позволяющие пустить рядом 4 полотна. Во избежание належек в нек-рых случаях между полотнищами ткани пропускают чехлы. В З. ткань подвергается действию пара, подаваемого по перфорированной трубе, расположенной на дне камеры. Здесь же находятся железные калориферы для обогрева З. Над этими калориферами и паровой трубой (под полотнищами ткани) расположена деревянная решетка (ложное дно). Во избежание образования капели, вызывающей пятна на ткани, потолок З. делают из полых чугунных плит, к-рые обогреваются изнутри паром. Влажность в З. такая, что мокрый термометр психрометра показывает $t°$ на 4—6° ниже сухого. Для удаления выделяющихся кислых паров, вредных газов, а также для обмена пара верхняя часть З. соединена с вентилятором. Для наблюдения за ходом работы наверху З. (сбоку) имеются смотровые окна, а для возможности производства ремонта внизу имеются лазы. Продолжительность запаривания—от 45 м. до 1 часа для большинства красителей, для ализариновой розы—$1^1/_2$ часа (обыкновенно пропускают два раза, по $^3/_4$ ч.). Производительность З.—40÷60 кусков в 1 ч. (в одно полотно). Расход пара на 1 *кг* ткани—1÷1,5 *кг*. Расход механической энергии—3÷5 HP.

Лит.: Шапошников В. Г., Общая технология волокнистых и красящих веществ, стр. 682—684, М.—Киев, 1926; Петров П. П., Викторов П. П. и Малютин Н. Н., Химич. технология волокнистых веществ, стр. 141—145, Иваново-Вознесенск, 1928. **Д. Грибоедов.**

ЗАПАРНИК, прибор для запаривания корма с целью уничтожения алкалоидов, встречающихся в нек-рых кормах, обусловливающих их горький вкус и вызывающих болезни кишечника, а иногда и отравление. З. служит также для пропаривания корма, вследствие чего он размягчается и легче усваивается (напр. солома, мякина). Процесс запаривания состоит в варке корма в горячей воде или в действии на него паром; последний способ предпочтительнее, т. к. при варке выщелачиваются водой питательные



Фиг. 1.



Фиг. 2.

вещества. Варка производится в т. н. самоварах, где корм засыпают в воду, налитую в резервуар, внутри которого помещается топка, или в опрокидывающихся котлах.

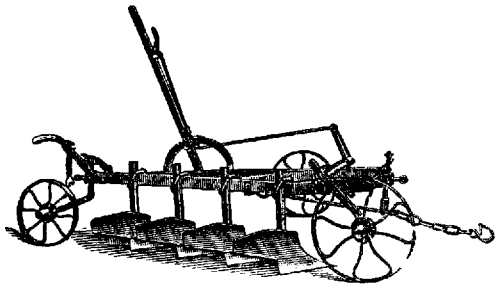
Из З., действующих паром, наиболее известны З. сист. Венцкого и Рейсса (фиг. 1 и 2). При запаривании картофеля в запарнике часто применяется особая мялка для его размельчения. Запарник делают емкостью от 0,4 до 6 $м^3$ для порции картофеля от 25 до 400 *кг*. По опытным данным, 1 весовая единица дров дает 2 ед. пара и 7—9 ед. кипятка, а 1 ед. угля—2 ед. пара и 15—18 ед. кипятка. Для варки картофеля пара нужно $^1/_4$—$^1/_5$ по его весу.

Лит.: Дебу К. И., Запарники, СПБ, 1911; Горячкин В. П., Земледельческие орудия и машины, Москва, 1923. **Б. Крилль.**

ЗАПАРНЫЕ КРАСКИ, печатные краски, закрепляемые на ткани действием пара. В состав краски входят, кроме загустки и красителя, большей частью протравы и другие ингредиенты, неспособные реагировать при обыкновенной темп-ре ни между собой ни с красителем. Лишь при темп-ре запаривания происходит реакция, и на волокне осаждается нерастворимое соединение, например лак красителя с протравой. Запаривают обычно 1—2 часа, давая 1—2 прохода через *запарку* (см.). К таким краскам принадлежат: 1) большая часть протравных, 2) таннинные краски с основными красителями, 3) альбуминные краски. К З. к. принадлежат

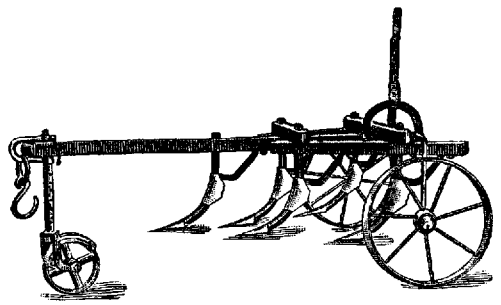
также и некоторые вытравные краски (см. *Вытравка*), например большинство окислительных хлоратных вытравок: по индиго, сернистым, таннинным красителям и т. п. См. *Ситцепечатание*. **А. Порай-Кошиц.**

ЗАПАШНИКИ, с.-х. орудия, предназначаемые для запашки разбросных посевов семян и удобрений. Для этой цели применяют иногда обыкновенную *борону* (см.), но в этом случае качество работы бывает значительно хуже. Наиболее распространенный З.—четырехкорпусный *плуг* (см.) с культурными отвалами (фиг. 1) употребляется для работы на связных почвах с целью более совершенной заделки семян. Нек-рые з-ды выпускают корпуса с полувинтовыми отвалами. З. имеет три колеса и рычаг для установки; изменение глубины хода достигается установкой упряжного крюка на регуляторе. Лемехи



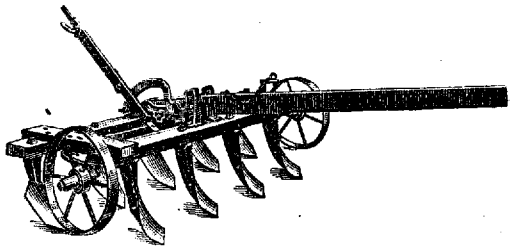
Фиг. 1.

прикрепляются к раме при помощи хомутов и имеют каждый отдельную установку, что позволяет выравнивать плоскость опоры лемехов в случае их неравномерного срабатывания или при замене новыми корпусами. Производительность такого З. около 2 *га* в день при пароконной запряжке. К другому типу относится З. системы Менцеля (фиг. 2).



Фиг. 2.

Рабочие лапы этого З. имеют треугольные лемешки; отвальцы, насаженные на лапы, м. б. перестанавливаемы на разную глубину. З. имеет колесный ход; задние колеса перестанавливаются выше или ниже при помощи рычага; переднее колесо имеет отдельную установку, для чего передвигается в муфте и укрепляется сообразно с желаемой глубиной обработки при помощи штыря. Этот З. строился с 3 или 5 лапами; производительность первого—2÷2½ *га* в день, а второго 3÷3½ *га*. Нек-рые з-ды строили у нас девятилапчатый америк. З. (фиг. 3). Лапы этого З. снабжены вогнутыми двусторонними сошниками; по мере срабатывания одной стороны сошники м. б. перевернуты. Глубина хода его меньше, чем у предыдущего;



Фиг. 3.

изменение глубины хода достигается перестановкой двух колес рычагом. Запряжка—оглобельная. Производительность его до 5 *га* в день при запряжке 2—3 лошадей.

К З. можно также отнести б у к к е р а, представляющие собою комбинацию 3- или 4-корпусного плуга с *сеялкой* (см.). Для одновременного посева и запашки пользуются также конными *граблями* (см.) или пружинными *культиваторами* (см.), присоединяя к ним специальный ящик для семян.

Лит.: см. *Культиваторы*. **Б. Криль**

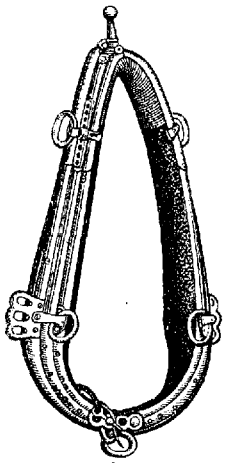
ЗАПРАВОЧНЫЙ РИСУНОК, см. *Ткацкое производство*.

ЗАПРУДА, гидротехнич. сооружение для преграждения русел рек. З. может быть донной, когда она незначительно возвышается над дном реки и бо́льшую часть времени затоплена водой, в отличие от обычной З., возвышающейся на некоторую величину над меженним или другим заданным горизонтом. Материалом для устройства З. служат камень, фашины, иногда земля с каменной или фашинной одеждой. З. из каменной наброски имеют поперечное сечение в виде трапеции, с откосами от 1 : 1 до 1 : 1,5, при чем откосы устраиваются с более тщательной укладкой камня в надводной части (сухая кладка). Если З. устраивается на песчаном грунте, то под нее кладется хворостяной тюфяк, препятствующий отдельным камням опускаться при подмыве в грунт. З. из каменной наброски делаются при больших скоростях течения и большой высоте переливающегося через них слоя воды. Для уменьшения стоимости З. часто делаются из хвороста с загрузкой камнем, а также из хвороста с земляной загрузкой. У нас наиболее распространены З. из камня (напр. на Днепре) и из фашинных тюфяков с каменной загрузкой. При переливании воды через З., во избежание размывов корневых частей, целесообразны следующие меры: 1) возможно прочное устройство корней З., 2) повышение З. у корней, чтобы перелив воды сосредоточивался гл. обр. посредине русла; 3) устройство их в плане по кривой выпуклостью вверх по течению, чтобы направление струй после перелива было от берегов к середине потока. Последняя мера употребляется лишь при значительной длине З.

Лит.: А к у л о в К. А., Выправительные работы на Днепре, «Материалы для описания русских рек», вып. 62, П., 1914; Handb. Ing., 4 Aufl., T. 3, B. 2, Abt. 2, Leipzig, 1913; E n g e l s H., Handbuch des Wasserbaues, 3 Aufl., Lpz., 1923—26. **К. Акулов**

ЗАПРЯЖКА, специальное приспособление, служащее для передачи силы от упряжного животного к повозке или машине; запряжка должна облегчать правильное движение повозки или машины и быть удобной для упряжного животного; З. составляется из эластичных частей (ремни) и из пружинящих (изогнутые оглобли, дуга и т. д.). Для непосредственной передачи силы упряжного животного через плечевое соединение служит обыкновенно хомут или шлея; далее сила передается через оглобли или постромки, вальки и дышла.

Хомуты делаются обыкновенно раздвижные, для удобства надевания на лошадь: они надеваются через голову, реже—сбоку лошади (система Форбриха, фиг. 1).

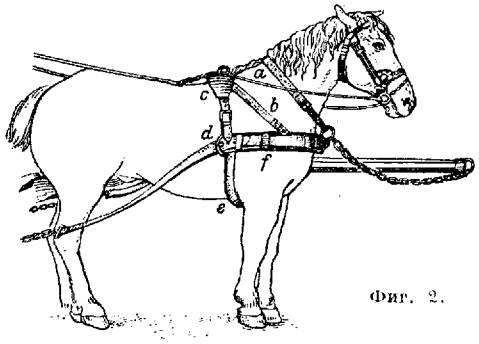


Фиг. 1.

Обе половины хомута, так называемые клещи, стягиваются внизу веревкой или ремешком (супонь). Клещи хомута делают из дерева, подбивают войлоком или шерстью и обшивают мягкой кожей; вес хомута для рабочих лошадей—6÷9 *кг*.

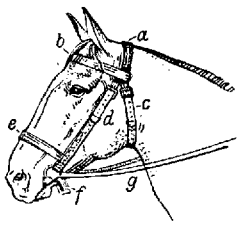
От хомута к валькам идут ременные, веревочные или цеповые постромки. Лучшими считаются цеповые; отвисая и раскачиваясь во время работы, такие постромки играют роль пружин. Длина постромок д. б. определенная, т. к. от нее зависит глубина хода орудия, увеличивающаяся при длинных постромках и уменьшающаяся при коротких. Постромки к хомуту прикрепляются на 5—10 *см* выше гужей, идущих к вальку дышла. Для уменьшения давления на хомут постромки часто подтягивают веревкой или ремнем (чересседельник), перекинутым через спину лошади и опирающимся на седёлку.

Хомут-шлейка состоит из грудного ремня *f* (фиг. 2), до 14 *см* шириной, с несколько более широкой войлочной подкладкой; ремень *f* поддерживается спереди шейным ремнем *a*; в упряжи рабочих лошадей от седёлки *c* идет другой ремень *b*, поддерживающий шлейку; третий ремень *d*, идущий от седёлки, заканчивается снизу подпругой *e*. При дышловой запряжке к шейному ремню *a* часто присоединяют цепи.



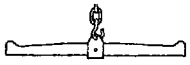
Фиг. 2.

Для прикрепления вожжей служит узда (фиг. 3), к-рая у рабочих лошадей состоит из ремней: затылочного *a*, лобного *b*, подглоточного *c*, щечного *d*, носового, или храпового, *e* и нижнечелюстного *f*; к ремням *d* и *f* присоединяются помощью колец удила; к этим же кольцам прикрепляются вожжи *g*. В недоуздках нижнечелюстной ремень соединяется с подглоточным при помощи особого ремня-подбородочника.



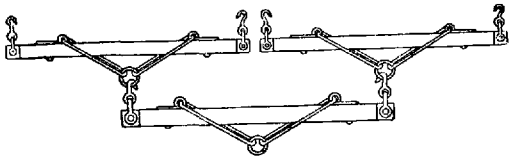
Фиг. 3.

Вальки и ваги. а) При одноконной З. применяется обыкновенно простой деревянный валек длиной 0,7—0,9 *м*. На концах валька (фиг. 4) делаются зарубки для прикрепления постромок. Средняя часть обыкновенно оковывается, и в этой оковке проделывается ушко для продевания упряжного крюка. Длина валька не влияет на правильность хода плугов и других орудий и выбирается в зависимости от ширины лошади, с тем расчетом, чтобы идущие от валька постромки не терли боков лошади. В то время как у нас железные вальки не получили распространения вследствие большой тяжести и дороговизны, в Америке они весьма распространены. Более усовершенствованные вальки снабжены приспособлениями, удерживающими постромки от соскакивания и поддерживающими валек при заездах лошади на весу (система Даудена), но они вследствие сложности у нас не применяются.



Фиг. 4.

б) При пароконной З. вальки присоединяются к общей ваге (фиг. 5). Длина

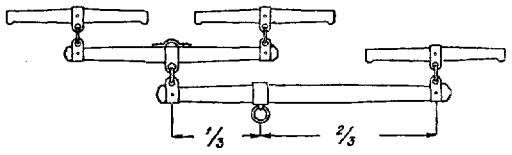


Фиг. 5

ваги не играет роли при З. сел.-хоз. машин, но оказывает существенное влияние на правильность хода бороздовых орудий (напр. плуга, почвоуглубителя). При З. обыкновенно на это обращают мало внимания, но рабочая длина ваги, т. е. относительное расположение вальков, д. б. строго согласовано с шириной борозды; иначе, если вага будет длиннее указанного размера, то лошадь, идущая по борозде, будет отодвигать вагу влево, по направлению непаханного поля, что вызовет увеличение ширины борозды и неправильный ход плуга.

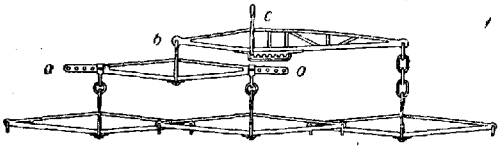
в) При трехконной З. вага д. б. еще более массивной, чем при пароконной; расположение места прикрепления упряжного крюка д. б. таково, чтобы расстояния от концов ваги относились друг к другу, как 1 : 2.

К более короткому концу присоединяется пароконная вага с двумя вальками (фиг. 6), а к более длинному концу — один валек.



Фиг. 6.

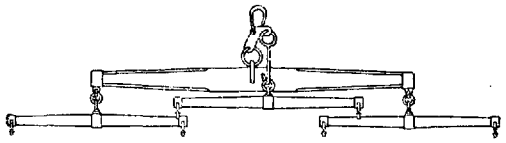
На фиг. 7 представлена трехконная вага системы Рансома: упряжной крюк *c* передвигается по гребенке ваги *b* в зависимости от силы тяги лошадей; ширина пароконной



Фиг. 7.

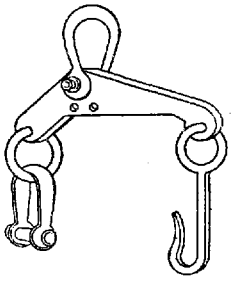
ваги (в местах, обозначенных буквой *a*) может быть изменена в зависимости от ширины борозды.

Вследствие неравенства в силе лошадей, особенно при многоконной З., трудно установить правильную длину вальков и ваг;

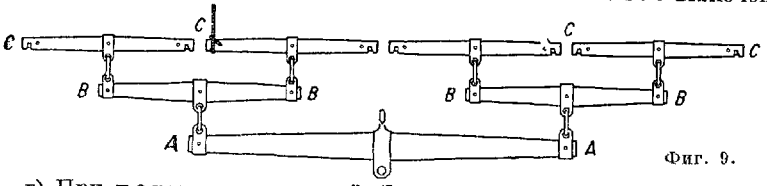


Фиг. 8а.

кроме того, лошади работают не с одинаковым напряжением; вследствие этого вага в работе перекашивается, что вызывает неправильный ход орудия. Поэтому возникли конструкции т. н. уравнительных З., в которых в том случае, когда одна из лошадей начинает тянуть слабее, она оттягивается силами других лошадей назад, что заставляет ее опять напрягать силы. Из уравнительных трехконных З. получил распространение трехконный составной валек системы Мак-Гоя (фиг. 8а и 8б). Разъединяя эту вагу, можно получить одноконный валек и отдельно пароконную вагу.

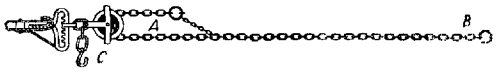


Фиг. 8б.



Фиг. 9.

г) При четырехконной З., в зависимости от рода с.-х. машин, лошадей запрягают или в один ряд или попарно цугом. З. первого рода (фиг. 9) применяется для тяжелых дисковых культиваторов и для сложных уборочных машин. К основной ваге *AA* присоединены две парные ваги *BB*, а к последним одноконные вальки *CC*. З. цугом применяется при работе плугами и жатвенными машинами, так как в один ряд, по условиям работы, расположить лошадей нельзя. Наиболее распространена З., при к-рой передняя и задняя пары лошадей связываются цепью или канатом с крюком регулятора. Недостатком такой З. является то, что одна пара лошадей может работать за счет другой, если они недостаточно дружны в работе. Во избежание этого рекомендуют различные системы уравнительных З., одна из которых состоит в присоединении блока (фиг. 10). Уравнительная цепь *AB* охватывает блок *C* диам. 15 *см*, прицепленный к регулятору. При таком способе З. каждая пара находится в зависимости одна от другой: если передняя пара *B* замедляет свой ход, то в то же время цепь *A* задней пары лошадей подается вперед, отчего цепь



Фиг. 10.

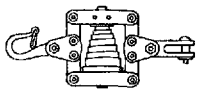
B натягивается, и передняя пара невольно должна тянуть; вследствие этого сила двух пар лошадей действует на орудие или машину одинаковым образом.

д) При шести- и восьмиконной З. каждая лошадь теряет от каждой припряженной к ней лошади 6% своей силы, а потому эти З., в к-рых потеря составляет 30—40%, невыгодны и применяются весьма редко. В случае шестиконной З. можно рекомендовать применение штильваги Мак-Гоя, при чем отношение длин плеч штильваги д. б. равным 2 : 1; к длинному плечу присоединяется при помощи цепи передняя пара, а к заднему, при помощи вышеописанного уравнительного блока,—две задние пары лошадей.

Модераторы. Так как упряжные животные, особенно лошади, работают отдельными импульсами, а сопротивления почвы при пахоте и растений при уборке урожая неодинаковы, то лошади во время работы испытывают ряд толчков, понижающих их работоспособность. Поэтому за границей распространено включение в З. особых пружинных модераторов, к-рые во время толчка принимают на себя действующую силу, которую отдают в следующий момент, вследствие чего резкие толчки сил сопротивления передаются упряжным животным не полностью. З. с включением пружин в постромки или в валек применяются в Швеции (система Сидена) и в С.Ш.А. (система Вильсона). З-д Рудольфа Сакка выпускает к тяжелым плугам и сеялкам особые предохранители, снабженные буферной пружиной на силу от 600 до 1 200 *кг* (фиг. 11).

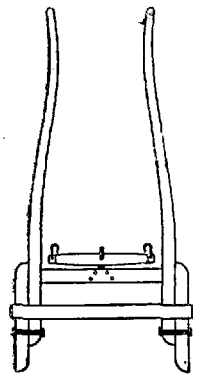
Оглобли. Оглобельная З. применяется в с.-х. машинах крайне редко, т. к. она стесняет управление машиной и орудием и

вызывает неприятные и вредные для упряжных животных толчки, вследствие более жесткого присоединения машины к животным. Непосредственно оглобельную З. применяют только при работе сохой и косулей; в других случаях (конные грабли, сеялки, косилки) в запряжку включается также валек, с таким расчетом, чтобы сила передавалась к машине непосредственно через него, а оглобли служили только для поворотов (фиг. 12).



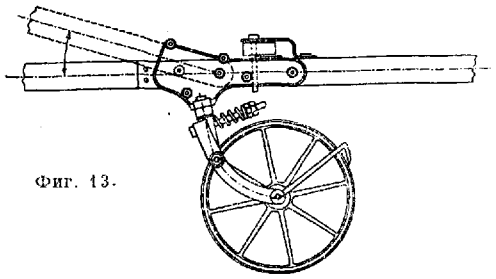
Фиг. 11.

Дышло применяется при работе машины заездами и для перевозки машины в поле. К дышлу присоединяется вага с валками, которые обыкновенно расположены снизу, чтобы ослабить давление, передаваемое через хомуты на холку лошадей. Спереди к концу дышла присоединяется грудной валек, прикрепляемый к хомутам. В тяжелых машинах и орудиях необходимо применение двухколесного передка или одноколесного дышлодержателя (фиг. 13), к-рый воспринимал бы передаваемые от них толчки; дышло в этом случае состоит из двух частей: задней, более короткой, которая присоединена к машине и передку жестко, и передней, которая присоединена шарнирно в вертикальном направлении.



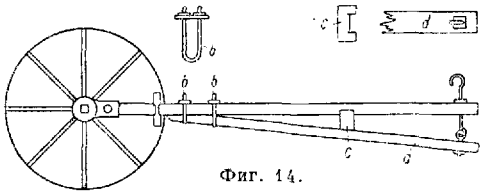
Фиг. 12.

З. в конные приводы. При работе на конных приводах, особенно при соединении с молотилкой, получаются постоянные



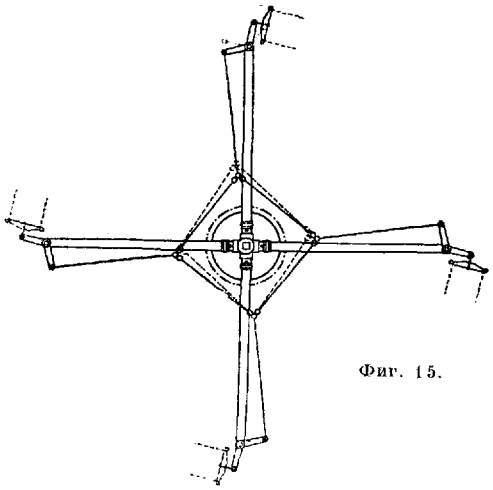
Фиг. 13.

толчки, вызывающие неравномерный ход лошадей. Поэтому полезно присоединять различные пружинящие приспособления, например сист. Гепфнера (фиг. 14). К водилу



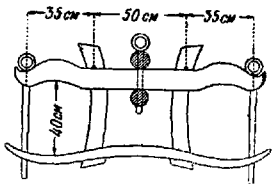
Фиг. 14.

присоединяется при помощи хомутов *bb* дубовый или березовый брусок *a* от 10 до 12 *см* толщиной. Посредине этот брусок отделен от водила вставкой *c*; к концу бруска шарнирно присоединен крюк *d*, пропущенный через водило. Во время работы брусок пружинит и удары смягчаются, что действует благоприятно на упряжных животных и сохраняет зубчатую передачу от поломки. При многоконных приводах следует применять уравнительную З. К водилам присоединены угольники, к одному концу к-рых прикрепляются вальки З., а к другому—тяги, идущие к шарнирному четырехугольнику, расположенному над серединой



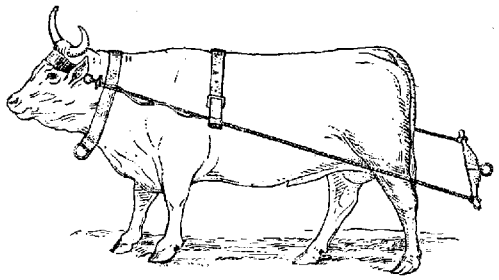
Фиг. 15.

привода. Если одна из лошадей тянет сильнее, чем другие, то четырехугольник вытягивается в ромб (на фиг. 15 показано пунктиром) в сторону сильнее тянущей лошади; тогда отставшие лошади оттягиваются назад и невольно начинают тянуть дружнее.



Фиг. 16.

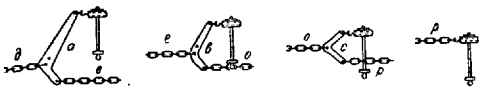
З. волов. Наиболее распространенной З. для волов является З. в ярме, применение же хомута, распространенное в Америке, встречается в Европе реже. Вследствие З. волов парами обыкновенно и ярмо делается парное, так называемое венгерское ярмо (фиг. 16). Верхняя перекладина делается изогнутой по форме холки; нижняя



Фиг. 17.

перекладина—подгорлица—также должна быть изогнута; стойки в виде дуг делаются с несколькими отверстиями для перестановки, чтобы подогнать ярмо к размеру животного; дышло присоединяется к верхней

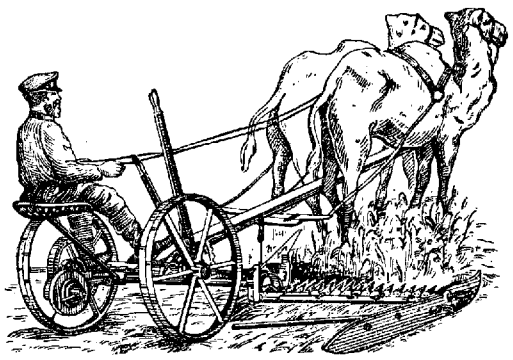
перекладине ярма посредством железного стержня. Для одиночной З. волов чаще применяется налобное ярмо (фиг. 17); давя на лоб, это ярмо приносит вред животному и понижает его работоспособность. При З. в несколько пар волов, с целью равномерного распределения сопротивления машины, применяют особые системы З. Наиболее проста З. сист. Гроссул-Толстого, состоящая из нескольких уравнительных железных звеньев



Фиг. 18.

(штильваг), соединенных цепями. На фиг. 18 представлена четырехпарная З., состоящая из трех штильваг—*a*, *b* и *c* и четырех цепей—*d*, *e*, *o* и *p*.

З. верблюдов часто производится в ярмо, представляющее собою деревянный поперечный брус, естественно дугообразно изогнутый на обоих концах, к-рыми он кладется на переднюю часть горба; под конец бруса кладется мягкая подкладка, концы охватываются мягкими хомутами; к середине бруса присоединяется дышло орудия. Запряжка верблюдов в косилку показана



Фиг. 19.

на фиг. 19, из которой видно, что на горбы надеваются лямки, а от них идут постромки к валькам.

Лит.: Дебу К. И., Запряжки, СПБ, 1911; Рабочая лошадь, П., 1915; Черняев В. В., Плужная запряжка, СПБ, 1886; Zürn F. A., Учение об упряжке, СПБ, 1904. **Б. Крипь.**

ЗАРЯДЫ, определенное количество пороха, помещенного в металлической гильзе или мешке (картузе) из шелковой или шерстяной плотной материи, необходимое для производства выстрела из огнестрельного оружия.

З. бывают: 1) холостые—с небольшим количеством пороха, 2) боевые—с полным количеством пороха, для действительной боевой стрельбы снарядами, и 3) практические—с уменьшенным З., для учебной стрельбы в мирное время, в целях сбережения орудий (не производят столь сильного выгорания канала орудий, какое вызывается боевыми снарядами). Относительным зарядом называется отношение веса пороха к весу снаряда. Зависимость между длиной канала орудия, зарядом и начальной скоростью снаряда видна из следующей таблицы:

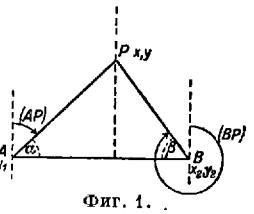
Относительный заряд	Длина канала в калибрах	Нач. скор. снаряда в *м/сж*
$^1/_3$	40	610
$^1/_4$	30	488
$^1/_8$	15	365
$^1/_{15}$	8	152

Приближенно можно считать, что относительный вес З. достигает следующих величин: у пушек ок. $^1/_2$, у гаубиц $^1/_{10}$ и у мортир ок. $^1/_{15}$.

З. разрывной помещается в различных разрывающихся снарядах; величина его зависит от рода снаряда и выражается в долях его веса: в фугасных снарядах вес сильно взрывчатого вещества (мелинита, тротила) достигает $^1/_4$—$^1/_{10}$ веса снаряда, в обыкновенных пороховых снарядах ок. $^1/_{30}$, в бронебойных снарядах до $^1/_{50}$, в шрапнельных ок. $^1/_{100}$.

Лит.: Смысловский Е., Очерк тактики артиллерии, М.—Л., 1928; Козловский Д., Артиллерия, кн. 2, М.—Л., 1927; Нилус и Маркевич, Полный курс артиллерии, кн. 3, П., 1916; Руководство службы при 76-*мм* (3-дм.) пушках, отд. 5—Боевые припасы, М., 1927; Näpert L., Geschütz u. Schuss, B., 1928. **А. Знаменский.**

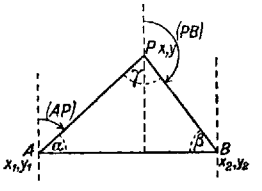
ЗАСЕЧКА точек, определение положения третьей точки по двум данным. Две точки могут быть даны или их координатами или на мензульном планшете графически. В первом случае (фиг. 1) на местности измеряют углы α и β; длина AB и азимут (AB) д. б. известны; затем вычисляют азимуты (AP) и (BP) и длины AP и BP; по этим данным вычисляют приращения координат для точки P: Δx_1 и Δy_1 по A, Δx_2 и Δy_2 по B; окончательно



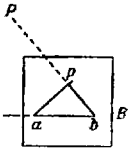
Фиг. 1.

$$\Delta x_p = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2} \text{ и } \Delta y_p = \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{2};$$

следовательно, будут найдены и координаты точки P: x и y; такая З. называется прямой З. Обратная З. (фиг. 2) заключается в том, что на местности измеряют углы α и γ; длина AB и азимут (AB) известны; затем вычисляют азимуты (AP) и (PB), берут обратный азимут (BP) и длины AP и BP, а также угол β как равный $180-(\alpha+\gamma)$; в дальнейшем получают координаты точки P (x,y) по предыдущему. При работах невысокой точности можно определить положение точки P так: нанести на бумагу точки A и B и при помощи транспортира построить углы α и β; в пересечении AP и BP получится точка P. Во втором случае ориентируют мензулу в точке b (фиг. 3) по линии BA; затем через b визируют на P и прочерчивают направление bP; переходят с мензулой в точку A, ориентируют мензулу по линии AB, через a визируют на P и прочерчивают направление

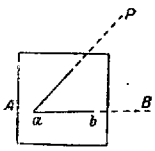


Фиг. 2.



Фиг. 3.

aP; в пересечении aP и bP получится точка p—прямой З. Наилучший результат прямой З. получается, если угол при искомой точке равен 90° или по крайней мере заключается в пределах 30—150°. При обратной З. (фиг. 4) из точки A переходят с мензулой в точку P, ориентируют мензулу по линии Pa, визируют через b на B, прочерчивают направление BP и засекают точку на направлении aP; угол при этой точке должен заключаться в пределах 30—150°. Угломерно З. применяются при определении положения второстепенных точек тригонометрич. сети; графически, на мензуле,—при составлении геометрич. сети. В мензульной съемке З. можно определять целые контуры, засекая их характерные изгибы и проводя часть контура между определенными точками на-глаз. К З. часто прибегают при сгущении геодезическ. основы в контурной аэрофотосъемке, если приходится привязывать аэроснимки к геодезической основе.



Фиг. 4.

Лит.: Беликов С., Общий основной курс топографии, или низшей геодезии, 5 изд., Москва, 1906; Витковский В. В., Топография, Москва, 1928; Бик А. Н., Курс низшей геодезии, ч. 1, 8 изд., М., 1926; Соловьев С. М., Основной курс низшей геодезии, ч. 1—2, М., 1928. **М. Бонч-Бруевич.**

З. в радиотехнике при радиопеленгации—определение положения неизвестного источника электромагнитных возмущений помощью нанесения на карте двух пеленгов (см. *Пеленгаторы*).

ЗАСОЛЕНИЕ, скопление в почве ядовитых солей ($MgCl_2$, $MgSO_4$, Na_2CO_3, $NaCl$, Na_2SO_4), вызывающих гибель орошаемых культур и порчу земель.

При всяком орошении вода не полностью поглощается корнями растений; всегда во время поливов очень значительная часть воды проходит мимо корней и опускается в подпочву. При малых поливах это количество непроизводительно теряемой воды относительно невелико; при обильных же орошениях корни усвояют все те же количества влаги, и только большее количество воды уходит в подпочву, соединяясь там с почвенными водами. Когда вода для орошения небольших участков доставляется при помощи насосов или силою животных, опасности от переорошения меньше,—этого не допускает хозяйственный расчет; когда же удается получить воду самотеком, и притом из обильных источников, опасность эта становится очень большой, в особенности, если орошаемые участки расположены в низинах, где почвенные воды более склонны к застою. В таких случаях обильное орошение быстро вызывает подъем почвенных вод и становится уже настоящим бедствием для культур на орошаемых землях. Почвенные воды в этом случае м. б. опасны как в смысле подтопления корней растений и лишения их воздуха, так и в смысле засоления поверхности почвы. Вследствие капиллярности высокие почвенные воды поднимаются к поверхности и там испаряются; при испарении же воды, соли естественно остаются на поверхности почвы и образуют соляную корку—солончак. Если в составе этих солей имеется $MgCl_2$, $MgSO_4$, Na_2SO_4, $NaCl$, то образующаяся солончаковая корка в самом скором времени убивает растения. Капиллярное поднятие почвенных вод на поверхность может происходить, в зависимости от рода почв, с глубины от $^1/_3$ до 1 *м*.

Лучшим способом наблюдения за уровнем почвенных вод является устройство при помощи земляных *буравов* (см.) небольших буровых колодцев диам. до 0,1 *м*, расположенных в разных местах орошаемого участка. При глинистом и суглинистом грунтах стенки колодцев укрепляют при помощи глиняных дренажных труб или короткой деревянной трубы. Если почва или подпочва рыхла, то применяют для той же цели трубы из оцинкованного железа. Наблюдения за уровнем почвенных вод в этих колодцах, производимые через недельные или месячные промежутки в течение ряда лет, дают понятие об общем подъеме уровня почвенных вод и о частичных колебаниях его по временам года. Если почвенные воды поднимаются ближе $1^1/_2$ *м* к поверхности почвы на б. или м. продолжительное время, необходимо принять меры к их понижению, расчистке и углублению соседних речек и балок с одновременным уменьшением количества оросительной воды. Если почвенные воды продолжают подниматься, то устраивают искусственный дренаж с открытыми или закрытыми дренами. Открытые дрены устраивают в виде канав, имеющих глубину не меньше 1,7—2,0 *м*. При работе их нормальными расходами уровень почвенной воды должен стоять по крайней мере на 1,3—1,5 *м* ниже поверхности земли. Расстояние между отдельными открытыми дренами зависит от уклона местности и свойств почвы. Чем почва более проницаема, тем расстояние это бывает больше, и наоборот. Дренаж при помощи открытых дрен представляет, однако, много неудобств: дрены засоряются, требуют больших расходов на очистку и стесняют полевые работы. В тех местах, где лес дешев и имеются породы его, хорошо противостоящие гниению, применяется дренаж Бутса (см. *Дренаж*). Там, где лес дорог, предпочитают глиняные или бетонные трубчатые дрены. Глубина закладки закрытого дренажа на орошаемых землях делается не меньше 1,5 *м*, т. е. более значительной, нежели при обычном осушении. Это объясняется тем, что на орошаемых землях надо поддерживать уровень почвенных вод более низким, т. к.: 1) с почвенными водами капиллярно поднимаются и растворимые соли, содержащиеся в орошаемых почвах, а этот подъем солей нельзя допускать выше известного предела, и 2) на орошаемых землях культивируемые растения имеют более глубокую корневую систему. Расстояния между дренами на орошаемых землях зависят гл. обр. от свойств почвы и содержания солей в ней и, по данным америк. и египет. практики, изменяются в пределах от 15 до 60 *м* (чаще 30—45 *м*). Диаметр дрен, вследствие легкой заиляемости дренажа на орошаемых землях, берут от 10 до 15 *см* (коллекторы до 25 *см*). Это вызывается и тем, что дренаж при орошении должен отводить

значительно бо́льшие количества воды, сравнительно с обыч. осушительным дренажем. Устройство дренажа представляет собой весьма дорогую работу, поэтому орошение надо устраивать на таких местах, где имеется достаточный скат и преобладают водопроницаемые подпочвы.

Лит.: Костяков А. Н., Основы мелиорации, М., 1927; Скорняков Е. Е., Искусств. орошение небольших участков, ч. 1, 1925; Тулайков Н. М., Солонцы, их улучшение и использование, П., 1922; Hilgard E. W. a. Longhridge R. N., Nature, Value a. Utilization of Alkali Lands, «California Experim. Station, Bull.», 1906, *128*; Harris F. S., Soil Alkali Studies, «Utah Agric. College Exp. Station, Bull.», 1916, *45*. **Е. Скорняков.**

ЗАСОРЕНИЕ рек и водоемов, осаждение на дно рек и водоемов плавающих по поверхности воды предметов (гл. обр. древесных остатков и мусора), отложение в реках и водоемах грунтов вследствие подмыва течением берегов и дна рек и водоемов и развитие по берегам растительности. З. рек происходит более всего в периоды паводков. Наиболее часто наблюдаются следующие виды З. рек. Заломы — образуются от свалившихся деревьев и пней (карчей) при подмыве берегов. На малых реках свалившееся дерево перегораживает реку и, задерживая плывущие сверху стволы или части деревьев, образует беспорядочно переплетенную и нагроможденную груду древесных остатков. Во время паводков у таких заграждений осаждается ил, и частицы размытого дна образуют впоследствии подводные и надводные острова. Борьба с заломами ведется путем вытаскивания из воды замытых стволов и частей их. З. камнями, если они выступают над меженним горизонтом, является большой помехой для нормального течения воды и для сплава леса. Борьба с З. камнями ведется при помощи уборки их вручную, иногда после предварительного раздробления их взрывчатыми веществами. Топляки — отдельные бревна, пропитавшиеся водой вследствие неправильного сплава и опустившиеся на дно,—образуют отмели и острова, устанавливая неравномерное течение воды в реке, а в стоячих водоемах—уменьшая их полезную емкость. Выемка и уборка топляков производится вручную или посредством особых приспособлений с барж, лодок и плотов, а иногда с прозрачного льда через проруби. Рыбные заколы (язы)—изгороди, идущие поперек реки для ловли рыбы,—препятствуют равномерному течению реки и образуют перед собой отмели, затрудняющие сплав и влекущие за собой заболачивание, подтопление берегов и т. п. Борьба с заколами ведется путем уничтожения их в порядке обязательных постановлений местных властей или закона, нормирующего порядок пользования водоемами. Наличие растительности по берегам водоемов влечет сокращение в заросших частях скорости течения воды, а следовательно, и обмеление за счет осаждения взмученных частиц грунта и остатков отмерших частей растительности. Борьбу с З. растительностью ведут путем скашивания и уничтожения ее. Наличие на реках переездов и переходов, сделанных из набросок бревен, хвороста, сена, навоза, задерживающих мусор, ил и пр., ведет к образованию отмелей. Такого рода засорения устраняют путем оборудования на реках достаточного числа и достаточной ширины мостов.

Лит.: Акулов К., Брилинг С. и Марцелли М., Курс внутренних водных сообщений, т. 1, М.—Л., 1927; Зброжек Ф. Г., Курс внутренних водных сообщений, 3 изд., П., 1915; Костяков А. Н., Основы мелиорации, Москва, 1927; Неелов Д. Д., Устройство плотин, ч. 1, гл. 6, СПБ, 1884. **А Напабугин.**

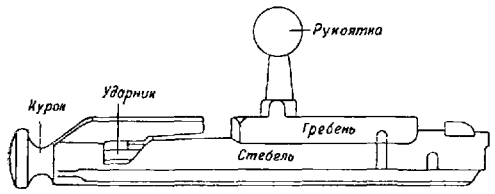
ЗАСТАВЫ ПЕРЕЕЗДНЫЕ, подвижные заграждения (барьеры), устраиваемые на охраняемых переездах при пересечении жел.-дорожн. пути с безрельсовыми дорогами на одном уровне. Цель устройства — заблаговременное преграждение, во избежание несчастных случаев, перехода через жел.-дор. путь людей, экипажей и скота. З. п. располагаются параллельно оси рельсового пути с обеих его сторон, на таком расстоянии от него, чтобы между затвором и путем мог безопасно поместиться наиболее длинный (из обращающихся в данном районе) экипаж с лошадью с тем, чтобы переехавший через ж.-д. путь в момент закрытия переезда экипаж не остался на ж.-д. пути. Заграждения эти обычно устраиваются в виде задвижных затворов (деревянные брусья, железные трубы, фасонное железо, реже—при большой ширине переезда—железная легкая фермочка), иногда в виде вращающихся (в вертикальной, реже в горизонтальной плоскости) затворов, иногда в виде накладных брусьев и редко в виде цепей. Закрытие застав переездных производится вручную, механически или автоматически перед подходом к переезду поезда; в последних двух случаях—посредством системы проволочных проводов. По проходе поезда заставы переездные таким же путем открываются. **Ю. Энгельгардт.**

ЗАТВОР, часть огнестрельного, заряжающегося с казны, оружия, служащая для закрывания канала ствола перед выстрелом.

З. ружейные делятся на скользящие, откидные, краповые и качающиеся.

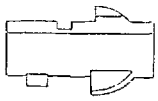
1. Скользящие З. В настоящее время армии почти всех государств вооружены винтовками с продольно скользящими З., которые имеют следующие преимущества: 1) надежность экстракции гильз; 2) легкость отделения и вынимания скользящего З. из ствольной коробки; 3) удобство замены З. и 4) простоту и легкость изготовления при обработке на станке. Скользящие З. подразделяются на З. прямого действия и З. с поворотом. При закрывании З. первого вида достаточно только дослать его вперед— и винтовка будет заряжена и ударник взведен (австр. и швейц. образца 1895 г.). З. с прямолинейным движением выгоден тем, что стрелок может сделать несколько выстрелов, не отнимая винтовки от плеча, но в то же время этот З. легко подвержен загрязнению и отказу от работы. Поэтому более распространен скользящий З. с поворотом, требующий двух движений—поворота З. и линейного его перемещения (винтовка обр. 1891 г., состоящая на вооружении Красной армии, Лебель обр. 1907/15 гг., Ли-Энфильд обр. 1903 г., Арисака обр. 1905 г., Маузер, Манлихер). Ствольная коробка передней своей частью навинчивается на задний срез ство-

ла и служит для помещения З. (фиг. 1) (который объединяет в себе запирающий и ударный механизмы), спускового механизма

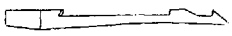


Фиг. 1.

и выбрасывающего приспособления. Выступы на внутренней поверхности стебля З. входят в винтовые вырезы, заставляя боевую личинку поворачиваться при движении З. вперед. Боевая личинка (фиг. 2) имеет 2 выступа, входящие в поперечные пазы коробки. Герметичность закрывания канала ствола зависит от правильности нажатия боевой

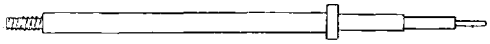


Фиг. 2.



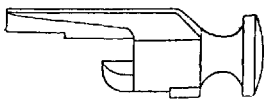
Фиг. 3.

личинки на дно патрона. При открывании З. выбрасыватель (фиг. 3) крючком, несколько выступающим за переднюю плоскость боевой личинки, захватывает за закраину гильзы, находящейся в патроннике, и тянет гильзу до тех пор, пока она не ударится о выступ отсечки-отражателя и не будет выброшена т. о. из ствольной коробки. Внутри



Фиг. 4.

стебля З. ходит ударник (фиг. 4), разбивающий при выстреле капсюль патрона; на длинной части ударника надета боевая пружина, к-рая служит для сообщения ударнику быстрого движения для получения сильного удара бойка по капсюлю. На задний конец ударника навинчен курок (фиг. 5), который отводит ударник назад и удерживает его на боевом или на предохранительном взводе. Курок оканчивается сзади пуговкой, при помощи к-рой, не открывая З., можно отводить курок назад для постановки на боевой или на предохранительный взвод (в последнем положении ни спустить курка ни открыть З. нельзя). О З. автоматич. ружей и пулеметов см. *Автоматическое оружие*.



Фиг. 5.

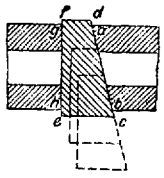
2. Откидные З. делятся на: а) перемещающиеся в вертикальной поперечной плоскости, т. е. с болтом, расположенным параллельно оси канала (откидной влево—системы Крнка, вправо—системы Шнейдера); б) перемещающиеся в вертикальной продольной плоскости, т. е. с болтом, расположенным горизонтально и перпендикулярно оси канала (откидной вверх—системы Бердана № 1, Венцля, Ремингтона).

3. Крановые З. представляют собою цилиндр с особой вырезанной частью в виде жолоба для вкладывания патронов, прилегающий основанием к казенному срезу ствола и вращающийся вокруг оси, расположенной параллельно оси канала.

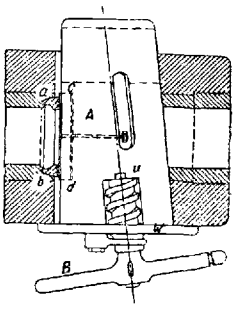
4. Качающиеся З. имеют ограниченное перемещение в вертикальной продольной плоскости, вращаясь около горизонтальной оси, расположенной перпендикулярно к оси канала (см. *Ружейное производство*).

З. артиллерийские, орудийные, делятся на два рода: затворы клиновые и затворы поршневые.

Идея клинового З. заключается в том, что в поперечное отверстие в орудии вжимается или вдвигается сбоку или снизу клин (фиг. 6). При вдвигании клина задняя его поверхность *cd* скользит вдоль стенки гнезда, а передняя плоскость *ef* постепенно приближается к передней стенке клинового отверстия *gh* и, наконец, прижимается к ней. При открывании клина передняя его плоскость *ef* удаляется от плоскости *gh*, задняя же наклонная плоскость клина *cd* всегда прилегает к задней наклонной плоскости *ab* клинового отверстия. Для более плотного прижатия передней плоскости клина к стенкам гнезда, во избежание просачивания газов, применяются упругие прокладки (металлические, кожаные, резиновые). Такие приспособления называются абтюраторами. Клиновые затворы были введены в полевых орудиях прежних образцов (фиг. 7). При запирании З. при помощи рукоятки *B* двигают клин *A* до тех пор, пока срез плитки *cd* клина не коснется среза кольца *ab*; при дальнейшем движении для окончательного запирания З. необходимо вращением той же рукоятки завернуть зажимной винт *w*. Нарезная часть винта состоит из нескольких крутых витков, наполовину выдающихся над поверхностью клина и входящих в соответствующую нарезку полуматки, вырезанной в теле орудия. Зажимной винт, кроме облегчения окончательного запирания З., служит еще связью между клином и телом орудия, чем устраняется возможность выбрасывания затвора из гнезда действием пороховых газов. Для ускорения запирания затвора витки винта, кроме крайнего, прилегающего к доске *w*, срезаны с одной стороны настолько, что не выдаются за верхнюю плоскость поверхности клина. При таком устройстве, когда винт повернут срезанной частью витков кверху, можно от руки дослать затвор до упора оставшегося несрезанным крайнего витка в нарезку полуматки; дальнейшее же задвигание З. (т. н. зажим) производится вращением рукоятки *B* на $^1/_2$ оборота, благодаря чему весь

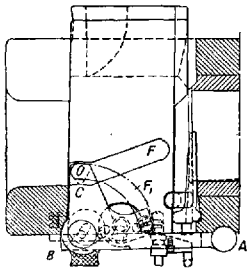


Фиг. 6.



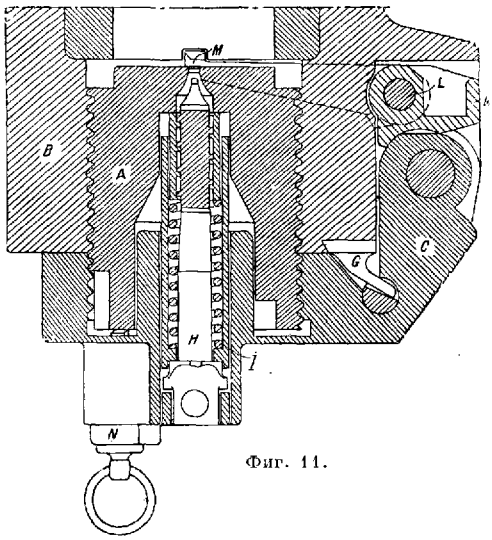
Фиг. 7.

винт ввинчивается в полуматку и достигается прочное соединение клина с телом орудия (как в поршневом З.). В клиновом З. для 48-линейных (105-*мм*) гаубиц образца 1909 г. для открывания и закрывания З. служит коленчатая рукоятка *ABC* (фиг. 8). При повороте рукоятки в горизонтальной плоскости направо назад внутреннее колено *C* рукоятки выдвигает клин, благодаря тому что нижний кулак *O* на конце колена движется в косом пазу *F* на поверхности клина, а верхний кулак *O* — в круговом пазу F_1 кожуха орудия. Вдвигание клина ограничивает его наружная лицевая доска, имеющая бо́льшие размеры, чем клиновое отверстие.

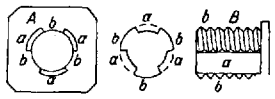


Фиг. 8.

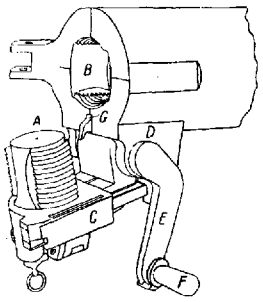
Идея поршневого З. заключается в том, что в казенную часть канала *A* (фиг. 9), снабженную винтовой нарезкой, ввинчивается, как винт, особый поршень *B*. Нарезки поршня и его гнезда срезаны в продольном направлении на частях *a*. Установив сектор *b* нарезки витков поршня против срезанных витков *a* гнезда, можно свободно вдвинуть поршень и выдвинуть его. Витки нарезки поршня при повороте вдвинутого поршня на угол сектора витков сцепляются с нарезкой гнезда; при этом поршень соединяется с орудием и не м. б. выдвинут или выброшен давлением газов. Для открывания З. поворачивают обратно на тот же угол, при чем нарезка поршня расцепляется с нарезкой гнезда. Поршневой затвор (фиг. 10 и 11) 76-*мм* полевой пушки образца 1902 г. состоит из запирающего, ударного и выбрасывающего механизмов и предохранителя. Тело затвора *A* образует поршень с 2 секторами витков, сцепляющихся при повороте поршня с такими же витками секторов гнезда замочной части *B* ствола. Для вынимания поршня и удержания его в требуемом положении служит рама *C*, которая ходит между проушинами *D* тела орудия и связывается с ним осью, составляющей одно целое с рукояткой *E*, на к-рой имеется ручка *F*. При повороте рукоятки вправо ее шип, действуя на специальную гребенку, двигает последнюю в пазу рамы. Гребенка своими зубцами поворачивает поршень за его зубья до тех пор, пока витки нарезки поршня не выйдут из зацепления с витками нарезки гнезда и нарезные секторы поршня не станут против гладких четвертей гнезда; при этом сцепление поршня со стволом прекращается. Поворот поршня при открывании З. происходит на 90°. При дальнейшем повороте рукоятки *E* рама *C* поворачивается и отходит от казенного среза ствола орудия. Поворот рамы происходит до тех пор, пока выступ на ухе рамы не ударится в срез колодки выбрасывателя, который повернется тогда на своей оси и, зацепив захватами своих ветвей за закраину гильзы, выбросит ее из патронника. Закрывание затвора производится поворотом рукоятки справа налево; при этом рама *C*, поворачивающая выбрасыватель, действует на выступ колодки выбрасывателя, к-рый двигается ветвями вперед. При подходе рамы к казенному срезу ствола стопорный клин *G* через окно рамы надавливает на наклонную грань боковой выемки стопора и постепенно его утапливает, вследствие чего гребенка делается свободной; под действием шипа рукоятки она переместится влево и повернет поршень справа налево, т. е. сцепит поршень со стволом. При этом повороте поршень, ввинчиваясь в нарезку гнезда, несколько подается вперед (на 2 *мм*) и окончательно досылает патрон, вывинчиваясь одновременно на ту же величину из гнезда рамы. При досылке патрона выбрасыватель поворачивается, и захваты его ветвей входят в свои гнезда на заднем срезе патронника.



Фиг. 11.

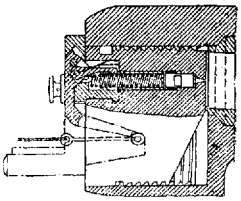


Фиг. 9.



Фиг. 10.

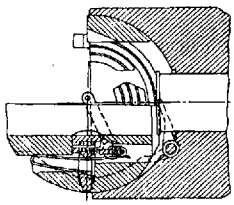
Ударный механизм (стреляющее приспособление) служит для производства выстрела и расположен во внутрен. канале поршня. Чтобы произвести выстрел, надо резко ударить острием по капсюлю; для этой цели служит ударник *H* (фиг. 11), который посылается боевой пружиной *I*.


Фиг. 12.

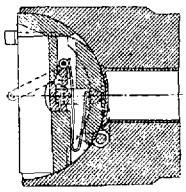
Выбрасывающий механизм служит для выбрасывания гильзы (или патрона) из па-

тронника ствола и состоит из выбрасывателя *K* и его оси *L*. Ветви *M* выбрасывателя проходят через отверстие в боковой стенке кожуха, а их захваты при закрытом З. помещаются в углублениях на заднем срезе трубы ствола, где начинается патронник. Предохранитель *N* препятствует открыванию затвора в том случае, если при спуске не произошло выстрела.

Особым видом З. являются З. эксцентрические и шаровые. Для открывания эксцентрич. З. (фиг. 12) необходимо, действуя на расположенную сзади рукоятку, сделать поворот на 180°. Такое устройство позволяет делать поршень очень коротким. Выстрел производится оттягиванием шнура ударного механизма. Эксцентрич. З. снабжены франц. полевые пушки образца 1897 г. и норвежские полевые пушки образца 1901 г. Шаровой З. Кане (фиг. 13) представляет собой полушарие. При закрытом З. (фиг. 14) сферическ. часть его плотно прилегает к зарядной камере; патронная гильза для этого З. имеет сводчатое вогнутое днище,



Фиг. 13.



Фиг. 14.

соответствующее форме З. При открытом З. (фиг. 13) задняя его часть устанавливается в горизонтальном положении и составляет, таким образом, продолжение нижней поверхности зарядной камеры.

Автоматич. З. сист. Крупна и Эргарда применяются для полевых и горных пушек.

О производстве орудийных затворов см. *Орудийное производство*.

Лит.: Нилус и Маркевич, Полный курс артиллерии для артил. училищ, кн. 2, 3 издание, П., 1916; Коаловский Д., Артиллерия, М.—Л., 1927; Федоров В., Автоматическое оружие, СПБ, 1907; Наставление по стрелковому делу РККА, ч. 1, М., 1929; Наставление артиллерии РККА, М., 1928; Девуж М., Современное автоматическое оружие, М., 1927; Häner L., Geschütz und Schuss, B., 1928; Bästlein R., Der konstruktive und fabrikatorische Aufbau von Kriegswaffen, Charlottenburg, 1923; Schwartc M., Die Technik im Zukunftskrieg, Charlottenburg, 1922. **А. Знаменский.**

Затворы гидротехнические, сложная и существенная деталь гидротехнических сооружений (трубопроводов, плотин, шлюзов, доков), служащая для открытия и закрытия водопроводных отверстий. Конструкция З. зависит от величины отверстия, которое необходимо закрыть, и от величины напора; кроме того, должны быть учитываемы и многие другие условия: пропуск льда, наносов, удобства управления и эксплоатации. Условия, к-рым должен удовлетворять З.: водонепроницаемость (это требование не во всех случаях имеет одинаково серьезное значение), прочность, удобство управления, надежность действия, возможная дешевизна. По конструкции затворы могут быть разбиты на следующие главные группы.

1) З., перекрывающие сравнительно малые отверстия при разных напорах. Сюда относятся З. трубопроводов, водопроводных галлерей, шлюзов, доков и водопроводных отверстий в водоудерживающих плотинах. Перечисленные типы З. нередко д. б. рассчитаны на большой напор, что вносит существенные особенности в конструкцию таких З. К этой группе относятся следующие системы: в трубопроводах — задвижки, вентили, клинкеты, З. сист. Джонсона, заслонки («бабочка») и многие другие, в водопроводных галлереях шлюзов и доков — щитовые затворы, сегментные, цилиндрические и других типов.

2) З., перекрывающие отверстия средних размеров при сравнительно небольших напорах (не свыше 10—15 *м*). Типичными представителями рассматриваемой группы являются З., закрывающие камеры шлюзов и доков. Из наиболее употребительных систем следует назвать след.: ворота двустворчатые, вращающиеся на вертикальных осях; ворота однополотные, вращающиеся на горизонтальной оси; ворота откатные, подъемные, батопорты и др.

3) З., перекрывающие отверстия сравнительно больших размеров при разных напорах. Сюда могут быть отнесены З. водоподъемных плотин разных типов. Они могут быть классифицированы следующ. образом. 1-я группа — З. с неподвижными опорами: а) спицевые—в спицевых или игольчатых плотинах, б) шандоры, в) щиты разных систем (скользящие, катковые, Стонея, ярусные, прочих типов), г) цилиндрические (вальцовые), д) сегментные. 2-я группа — З. с съемными опорами: а) стоечные русские, б) Поаре, в) Шварцера, Томаса и др., близкие к системе Поаре, г) Шаноана, д) мостовые (Таверны и др.). 3-я группа—З. полуавтоматические: а) Дефонтена, б) секторные, в) крышеобразные (Бертрен, Уатт и др.). 4-я группа—З. автоматические разных типов.

По назначению различают: а) З. промышленного типа, б) З. судоходного типа и в) смешанные З.; по материалу: а) З. деревянные, б) З. металлические, в) З. железобетонные и г) смешанные З. — см. *Плотины, Шлюзы*.

Затворы фотографические см. *Фотографические аппараты*. **Е. Близнак.**

ЗАТОН, часть водного пространства, сообщающегося с рекой, но защищенного естественными условиями или искусственно от действия весеннего ледохода и пригодного для зимовки судов. На русских реках используются З. преимущественно естественные, образовавшиеся из староречий и пойменных озер, разъединенные в верховой части от реки. Имеются также затоны, образующиеся за косами и побочнями (Сормовский З. на р. Волге), при чем в верховой части З. огражден ледорезами. Сарептский затон образован из воложки (протока), закрытой в верховой части ж.-д. дамбой. Некоторые З., служащие для зимовки судов, оборудованы мастерскими для производства ремонта судов, элингами. В З. обычно производятся и грузовые операции по нагрузке зимующих судов для весенних рейсов. Особого

оборудования для таких операций, вообще, не имеется. Меры техническ. характера по поддержанию и улучшению З.: а) поддержание необходимой для входа судов на зимовку глубины входов в З.; б) расширение, в случаях необходимости, водной площади З.; обе эти меры осуществляются землечерпанием; в) укрепление берегов в месте расположения мастерских или производства грузовых операций; г) устройство ледорезов или охранных дамб для обеспечения безопасности зимующих судов от ледохода; д) устройство жилых помещений для команд зимующих судов. К типу искусственных З. относятся также бассейны гаваней, устраиваемые в берегах рек и ограждаемые от ледохода (см. *Гавань*), а также некоторые гавани, образованные по типу затона (у Киева на р. Днепре) в староречьях и расширяемые искусственно.

Лит.: Гавани и зимовки верхней Волги, «Материалы для описания русских рек», изд. Казанск. окр. пут. сообщ., Казань, 1917; Гавани и зимовки средней Волги, «Материалы для описания русских рек», изд. Волжск. окр. пут. сообщ., Казань, 1918; Гавани и зимовки нижней Волги, там же, 1921. **Н. Акулов.**

ЗАТОПЛЕНИЕ, заполнение поймы (займища) реки или пониженных ее точек паводковыми и подпруженными водами вследствие выступления их из берегов реки или вообще заполнения пониженных точек земной поверхности стекающими туда поверхностными водами. З. наблюдается обычно при засорении рек и водоемов, влекущем за собой повышение горизонта воды в них вследствие уменьшения живого сечения реки и повышения уровня почвенно-грунтовых вод, а в водоемах—уменьшения их полезной емкости. З. прилегающей к водоему береговой полосы или поймы происходит при устройстве на реках или водотоках водоподпорных сооружений. З. низин и болот наблюдается при перепруживании и засыпке или обмелении выходящих из них рек или ручьев или при перехватывании соответствующих грунтовых горизонтов, влияющих на нормальный установившийся при помощи их сток воды. Вследствие всякого рода З. 1) затрудняется или нарушается передвижение по затопленным дорогам; 2) население полностью или частично лишается возможности пользоваться полезной площадью; 3) при продолжительном затоплении лесных пространств гибнет лес; 4) возможно наступление процесса *заболачивания* (см.); 5) ухудшаются санитарные условия.

Для ограждения местности от затопления прибегают к понижению горизонта воды в реке следующими приемами: 1) спрямляют русло реки, уничтожая извилистость его; 2) расчищают русло реки от наносов, карчей, камней, создающих в реке повышенный горизонт; 3) устраняют причины, создающие подпор воды (делают более широкие пролеты мостов и водоспускных отверстий в плотинах, уничтожают заколы и т. п.). Если этими мероприятиями не устраняется опасность З., то применяют в соответствующих случаях: 1) оградительные *дамбы* (см.), препятствующие выходу воды из реки во время паводка; 2) кальматаж—поднятие поверхности земли путем ее заиления; 3) спуск воды или понижение горизонта ее в находящихся вблизи затопляемых территорий водоемах (озерах и прудах). Для защиты от З. узких долин горных речек, характеризующихся бурными потоками, прибегают к облесению верхних частей бассейна.

Лит.: Кандиба Б. Н., Регулирование рек, Л., 1927; Костяков А. Н., Основы мелиорации, М., 1927; Knauer H., Der Wasserbau. Mit einem Anhang über Wasserkraftanlagen, 2 Auflage, Strelitz, 1923; Engels H., Handbuch des Wasserbaues, 3 Aufl., B. 2, Lpz., 1923. **А. Калабугин.**

ЗАТОЧКА, см. *Инструментальное дело*.

ЗАТУХАНИЕ. 1) *З. в колебательном процессе*—постепенное уменьшение амплитуды колебаний; получается при свободных колебаниях некоторой системы. Если эта система получила определенное количество энергии и тратит эту энергию во время колебаний, то имеют место затухающие свободные колебания. Примером таких колебаний могут служить колебания маятника. Потенциальная энергия, полученная маятником при отклонении его от точки равновесия, тратится во время колебания на преодоление сопротивления среды и на трение в точке подвеса, почему амплитуды колебания все время уменьшаются и колебания затухают.

Если сила F, действующая на материальную точку с массой m, пропорциональна расстоянию этой точки от нек-рого центра и направлена к центру, то отклонение x материальной точки из центра определяется дифференциальным ур-ием:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = F = -kx. \qquad (1)$$

Решение этого ур-ия дает незатухающее гармоническое колебание:

$$x = A\sin(\omega t + \varphi), \qquad (2)$$

где $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ — угловая частота. Если же помимо силы F на точку действует другая сила F_1, пропорциональная скорости и противоположная ей по направлению,

$$F_1 = -k_1\frac{dx}{dt},$$

то ур-ие (1) превращается в ур-ие (3):

$$m\cdot\frac{d^2x}{dt^2} = -kx - k_1\frac{dx}{dt}, \qquad (3)$$

к-рое имеет решение вида

$$x = Ae^{-\alpha t}\sin(\omega t + \varphi), \qquad (4)$$

выражающее простейшее затухающее колебание, при чем

$$\alpha = \frac{k_1}{2m};\quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{k_1}{2m}\right)^2}.$$

З. определяется членом $e^{-\alpha t}$. Чем больше α, тем скорее затухают колебания. Величина α называется множителем З. Амплитуды колебания убывают в геометрической прогрессии:

$$x_1 = Ae^{-\alpha t_1};\ x_2 = Ae^{-\alpha(t_1+T)};\ x_3 = Ae^{-\alpha(t_1+2T)}$$

и т. д., где $T = \frac{2\pi}{\omega}$ — период колебания. Отношение двух следующих друг за другом через период амплитуд носит название декремента колебания и равняется

$$\Delta = e^{\alpha T}. \qquad (5)$$

Натуральный логарифм декремента колебания более удобен в обращении и поэтому

чаще употребляется на практике. Он называется логарифмическим декрементом З. (иногда—декрементом З. или просто декрементом) и равен

$$\delta = \ln \Delta = \alpha T . \qquad (6)$$

В электротехнике рассматривают собственные колебания контура, состоящего из емкости C, индуктивности L и сопротивления R. Тогда свободные колебания силы тока i определятся из дифференциального ур-ия

$$L \cdot \frac{d^2 i}{dt^2} + R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i = 0 , \qquad (7)$$

интеграл которого

$$i = Ie^{-\alpha t} \sin(\omega t + \varphi), \qquad (8)$$

где $\alpha = \frac{R}{2L}$ и $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$, а I и φ определяются из начальных условий. Условием возникновения колебаний является

$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}} .$$

Логарифмич. декремент З. в разобранном случае, согласно ур-иям (6) и (1), равен

$$\delta = \frac{R}{2L} T. \qquad (9)$$

Применяя приближенную ф-лу Томсона для периода колебания

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \cong 2\pi\sqrt{LC} ,$$

получаем:

$$\delta = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} . \qquad (9')$$

Иногда пользуются для вычислений ф-лой:

$$\delta = \frac{1}{150} \cdot \frac{RC}{\lambda} , \qquad (10)$$

полученной из (9), если выразить длину волны λ в $м$, сопротивление R в Ω, емкость C в $см$. Измерение логарифмич. декремента З. производится при помощи специального прибора декрементра или путем снятия кривых резонанса (см. *Измерения* в радиотехнике).

Приведенные ф-лы для определения декремента З. справедливы лишь для того случая, когда других потерь энергии, кроме потерь в сопротивлении R, нет. В контуре, однако, м. б. потери в диэлектрике конденсатора, на токи Фуко, на истечение, на излучение, а также потери в искровом промежутке (при наличии последнего).

Хотя декремент З. относится лишь к затухающим колебаниям, он м. б. применен, однако, и в случае незатухающих колебаний, т. к. характеризует потери мощности. Действительно, энергия, находящаяся в колебательном контуре, $W = \frac{LI_m^2}{2}$, где I_m—амплитуда силы тока. Количество энергии, которое расходуется в течение одного полупериода (т. е. в течение одного колебания энергии, так как в течение одного периода мы получаем два максимума W), равно для незатухающих колебаний

$$W_R = \frac{R \cdot I_m^2}{2} \cdot \frac{T}{2} .$$

Отношение энергии, расходуемой в течение полупериода, к энергии, находящейся в контуре, равно логарифмическ. декременту З.:

$$\delta = \frac{W_R}{W} . \qquad (11)$$

В английской литературе часто берут отношение энергии, расходуемой за период, к энергии, находящейся в контуре, вследствие чего в этом случае декремент получается в два раза бо́льшим:

$$\delta' = 2\delta = \frac{R}{L} \cdot T.$$

Легко связать также декремент З. с коэффициентом мощности $\cos\varphi$. Действительно,

$$\delta = \frac{R}{2L} \cdot T = \frac{\pi R}{\omega L} .$$

Т. о., если в контуре нет емкости, а есть лишь сопротивление и самоиндукция, то

$$\delta = \pi \operatorname{ctg} \varphi .$$

Вывод ф-лы (11) для затухающих колебаний м. б. также применен, если принять во внимание, что для одного полупериода можно считать действующее значение силы тока

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} .$$

Для целого же ряда периодов действующее значение силы тока определяется из следующих соображений. Если число групп колебаний в секунду N, то энергия $N\frac{LI_m^2}{2}$, отданная в контур, расходуется в сопротивлении R, т. е. $N\frac{LI_m^2}{2} = RI^2$, или

$$I = I_m \sqrt{\frac{N}{4a}} . \qquad (12)$$

Эта формула не вполне точна, но достаточна для практических расчетов.

Затухающие колебания получаются в контуре, содержащем искровой промежуток, который пробивается при определенном значении напряжения на конденсаторе. В радиотехнике имели применение сначала сильнозатухающие колебания с большим декрементом, затем—слабозатухающие. В настоящее время затухающие колебания применяются лишь на судовых радиостанциях (постепенно заменяющих затухающие колебания незатухающими от лампового генератора) и при измерениях. В последнем случае они возбуждаются в волномерах при помощи пищика (зуммера). О применении затухающих колебаний для связи см. *Беспроволочная связь* и *Искровой передатчик*.

Лит.: Петровский А. А., Научные основания беспроволочной телеграфии, 2 изд., ч. 1, СПБ, 1913; Thomson W., «Philosoph. Magazine a. Journal of Science», L.—Edinburgh, 1853, v. 5, p. 393; Feddersen W., «Ann. d. Phys.», Lpz., 1861, B. 113, p. 437, 1862, B. 116, p. 132; Zenneck J. u. Rukop H., Lehrbuch d. drahtlosen Telegraphie, 5 Aufl., Stg., 1925; Hort W., Technische Schwingungslehre, 2 Aufl., Berlin, 1922. **И. Кляцкин.**

2) З. электромагнитной волны вдоль линии наблюдается как уменьшение мощности волны от начала к концу линии. Если обозначить мощность в начале линии через N_a, а мощность в конце линии через N_e, то затухание b линии определится в неперах (см. ниже):

$$b = \ln \sqrt{\frac{N_a}{N_e}} .$$

Это выражение является общим и действительно для однородной и неоднородной линии, в состав к-рой могут входить трансформаторы, усилители и т. д. Различают гл. обр. следующие затухания.

1. Относительное затухание, определяемое как разность затуханий двух систем

(две линии, два трансформатора и т. д.), из которых одна принята за эталон, т. е.

$$b - b_{эт.} \cdot \qquad (1)$$

Эта разность может быть положительной или отрицательной.

2. Собственное затухание, определяемое как затухание системы (линия, трансформатор и т. д.), замкнутой на конце сопротивлением, равным волновому сопротивлению, т.е.

$$b_{с.} = \ln \sqrt{\frac{V_a I_a \cdot \cos\varphi}{V_e I_e \cdot \cos\varphi}} = \ln \sqrt{\frac{|V_a|}{|V_e|}} = \ln \sqrt{\frac{|I_a|}{|I_e|}} = \ln \sqrt{\frac{N_a}{N_e}}, \qquad (2)$$

где V_a, I_a, V_e и I_e—напряжение и сила тока в начале и конце линии.

3. Эффективное затухание, определяемое как натуральный логарифм корня квадратного из отношения

$$\frac{|V'_e I'_e|}{|V_e I_e|},$$

где $|V'_e I'_e|$ — число вольтампер в цепи приемника, когда генератор работает непосредственно на приемник и внутреннее сопротивление генератора равно сопротивлению приемника, а $|V_e I_e|$—число вольтампер в цепи приемника, когда между генератором и приемником включена линия, т. е.

$$b_{эфф.} = \ln \sqrt{\frac{|V'_e I'_e|}{|V_e I_e|}}. \qquad (3)$$

Весьма употребительно также выражение для затухания по току и по напряжению, представляющее собой натуральный логарифм отношения амплитуд токов или напряжений в начале и в конце линии:

$$b = \ln \frac{|I_a|}{|I_e|}; \quad b = \ln \frac{|V_a|}{|V_e|}. \qquad (4)$$

Величина b называется коэффициентом затухания линии, имеющей длину l *км*. Разделив b на l, получим β—километрич. затухание линии. Делогарифмируя ур-ия (1), (2), (3) и (4) получим выражения $e^b = e^{\beta l}$ и, при $l = 1$, $e^b = e^{\beta}$, к-рые называются множителями затухания.

Лит.: Юрьев М. Ю., Теория телефонных цепей, М., 1925; Круг К. А., Основы электротехники, М., 1926; Коваленков В. И., Телефонирование на большое расстояние, ч. 1 (на правах рукописи), Л., 1925; Wagner K. W., Elektromagnetische Ausgleichsvorgänge in Freileitungen u. Kabeln, Lpz.—B., 1908; Breisig F., Theoretische Telegraphie, 2 Aufl., Brschw., 1924; Ollendorff F., Die Grundlagen d. Hochfrequenztechnik, B., 1926; Hill J. G., Telephonic Transmission, L., 1920; Feige A., Allgemeine Vierpoltheorie, «Telegraphen- und Fernsprecher-Technik», B., 1927, *3*, *9*, *12*; Strecker K., Hilfsbuch f. die Elektrotechnik, B. 2, 11 Aufl., B., 1928; Comité consultatif international des communications téléph. à grande distance, P., 1926. **Ю. Рыдель.**

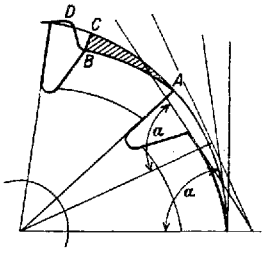
3) Единицы передачи. По постановлению Международного консультативного комитета по телефонированию на далекие расстояния в настоящее время приняты две единицы З. (единицы передачи): единица, выраженная как натуральный логарифм квадратного корня из отношения мощностей в начале N_a и в конце N_e четырехполюсного контура, $b = \ln \sqrt{\frac{N_a}{N_e}}$, так называемый непер, и единица, выраженная как десятичный логарифм той же величины $b' = \lg \sqrt{\frac{N_a}{N_e}}$, так назыв. бел. На практике пользуются $^1/_{10}$ этой единицы—децибелем, совпадающим с ранее принятой в Америке единицей T.U. (Transmission Unit). До последнего времени существовала еще одна единица передачи—миля стандартного кабеля (м. с. к.). Для перевода одних единиц в другие можно пользоваться следующей таблицей:

1 непер=8,7 децибеля (8,7 T.U.)=9,18 м. с. к.
1 децибель (1 T.U.)=0,115 непера=1,055 м. с. к.
1 м. с. к.=0,109 непера=0,95 децибеля (0,95 T.U.)

В СССР, Германии и Швеции пользуются единицей непер; в Англии и С. Ш. А.—децибель. Самое определение непера и беля показывает, что эти числа не имеют постоянного значения и зависят от З. передаваемого колебания. Выбор этих определений обусловлен удобством применения непера и беля для вычислений. **Н. Баев.**

ЗАТЫЛОЧНЫЙ СТАНОК, специальный токарный станок (см. *Токарные станки*), приспособленный, благодаря особой конструкции супорта, для спиральной заточки в радиальном, косом и осевом направлениях затылков фрезеров и других режущих инструментов с прямыми и спиральными канавками. Кроме прямого назначения, универсальные З. с. могут быть используемы в качестве точных токарных станков.

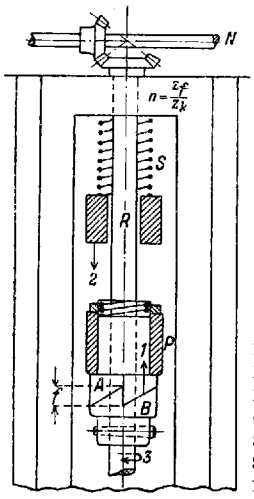
Для выполнения спиральной заточки затылков обтачиваемый фрезер, насаженный на оправку, медленно вращается в центрах станка, а резец, подведенный к вершине затылка зуба, сначала медленно подвигается по направлению к оси фрезера по линии AB (фиг. 1) на глубину задней заточки BC, а затем быстро отходит назад (BD). Резец должен производить за один оборот шпинделя столько подобных двойных ходов, сколько у фрезера зубьев. Движение резца к оси должно происходить по логарифмической спирали, т. к. в данном случае касательная к затылку зуба фрезера в любом пункте пересечения радиуса с затылком будет образовывать один и тот же угол α, вследствие чего при радиальной заточке режущей грани зуба как угол резания, так и форма его остаются неизменными.



Фиг. 1.

Необходимое переменно-возвратное поперечное движение сообщается резцу соответствующим кулачковым механизмом супорта, один из типов к-рого изображен на фиг. 2. Движение супорту сообщается зубчатой муфтой с косыми зубцами; одна половина ее B наглухо заклинена на поперечном ходовом валике супорта R, вторая же половина A муфты, представляющая пустотелую втулку, сидит неподвижно в гнезде поперечных салазок P и укреплена кольцевой гайкой. Когда ходовой вал для задней заточки N вращает поперечный валик по направлению стрелки *3*, то косые зубцы муфты B медленно смещают поперечные салазки по направлению стрелки *1*, для выполнения задней заточки. Как только косые зубцы обеих

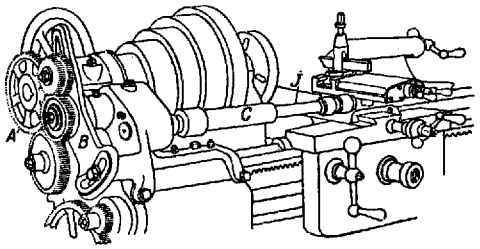
половинок муфты выйдут из взаимного зацепления, пружина S тотчас же оттягивает поперечные салазки обратно в исходное положение по направлению, указанному стрелкой 2, при чем резец выскакивает из промежутка между зубьями фрезера. После этого обе половинки муфты вновь сцепляются, и начинается обточка затылка следующего зуба. Число сцеплений муфты за один оборот шпинделя, зависящее от числа зубцов муфты и передачи поперечного ходового валика, должно равняться числу зубьев обрабатываемого фрезера. При количестве зубцов муфты, равном z_k, поперечный ходовой валик для обточки затылков фрезера с z_f зубьями должен сделать за один оборот шпинделя станка $n = \frac{z_f}{z_k}$ оборотов.



Фиг. 2.

Так как глубина задней заточки зависит от высоты зубцов муфты, то зубчатая муфта для выполнения задней заточки той или иной глубины д. б. легко заменяема.

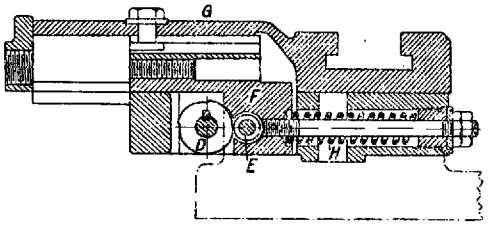
В американских З. с. часто применяется устройство, изображенное на фиг. 3 и 4.



Фиг. 3.

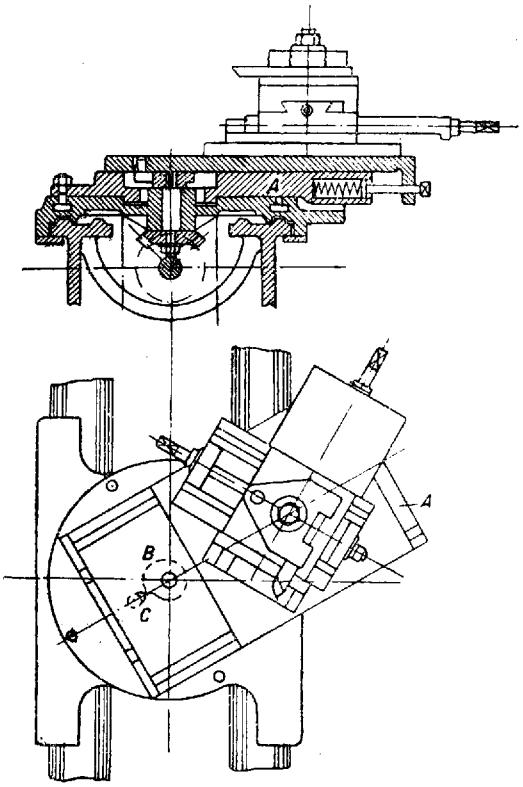
Эксцентрик D, приводящий в движение резцовую каретку G, получает вращение от шпинделя через сидящую на гитаре B зубчатую передачу A и раздвижной валик C. Эксцентрик D упирается в ролик E, закрепленный в неподвижной части супорта F, и, вращаясь, сообщает всей верхней части переменно-возвратное движение, обусловливающее спиральную заточку затылков зубьев фрезера. Для обратной откатки каретки G служит пружина H. Для заточки фрезеров со спиральными канавками раздвижной валик C снабжают винтовой канавкой, ход которой равняется ходу витка канавки фрезера. При продольном движении супорта подвижная часть валика J, вдвигаясь в гильзу C, получает дополнительное вращение, вызывающее требуемое опережение или запаздывание затылочного движения резца.

Описанное переменно-возвратное движение салазок супорта, без вращения самого супорта в горизонтальной плоскости, позволяет производить обработку фрезеров лишь с радиальн. заточкой затылков зубьев. Для обработки фрезеров с косой или боковой спиральной заточкой, а также со сложными профилями, необходимо иметь возможность устанавливать супорт под углом к оси



Фиг. 4.

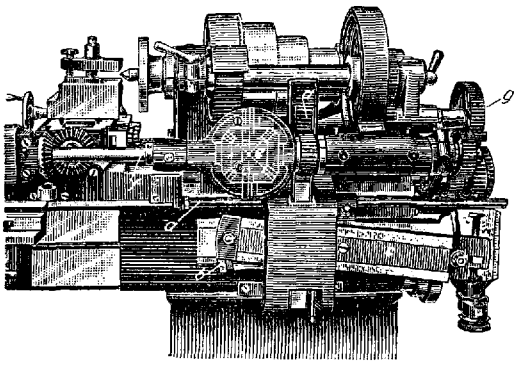
обрабатываемого предмета с сохранением его переменно-возвратного движения. Это достигается устройством между поперечными и продольными салазками супорта поворотного диска A (фиг. 5), вращающегося на оси,



Фиг. 5.

совпадающей с геометрич. осью вертикального вала кулачковой шайбы B. В данном случае продольный ходовой вал для задней заточки располагается внутри станины, а поперечное движение салазок супорта взад и вперед достигается вращением на вертикальном валу кулачковой шайбы B, отводящей при своем движении штифт C, который укреплен при помощи шпонки на поперечных салазках. Обратная оттяжка салазок супорта в начальное положение производится посредством спиральных пружин.

При задней заточке фрезеров со спиральными канавками приходится учитывать необходимость опереженія или отставания затылочного движения в зависимости от величины продольной подачи резца S и направления и шага H спирали канавки. При каждом обороте нарезаемого фрезера поперечные салазки супорта должны сделать не z_f двойных ходов, как при обточке фрезеров с прямыми канавками, а $z_f\left(1 \pm \frac{S}{H}\right)$; знак (+) или (—) зависит от направлений вращения и направлений витков спирали фрезера и ходового винта. В том случае, когда оба эти фактора у фрезера и ходового винта попарно одинаковы или оба одновременно различны, ставится знак (—), в противном случае (+). Замедление и ускорение достигается установкой на З. с. особого корректирующего приспособления (фиг. 6). Это приспособление приводится в действие от супорта, который в своем продольном движении захватывает штангой a салазки b. По поворотной



Фиг. 6.

линейке c, точно устанавливаемой на данный угол спирали фрезера, скользит ползун зубчатой рейки d, к-рая вследствие передвижения салазок b и линейки c совершает вертикальное движение и т. о. приводит через особую шестерню во вращение коробку дифференциальной передачи e. Передача от шпинделя к кулачку, сообщающему переменно-возвратное движение поперечным салазкам супорта, совершается посредством шестерен g, через дифференциал e и валик f. Вращением коробки дифференциала e валику f сообщается добавочное вращение, чем и достигается необходимое опережение или отставание затылочного движения.

З. с. делятся на простые и универсальные: первые не имеют продольного самохода и допускают лишь заточку затылков фигурных фрезеров с прямыми канавками; вторые же, снабженные ходовыми винтом и валом, приспособлены для задней заточки всевозможных фрезеров с прямыми и спиральными канавками, а также м. б. использованы в качестве точных токарно-винторезных станков. Простые З. с. изготовляются с высотой центров от 145 до 210 *мм* и допускают заточку фрезеров диам. от 70 до 275 *мм*; расстояние между центрами колеблется в пределах от 145 до 350 *мм*, потребная мощность 1÷12,5 HP. Универсальные З. с. имеют высоту центров 200÷325 *мм* и допускают обработку фрезеров диам. до 360 *мм*; расстояние между центрами колеблется от 500 до 1 000 *мм*, потребная мощность 1÷3,5 HP.

З. с. дают возможность быстро и с необходимой точностью производить спиральную заточку фрезеров. Т. к. при задней заточке фрезеров, особенно с большим числом зубьев, число ходов супорта взад и вперед за определенный промежуток времени весьма значительно, то двигающиеся массы заставляют станок испытывать резкие частые удары и тем самым могут производить дрожание станка, вредно отражающееся на качестве продукции. Поэтому З. с. строят весьма солидно, и заменять их обыкновенными токарными станками нецелесообразно как в отношении производительности станка и срока его службы, так и в отношении точности производимой работы.

Лит.: Гавриленко А. П., Механич. технология, ч. 4, вып. 1—3, М., 1925—26; Зайдель И., Токарное дело, М.—Л., 1926; Гюлле Ф. В., Станки, пер. с нем., т. 1, М., 1927; Hütte (производственный), вып. 3, М., 1926; «Новости станкостроения в Германии», М., 1927; Сборник «Новейшее машиностроение», вып. 1, Берлин, 1926; Hülle F. W., Die Werkzeugmaschinen, 4 Auflage, B., 1923; Machinery's Encyclopedia, v. 5, N. Y., 1925. **С. Ананьин.**

ЗАЩИТА МАТЕРИАЛОВ, см. *Коррозия.*

ЗАЩИТНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ (индивидуальные), предметы, которые надеваются рабочим для защиты от вреда или опасностей, связанных с производством. Сюда относятся: 1) специальная производственная одежда (спецодежда); 2) очки и другие приборы для защиты глаз; 3) респираторы для защиты органов дыхания; 4) приспособления для защиты органов слуха.

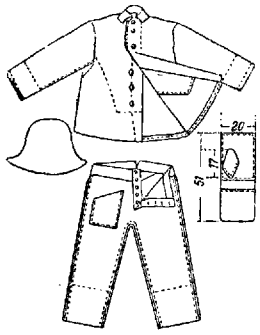
Спецодежда. Под этим названием понимаются предметы одеяния, защищающие тело и кожу рабочего, а также предохраняющие его от некоторых видов производственного травматизма. Спецодежда может или покрывать почти все тело (комбинации, костюмы, платья, халаты, плащи) или же служить лишь для местной защиты (фартуки, нарукавники, наколенники, обувь, рукавицы, головные уборы, гетры, щитки и т. п.). Ткань и покрой спецодежды должны отвечать ее основному назначению без ущерба для гигиеничности, удобства и прочности. Однако, сочетать все эти требования удается далеко не во всех случаях; чаще всего приходится поступаться теми свойствами, к-рые для данной работы имеют меньшее значение, или компенсировать недостатки тканей покроем спецодежды, режимом ее применения и т. под. В отношении тех предметов, которые предназначены для поверхностной (особенно местной) защиты (фартуки, нарукавники, гетры и т. п.), на первый план выступают защитные требования, хотя бы в ущерб гигиеническим; то же касается и одежды, употребляемой только на недолгие периоды работы. Различаются следующие типы спецодежды в зависимости от назначения.



Фиг. 2.

Фиг. 1.

1) Противопыльная одежда. Она должна не пропускать пыли, хорошо очищаться, сохранять свои гигиенич. и защитные свойства после стирки. В отношении ядовитой, едкой и инфицированной пыли эти требования д. б. соблюдаемы в самой высшей мере (кондиционная хл.-бум. ткань атласного переплетения, максимальной плотности и пыленепроницаемости). Из выделываемых в СССР тканей таким требованиям наиболее удовлетворяет «морведовский» (морское ведомство) кондицион. молескин. Покрой противопыльной одежды — комбинация по специально выработанному стандарту (фиг. 1), при чем голова, шея и плечи защищены шлемом особого покроя (фиг. 2); между краями одежды и краями обуви и рукавиц не д. б. щелей. При других видах пыли, в интересах удобства работы и лучшего самочувствия рабочего, можно применять и более свободные покрои (платья, халаты, косынки), при чем ткани м. б. и не строго кондиционными.



Фиг. 3.

2) Одежда для горячих цехов применяется при след. работах. а) Для работ при высокой температуре, но при отсутствии непосредственного соприкосновения с пламенем, искрами, брызгами расплавленных металлов или шлаков и с раскаленным металлом (сушильщики, прачки, рабочие на площадках металлургических и железоплавильных заводов и т. д.). Основные требования, предъявляемые в этих случаях к ткани одежды—легкость, гибкость и мягкость, не изменяющиеся после стирки, хорошая влагоемкость и влагоотдача, способность хорошо стираться. Таковы тонкие хл.-бум. ткани с возможно малым количеством аппрета. Основные принципы покроя—удобство движения и хорошая вентиляция. Детали—в зависимости от характера работ. б) Для работ при тех же условиях, с одновременным воздействием лучистой энергии в степени, могущей причинить ожоги на открытой или недостаточно защищенной коже (возчики горячих болванок, кантовщики и сварщики у печей и т. д.), необходима, кроме того, местная защита от излучения, достигаемая применением на костюме местных прокладок из рыхлой, пористой, неотделанной шерстяной ткани типа «кавказского сукна» (фиг. 3). Одежда д. б. из гладкой, плотной и прочной бумажной ткани (ворсистые и рыхлые ткани легко загораются), с минимальным количеством аппрета. Принципы покроя д. б. те же, что и в предыдущем случае и, кроме того, — отсутствие развевающихся частей. Поярковая шляпа с широкими полями служит для защиты от лучистой энергии; длинные рукавицы — брезентовые с суконным подладонником или асбестовые с кожаным подладонником — максимально защищают от жара. Обувь—валяная или кожаная, глухая спереди. в) Для работ, связанных с действием брызг расплавленных металлов и раскаленных твердых частиц (литейщики чугуна, литейщики и желобщики в мартеновских цехах, вальцовщики и крючники в прокатных цехах и т. д.). Основное требование: не вспыхивающая от упомянутых факторов ткань костюма (хл.-бум. ткани противопоказаны); рекомендуются плотные, мягкие и гибкие высокосортные льняные брезенты или шерстяное сукно; для фартуков—огнеупорнопропитанные грубые брезенты. Принципы покроя костюма те же, что и в предыдущих случаях; детали зависят от характера работы. То же касается обуви, головного убора и рукавиц. г) При особенно сильно выраженном действии вышеупомянутых факторов, а также при возможности соприкосновения с раскаленным металлом и пламенем, добавляется, в зависимости от характера работы, спецодежда из асбестовой ткани: для местной защиты—при постоянном ношении, а для общей—на короткие периоды работы. Для этой ткани и покроя одежды выработаны стандарты Институтом охраны труда. Асбестовая ткань изготовляется на заводе Красный треугольник в Ленинграде.

3) Одежда для защиты от химических вредностей. Здесь основное требование к тканям—стойкость против химич. реагентов и непроницаемость. Но т. к. эти ткани (резиновые, пропитанные резиной и т. п. веществами) непроницаемы и для воздуха, то для общей одежды они употребляются лишь в крайних случаях и временно. В частности такая одежда применяется: а) Для работ с кислотами и кислыми солями. Для защиты всего тела употребляют одежду из плотной шерстяной ткани, окрашенной из предосторожности в черный цвет: на такой ткани кислоты образуют яркие пятна, которые и служат для рабочего предупреждением, заставляя его тотчас нейтрализовать кислоту соответственными растворами, имеющимися всегда под рукою. Для защиты на участках наибольшего воздействия применяется местная спецодежда из резины или прорезиненной ткани. б) При работах с крепкими щелочами для защиты всего тела применяется одежда из плотной растительной (лучше—льняной) ткани с водоупорной пропиткой, оставляющей поры открытыми. Для местной защиты—резиновая или прорезиненная ткань. в) Для защиты от масел и жиров служит местная спецодежда из проолифленной (вулкалиновой) ткани. Эти ткани, выделываемые в СССР, нуждаются еще в дальнейшем усовершенствовании, т. к. в настоящее время они вполне пригодны лишь для животных и растительных масел, но недостаточно защищают от минеральных.

4) Одежда для защиты от воды. а) При работах, связанных с сыростью и обливанием водой, применяется общая или местная защита из непромокаемых, но все же пористых тканей. При сырости и холоде для общей защиты

наиболее пригодны пропитанные шерстяные сукна; при одной сырости—льняные пропитанные брезенты. Стирка и трение значительно понижают защитное свойство этих тканей вследствие нарушения механической связи между волокном и обволакивающими его минеральными солями. Отдельные части тела, подвергающиеся наибольшему действию воды, рекомендуется защищать одеждой (фартуки, нарукавники, щитки и пр.) из водонепроницаемой ткани с совершенно закрытыми порами (резина, резиновая и т. п. пропитка); эта ткань не так гигиенична, но надежнее. Обувью, в зависимости от характера действия воды, служат непромокаемые (кожаные, резиновые) сапоги или резиновые галоши. б) При работах, связанных с погружением в воду, пользуются специальной одеждой, из максимально непромокаемой ткани, по покрою не дающей возможности проникания воды; подошвы защищаются особыми кожаными «поршнями». Таковы, например, кожаные бахилы и полубахилы, употребляемые на рыбных промыслах, требующие, однако, многократной прожировки, очень тяжелые и стесняющие движение. Такие же бахилы из двух слоев высокосортного тифтика с резиновой пропиткой удобнее, легче, но менее прочны. При погружении в воду целиком применяют водолазные костюмы из той же ткани, с единственным отверстием у ворота (выделываются на з-де Красный треугольник в Ленинграде). При погружении в воду ног ниже колен надевают высокие «болотные» кожаные сапоги или резиновые сапоги (последние надеваются на шерстяные обмотки или чулки).

5) Одежда для электротехнических работ. Как общее правило, работа под током воспрещается. Спецодежду (перчатки и резиновые галоши) носят на случай нечаянного прикосновения к электронесущим частям установок. Перчатки делают из изолирующего материала (обычно резины), негигроскопичного, прочного на разрыв; обязательна подкладка из мягкого прочного негигроскопичного материала белого цвета (чтобы были заметны трещины). Все швы д. б. тщательно уплотнены. Длина перчаток д. б. не менее как до половины предплечья. Галоши д. б. стандартные, паспортизованные, диэлектрические; для работ в сырых помещениях или в мокрую погоду служат такие же боты с отворотами (фиг. 4). Как перчатки, так и галоши перед выдачей в пользование д. б. испытаны под высокими напряжениями, 5 000÷15 000 V, в зависимости от назначения, и в дальнейшем должны подвергаться контрольным испытаниям через промежутки в 2 — 6 мес.



Фиг. 4.

6) Одежда для работы у двигателей, трансмиссий и машин. Опасность захвата одежды движущимися частями машин и приводов устраняется применением одежды и головных уборов, у которых не имеется развевающихся и отстающих частей; покрой одежды—комбинация.

7) Одежда для работ, связанных с трением частей тела о жесткие поверхности. Защита соответствующих частей тела достигается применением прочных, мягких и достаточно толстых приспособлений (наспинники, наплечники, наколенники, щитки и т. п.).

Защитные приспособления для глаз (очки, щитки, сетки, шлемы). Требования, предъявляемые ко всем защитным очкам: для стекла—прочность, отсутствие пузырьков, волнистостей, царапин и т. п., параллельность поверхностей, одинаковый коэфф. преломления во всех участках стекла (для бесцветного стекла—световая прозрачность не менее 80%), толщина не менее 2 *мм*; для оправы — легкость, возможно меньшее сужение поля зрения (особенно внутрь, вниз и наружу), приспособленность к конфигурации орбиты и к переносице (плотное прилегание, отсутствие давления); материал оправы д. б. невоспламеняющимся, не портиться от производственных вредностей, хорошо очищаться; части, прилегающие к лицу, должны плохо проводить тепло, не раздражать кожу, хорошо очищаться; части, укрепляющие очки на голове, должны давать им устойчивое положение, не раздражать кожу и не давить на голову.

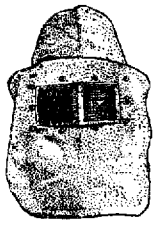
В зависимости от характера производства З. п. для глаз разделяются на след. группы.

1) Для защиты от отлетающих осколков и других твердых частиц, могущих ранить глаз. а) Приспособления из металлической сетки (очки, щитки, маски). Преимущества их—легкость, прочность, свободн. обмен воздуха, незапотевание; недостатки—отсутствие защиты против мелких частиц, неприятное ощущение сетки перед глазами, быстрое нагревание в горячих цехах. Кондиции: сетка не должна давать отблеска, диаметр ячеек—не свыше 1 *мм*. б) Очки со стеклами и стенками между стеклом и орбитой—для защиты от боковых осколков. Специальные кондиции для стекла: стекло не должно давать смещающихся осколков от удара твердых частиц (таково стекло «триплекс» с пластинкой целлюлоида, фиксированной между двумя стеклами при помощи сгущенного прозрачного вещества — канадского бальзама, касторового масла и т. п.; общий недостаток триплексов—потеря прозрачности от действия высоких $t°$, почему они для соответствующих работ не годятся). Специальные условия для оправы: открывающаяся (путем ввинчивания или откидывания) обойма для стекла, дающая возможность помещать впереди триплекса, для его защиты от исцарапывания, тонкое прозрачное дешевое стекло, легко сменяемое по мере его порчи. Если стенки оправы сделаны из металлической сетки, последняя не должна давать отблеска и должна состоять из двух слоев: внутреннего — с ячейками не свыше $^1/_2$ *мм*, и наружного—из очень мелкого сорта (№ 200, модификация долгановских очков). Если стенки оправы состоят из



Фиг. 5.

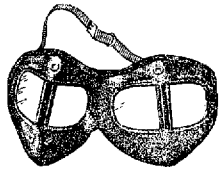
металлической пластинки, они должны удовлетворять следующим специальным кондициям: иметь вентилирующие отверстия, расположенные и прикрытые щитками т. о., чтобы препятствовать залетанию осколков; не иметь щели между стеклом и оправой; состоять из материала легкого и гибкого (приспособляемость к конфигурации орбиты); не давать изнутри отблеска (зачернение). Таковы выпускаемые в СССР типы очков—чешуйчатые (фиг. 5) и жулебинские.



Фиг. 6.

2) Для защиты от брызг расплавленных металлов и шлаков пригодны рассмотренные выше (1, б) очки, но со стенками не из сетки, а из пластинки. В случаях сильного излучения вместо триплексов применимы толстые (не менее 4 *мм*) стекла, к-рые проверены специальным испытанием. В случаях, требующих защиты и глаз и лица, очки заменяются стеклянными пластинками, вставляемыми в щиты или шлемы из несгораемого материала (фиг. 6).

3) Для защиты от пыли не ядовитой и не едкой служат очки со стенками из двойной мелкой металлич. сетки (№ 200) или из трикотажа; такие очки удобны, но



Фиг. 7.



Фиг. 8.

дают недостаточную защиту. Надежнее очки в оправе из пыленепроницаемого материала (металла), вставленные в кожаную полумаску. Вентиляционные отверстия, очень мелкие, делаются сбоку, в самой оправе. Из типов выделываемых в СССР очков пригодны «шоферские» (фиг. 7) и особенно 1396½ (по кат. Витебской ф-ки очков, фиг. 8). Последние допустимы и для защиты от едкой и ядовитой пыли и от таких же брызг. В случае необходимости абсолютной непроницаемости, а также для защиты от едких производственных газов применимы очки «аварийного» типа, в резиновой оправе-полумаске (в СССР выделываются Резинотрестом). Т. к. смазка против запотевания таких очков действует лишь в течение очень короткого времени, то они д. б. снабжаемы запасом целлюлоидных или стеклянных прозрачных пластинок (Klarscheibchen), покрытых слоем желатины на обращенной к глазу поверхности; такая пластинка помещается за постоянным стеклом и сменяется по мере порчи.

4) Для защиты от лучистой энергии служат очки со стеклами, не пропускающими вредных лучей. Это обусловливается как химич. составом стекла, так и его цветом; то и другое д. б. различно, в зависимости от характера лучей, подлежащих задерживанию. Кондиции, предъявляемые к поглотительной способности стекла, зависят и от интенсивности излучения. Эти кондиции предусмотрены (хотя в очень общих чертах) законодательством некоторых западных государств; так, по французским требованиям, при плавке и литье стали, ацетиленовой сварке и т. п., стекла не должны пропускать свыше 1% ультрафиолетовых лучей и свыше 30% всей лучистой энергии; при электросварке—не должны пропускать свыше 1% ультрафиолетовых лучей, свыше 0,2% волн длиной 365—313 *mμ* и свыше 10% всей лучистой энергии. Заграничные фирмы выпускают стандартные цветные защитные стекла с гораздо более жесткими нормами и гораздо детальнее классифицируют профессии. При выборе из нескольких стекол с одинаковой способностью поглощения, но разных по цвету, следует ориентироваться на контрастность видения, наиболее благоприятную при данной работе: напр. у плавильных печей нужен цвет стекла, дающий возможность всего лучше отличить оттенки шлака от оттенков расплавленного металла. Вопрос о наиболее рациональных цветах для большинства источников излучения еще подлежит научной проверке. При выборе густоты оттенка должна приниматься во внимание острота зрения рабочего. Способ укрепления оправы для стекол зависит от условий работы. При сильном тепловом излучении во избежание обжигания кожи нагретым металлом, очки укрепляют на полях шляпы так, чтобы по миновании надобности их можно было откидывать наверх, или стекла вделывают в тулью поярковой шляпы, верх к-рой обшит асбестом: подходя к открытой печи, рабочий сдвигает шляпу на лицо, превращая ее т. о. в защитную маску с очками. Применяются и маски со вставленным в рамке стеклом из несгораемого и нетеплопроводного материала, откидывающиеся назад при ненадобности. При действии ультрафиолетовых лучей (сварка вольтовой дугой) необходима защита и от отраженных лучей, почему применимы щиты и шлемы со вставленным в рамку (размерами не менее 110×60 *мм*) набором стекол—красных и зеленых или нескольких зеленых (фиг. 9).

Респираторы. Респираторы разделяются на пылевые респираторы и противогазы.

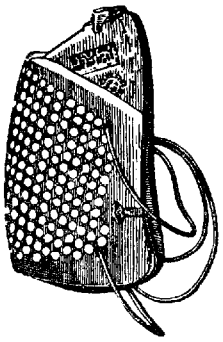


Фиг. 9.

Пылевые респираторы могут быть следующие: 1) фильтрующие и 2) шланговые.

1) Фильтрующие респираторы должны давать возможно меньшее проникание вредного вещества и возможно меньшее сопротивление при дыхании (по германским нормам—не свыше 6 *мм* вод. ст.). Сопротивление возрастает с увеличением толщины фильтра и уменьшается с увеличением его площади. Укрепление на лице производится или посредством загубников, при зажатии носа специальным зажимом (недостатком является

возможность раздражения десен трением загубника), или же посредством полумасок (защита рта и носа) и масок (защита всего лица и глаз). Маски и полумаски должны плотно прилегать, не давить на кожу, не раздражать ее, иметь возможно меньшее «вредное пространство» (накопление выдыхаемой углекислоты), быть из легкого, несгораемого и не портящегося от производственных вредностей материала; фильтры должны легко сменяться и очищаться. Существуют следующие типы пылевых респираторов. а) Респираторы без клапанов. Сплошная фильтрующая поверхность имеет вид повязки, которая закрывает рот и нос, или натянута на каркасную полумаску, или же укрепляется между двумя ажурными слоями металлической полумаски (фиг. 10).



Фиг. 10.

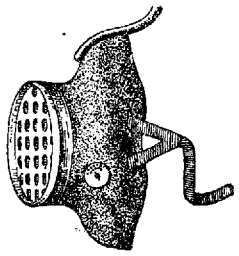
Такие респираторы дают относительно небольшое сопротивление, но имеют тот недостаток, что часть испорченного выдыхаемого воздуха задерживается между маской и лицом. Если фильтр занимает только часть поверхности респиратора, то недостаток этот усиливается и сопротивление больше. б) Респираторы с металлическ. разборным фильтром (в СССР—типа, предложенного доктором Маршак, Институт охраны труда). Пыль проходит извилисто через ряд пластинок, снабженных различно расположенными отверстиями. Эти респираторы обладают небольшим сопротивлением ($2^1/_2$ *мм*), но пропускают довольно много пыли (до 15 %), почему они и рекомендуются лишь для неядовитых и нередких видов тяжелой пыли (фиг. 11).



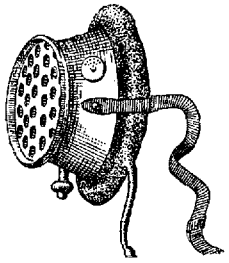
Фиг. 11.

в) Респираторы с вдыхательным и выдыхательным клапанами и фильтром в маске. К наиболее удовлетворительным можно отнести немецкие респираторы «Degea» как с мягкой, так и с твердой маской (фиг. 12 и 13). г) Респираторы с фильтром большого размера, укрепляемым на туловище и соединенным с маской посредством гофрированной резиновой трубки; такие респираторы дают возможность соединить максимальную мощность фильтра с минимальным сопротивлением и применяются против особенно ядовитых видов пыли.

2) Ш л а н г о в ы е респираторы целесообразны при очень больших количествах пыли, быстро забивающих фильтр, и состоят из шлема, очков и шланга. Чистый воздух поступает через шланг или путем нагнетания (мехи, компрессор) или же засасывания силой легких; преимущество шланга—абсолютная чистота вдыхаемого воздуха, при чем при нагнетании отсутствует совершенно сопротивление дыханию. Недостаток—ограничение поля движения работника, почему



Фиг. 12.



Фиг. 13.

шланговые респираторы показаны лишь для определенных работ (работа у пескоструйного аппарата, очистка красочных барабанов и камер и т. п.).

П р о т и в о г а з ы. Основные группы: а) Ф и л ь т р у ю щ и е, в к-рых рабочий вдыхает атмосферный воздух, прошедший через поглотитель с реактивом. Длительность защиты зависит от концентрации ядовитого газа. Допустимы только при достаточном количестве кислорода в окружающем воздухе. б) И з о л и р у ю щ и е противогазы применяются при недостатке кислорода в атмосферном воздухе, а также при высоких концентрациях вредного газа; для дыхания служит кислород, подаваемый из специальных приспособлений. в) С м е ш а н н ы е противогазы (фильтро-изолирующие)—сочетающие свойства предыдущих (см. *Противогазы*).

Приспособления для защиты слуха очень немногочисленны. Затыкание ушей ватой, парафиновыми и гуттаперчевыми пробками дает очень сомнительные результаты. Хорошо защищают от громких звуков (напр. пушечных выстрелов) т. н. а н т и ф о н ы Эйзеля, представляющие собою полый эбонитовый вкладыш для уха; находящийся в антифоне клапан довольно хорошо пропускает обычные звуковые волны, при громком же звуке плотно закупоривает слуховой проход. Но у нек-рых лиц при применении этого прибора возникают неприятные рефлекторные явления, например тошнота. Для защиты органов слуха от сотрясения служат также толстые войлочные стельки, которые вкладываются в обувь.

Лит.: I. О защите глаз.—Б е л ь с к и й А., О травматизме глаз в металлообрабат. промышленности, «Профилактич. медицина», Харьков, 1926, *6*; Г л е з е р о в С. Я., Заболевания глаз у рабочих электрич. сталелитейной дуговой печи, «ГТ», 1927, *10*; е г о ж е, Травматизм глаз наждаком, «Гигиена, безопасность и патология труда», М., 1929, *1*; Ж у л е б и н Ф. П., О рационализации предохр. очков для рабочих, «ГТ», 1927, *4*; Л о н д о н Н. И. и Р е м и з о в Н. А., Цветные стекла очков, применяемых в производстве как светофильтры, там же, 1928, *12*; Р а б и н о в и ч М. Г., Проф. заболевания глаз у киноработников (фотофтальмия), там же, 1927, *8*; П о с п е л о в М. П., Предохр. очки Витебской ф-ки, там же, *4*; Ф е й н б е р г Л. Е., Методика измерения ультрафиолетовой радиации на производстве, там же, *7*; О с т р о у м о в В. М., К вопросу о предупреждении тяжелых повреждений глаза у рабочих-металлистов, «Ленингр. мед. журнал», Л., 1926, *6*; Г и р ш Л., Проф. болезни глаз, пер. с нем., СПБ, 1912; B e h r C., Beitrag zu d. Frage über d. Veränderungen und Schädigungen d. Auges durch Licht, «Gräfe's Archiv f. Ophtalmologie»,

B., 1912, B. 82, p. 509; Vogt A., Experim. Untersuchungen über d. Durchlässigkeit d. durchsichtigen Medien d. Auges f. d. Ultrarot künstlicher Lichtquellen, ibid., 1912, B. 81, p. 155; Roggenbau Chr. u. Weltbauer A., Über d. Durchlässigkeit d. brechenden Augenmedien f. langwelliges Licht nach Untersuchungen an Rindsaugen, «Klin. Monatsblätter f. Augenheilkunde», Stg., 1927, B. 79, p. 456; Rhyddercch A., Protection of the Eyes in the Iron a. Steel a. Foundry Industries, «Trade's Review», L., 1923; Thies O., Über Augenschädigungen in d. chemischen Industrie, «Ztrbl. f. Gewerbehygiene u. Unfallverhütung», B., 1928, *10*; Goggles, «Safe Practices Pamphlets», Chicago, *14*; Lunettes de travail, «Hygiène du travail», Genève, 1927, *90*; Resnick L. a. Carris L. H., Eye Hazards in Industrial Occupations. A. Handbook, N. Y., 1924; «Journal of the American Welding Soc.», N. Y., 1924, July; National Safety Code for the Protection of the Heads a. Eyes of Industrial Workers, Handbook, scr. 2, U. S. Bureau of Standards, Wsh., 1921; «National Safety News», Chicago, 1924, *5*, *7*; «Safety Engineering», N. Y., 1924, *6*.

II. О спецодежде.—Хлопин Г. В., Основы гигиены, т. 2, М.—П., 1923; Бобров Ф. Ф., Теория и практика испытания тканей и других волокнистых веществ, Киев, 1916; Костямин Н. Н., Способы исследования тканей одежды с точки зрения гигиены, СПБ, 1909; Монахов А. Д., Общий курс технологии волокнистых веществ, 2 изд., М.—Л., 1926; Шафранова А. С., К вопросу о рационализации спецодежды, «ГТ», 1926, *5—6*; ее же, Об асбестовой спецодежде, там же, 1927, *12* (им. лит.); ее же, Первые итоги научно-исследоват. работы и практич. предложения по рационализации спецодежды, там же, 1928, *4*; ее же, К вопросу о рационализации спецодежды, «Охрана труда», М., 1927, *9*; ее же, Спецодежда в горячих цехах, там же, *10*; ее же, Работы в области рационализации спецодежды, «Предприятие», Москва, 1929, *2*; Рубнер М., Учебник гигиены, пер. с нем., СПБ, 1897; Rubner M., Die Kleidung, Handbuch d. Hygiene, B. 1, Lpz., 1911; Protective Clothing for Woman a. Girl Workers, L., 1917; Safe Clothing for Men a. Women in Industry, «Safe Practices Pamphlets», Chicago, *16*.

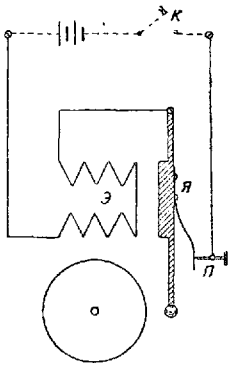
III. О респираторах.—Маршак М. Е., К вопросу о рациональном респираторе, «ГТ», 1924, *11*; его же, Пылевые респираторы, там же, 1926, *2*; Ласточкин П. Н., *О принципах построения* противопыльных рабочих респираторов, «Гигиена и эпидемиология», М., 1927, *1*, *2*; Brawn Consider, The Respirators, «National Safety News», Chicago, 1924, *10*; Dunlop L. G., A New Type of Hose Mask for Protection against Metallurgic Dusts and Fumes, «Journal of Industrial Hygiene», Boston, 1926, v. 8, *12*, p. 513; Engelhard H., Atemschutzgeräte, «Ztrbl. f. Gewerbehygiene u. Unfallverhütung», B., 1925, p. 225—231; Kerber R., Über Atemschutzvorrichtungen im Gewerbe, Leipzig, 1920; Respirators, Gas Masks, Hose Masks, a. Breathing Apparatuses, «Safe Practices Pamphlets», Chicago, *64*; Michaelis H., Prüfung d. Wirksamkeit v. Staubrespiratoren, «Ztschr. f. Hygiene», Lpz., 1890, B. 9, p. 389; Schablowsky, Respiratoren bei gewerblichen Staubarbeiten, ibid., 1911, B. 68, p. 169—192; Kobrak E., Respiratoren zum Schutz gegen Einatmung infektiöser Tröpfchen u. Stäubchen, ibid., p. 157—168; Esmarch E., Über Schutzvorrichtungen gegen Einatmen von Krankheitserregern, «Hygienische Rundschau», B., 1905, B. 15, p. 1129; Brezina E., Über d. Wirkung d. gebräuchlichen Respiratoren, «Archiv f. Hygiene», Mch.—B., 1911, B. 74, p. 143.

IV. О защите органов слуха.—Захер А. В., Глухота котельщиков, «Труды Ленингр. ин-та по изучению профессиональных заболеваний», Л., 1926, т. 1 (лит.).

А. Шафранова.

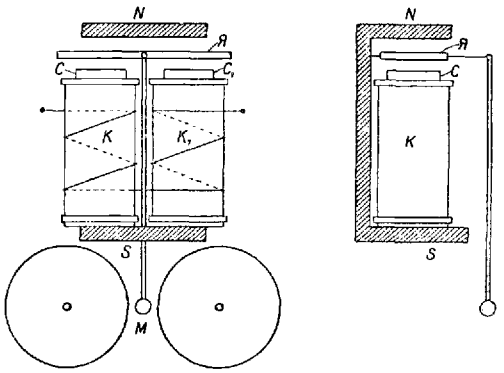
ЗВОНОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ, прибор для дачи звонковых сигналов при помощи электрич. тока. З. э. разделяются на два класса: звонки постоянного тока (гальванические) и звонки переменного тока (поляризованные).

Звонки постоянного тока применяются для целей сигнализации при коротких расстояниях и в домашних телефонных аппаратах с батарейным вызовом. Основная, наиболее распространенная схема звонка (фиг. 1) действует след. образом. При нажатии кнопки K, ток от батареи проходит через обмотку электромагнита $Э$ и контакт прерывателя $П$. Якорь $Я$ притягивается и обрывает контакт, вследствие чего намагничивание прекращается, и якорь возвращается в исходное положение, замыкая контакт, электромагнит $Э$ опять возбуждается, и процесс повторяется, пока не прекратится нажатие кнопки K. Для более надежной работы контакты делают серебряные или платиновые. Конструктивное выполнение З. э. весьма различно, в зависимости от желаемой силы звука и места установки. Наиболее распространенным является З. э. с чашкой $d = 70$ мм, $R = 20\ \Omega$ и $I = 100$ mA. В качестве источника тока применяются два элемента типа Лекланше, или сухих. В связи с распространением для освещения переменного тока (50 периодов) все больше входит в употребление питание гальванических звонков от осветительной сети через понижающие трансформаторы (120×4 V).



Фиг. 1.

Поляризованные З. э. переменного тока (15—50 пер.) употребляются для сигнализации на далекие расстояния и во всех телефонных аппаратах местной батареи (МБ), центральной батареи (ЦБ) и автоматическ. телеф. станции (АТС). Принцип устройства их следующий (фиг. 2). C и C_1—сердечники



Фиг. 2.

из мягкого железа, K и K_1—катушки, витки которых направлены противоположно; $Я$—якорь из мягкого железа, вращающийся на центрах и имеющий молоточек M; N и S—концы постоянного магнита. При пропускании по обмоткам переменного тока полярность C и C_1, вызванная постоянным магнитом, будет изменяться, ослабевая у одного полюса и усиливаясь у другого. Т. о., якорь будет перетягиваться от одного полюса к другому, попеременно ударяя по чашкам. Чашки делают различной толщины, настраивая их в терцию, а отверстия для крепления делают эксцентрично для облегчения регулировки. Поляризованные З. э. весьма чувствительны, дают громкий, отчетливый сигнал и устойчивы в работе, благодаря отсутствию прерывателя. Размеры

Данные, относящиеся к поляризованным электрическим зоонкам.

Сопротив. постоян. току, Ω	Число витков	Диам. проволоки, мм	Самоинд. при $n=700$, H	Кажущ. сопрот. при $n=700$, Ω	Чувствительность mA
2×150	2×4 880	0,18	1	4 900	2,5
2×300	2×6 000	0,12	2	12 000	4
2×500	2×9 500	0,15	3	19 200	5

их бывают различны, как и конструктивное выполнение. В табл. приведены некоторые данные поляризованных З. э. **М. Касимов.**

ЗВУК в технике, изучение условий распространения звуковых волн в различных средах, изучение и создание излучателей и приемников З. Всякий излучатель и всякий приемник представляют собою некоторую колебательную систему; поэтому в основе технич. акустики, как и *акустики* (см.) вообще, лежит учение о колебаниях, наиболее простым случаем к-рых являются колебания материальной точки.

I. Общая часть. 1) Звуковые колебания. Материальная точка с массой m, удаленная на расстояние x от своего положения равновесия и находящаяся под действием возвращающей ее упругой силы $f=-kx$, совершает прямолинейные гармонические колебания, определяемые ур-ием

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+kx=0\,,$$

где k—множитель, характеризующий упругую силу. Общий интеграл ур-ия, при соответственном подборе начальных условий:

$$x=A\sin\frac{2\pi t}{T}\,,$$

где $A=v\sqrt{\frac{m}{k}}$—амплитуда, $v=A\omega$—максимальная скорость точки, T—период, $\frac{2\pi t}{T}=\omega t$—фаза колебания, $\omega=\frac{2\pi}{T}=\sqrt{\frac{k}{m}}$. Если колеблющаяся точка встречает сопротивление (трение), которое может быть представлено как некоторая сила, пропорциональная скорости точки $r\frac{dx}{dt}$, то ур-ие колебания имеет вид:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+r\frac{dx}{dt}+kx=0\,.$$

Общий интеграл этого уравнения:

$$x=e^{-\delta t}A'\sin\omega_0 t;$$

здесь

$$\omega_0=\frac{2\pi}{T_0}=\sqrt{\frac{k}{m}-\frac{r^2}{4m^2}}\,.$$

Отсюда видно, что

$$T_0=\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}-\frac{r^2}{4m^2}}}$$

больше, чем период колебаний, не встречающих сопротивления (хотя в акустич. колебаниях это изменение периода незначительно). Наличие множителя $e^{-\delta t}$ показывает, что амплитуды A' уменьшаются с течением времени по экспоненциальному закону. Такие колебания называются затухающими. Быстрота убывания амплитуд характеризуется логарифмическ. декрементом затухания $\Delta=\delta T$, при чем показатель затухания $\delta=\frac{r}{2m}$ обусловливается величиной трения и массой колеблющейся частицы. Т. о., собственная частота системы $f=\frac{1}{T}$ зависит от ее массы и упругости. Если же на систему или, в простейшем случае, на материальную точку действует некоторая внешняя периодич. сила с периодом T' (как это имеет место, напр., в случае приемника звука), то ур-ие колебаний принимает вид

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+r\frac{dx}{dt}+kx=B\sin pt\,,$$

где B—амплитуда, $p=\frac{2\pi}{T'}$—угловая частота внешней силы. Общее решение этого ур-ия:

$$x=e^{-\delta t}A'\sin(\omega t-\varphi)+\frac{B}{\sqrt{r^2p^2+(k-mp^2)^2}}\sin(pt-\varphi)\,,$$

что указывает на наличие двух колебаний: собственного—с периодом

$$T_0=2\pi:\sqrt{\frac{k}{m}-\frac{r^2}{4m^2}}\cong 2\pi:\sqrt{\frac{k}{m}}$$

и вынужденного—с периодом внешней силы. При сближении этих периодов знаменатель второго члена увеличивается, и при равенстве их $\left(p=\sqrt{\frac{k}{m}}\right)$ имеем случай резонанса, когда амплитуда вынужденного колебания становится наибольшей и равной $\frac{B}{r}\sqrt{\frac{m}{k}}$. Острота резонанса обусловливается затуханием, уменьшаясь с его возрастанием. Если на частицу одновременно действуют несколько внешних периодич. сил, то ее движение делается сложным, и ее отклонение от места покоя в каждый момент времени определяется как сумма отклонений, создаваемых каждой силой в отдельности. Наиболее важным в акустике случаем такого сложения гармонических колебаний является тот, когда периоды внешних сил одинаковы (интерференция колебаний); в результате создается гармонич. колебание того же периода. В частности, при равенстве амплитуд и фаз двух колебаний возникает колебание с удвоенной амплитудой, при противоположных фазах — колебания взаимно уничтожаются. В результате сложения двух колебаний с периодами, близкими друг к другу, возникают периодич. ослабления и усиления звука (биения). При равенстве амплитуд слагаемых колебаний с частотами f и f' мгновенное отклонение точки

$$x=2a\cos\left(2\pi\frac{f-f'}{2}t\right)\sin\left(2\pi\frac{f+f'}{2}t\right)\,,$$

откуда видно, что число биений (т. е. обращений амплитуды в 0) за 1 ск. равно разности чисел колебаний. По наличию биений можно установить малые разницы в числах колебаний двух тонов; биения даже совсем слабых или добавочных тонов, входящих в состав сложного звука, легко улавливаются ухом и позволяют выделить из общего З. тот или другой маскируемый более громкими З. слабый тон. При одновременном звучании двух сильных тонов разных частот f_1 и f_2 возникают еще добавоч-

ные комбинационные (разностные и суммовые) тоны с числами колебаний, к-рые можно выразить как $pf_1 \pm qf_2$, где p и q—целые числа. Как показал Гельмгольц, эти добавочные колебания создаются в том случае, когда колебательная система, принимающая З., обладает свойством асимметрии и ур-ие колебаний имеет еще член, пропорциональный квадрату отклонения:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + kx + k_1x^2 = 0;$$

последний из членов ур-ия всегда положителен, второй—при разных значениях x то положителен, то отрицателен. Несимметричное строение уха служит причиной субъективных комбинационных тонов; существование объективных комбинационных тонов доказывается усилением их резонаторами; из них наиболее сильными бывают тоны нижайших порядков. При интенсивных колебаниях, когда сопротивление можно считать пропорциональным квадрату скорости, ур-ие колебаний под действием двух внешних сил имеет вид:

$$a\frac{d^2x}{dt^2} + bx + c\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = A\sin\omega_1 t + B\sin\omega_2 t.$$

Этим Шефер объясняет возникновение комбинационных тонов от симметрично колеблющейся мембраны. Возникновение комбинационных тонов играет важную роль в передаче и воспроизведении З.

2) Распространение З. Колебательное движение, возникшее в упругой среде, передается через эту среду в виде волн. Уравнение волнового процесса

$$\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} = c^2\frac{\partial^2\xi}{\partial x^2}$$

дает связь между какой-либо из периодически изменяющихся величин (смещение точки, ее скорость, давление, потенциал скоростей) и расстоянием от источника колебаний x. Множитель c представляет скорость распространения волн. Общее решение ур-ия

$$\xi = f_1(x - ct) + f_2(x + ct),$$

где f_1 и f_2—произвольные функции, заключает в себе две волны, распространяющиеся в противоположных направлениях. Если источник создает простые гармонич. колебания с периодом T, то мгновенное смещение при распространении только в одном направлении (плоская волна)

$$\xi = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right),$$

где $\lambda = cT = \frac{c}{f}$ —длина волны. В зависимости от характера колебаний частиц различаются волны продольные, поперечные и крутильные. Скорость распространения звуковых волн является функцией отношения упругости среды к ее плотности. Для различных типов воли эта ф-ия имеет несколько отличный вид. Так, в твердых телах скорость продольных волн

$$c = \frac{E}{\varrho}\cdot\frac{1-\mu}{(1+\mu)\sqrt{1-2\mu}},$$

где E—модуль Юнга первого рода, ϱ—плотность, μ—коэфф-т Пуассона; для продольных колебаний

$$c = \frac{E}{\varrho}\cdot\frac{1}{2\sqrt{1+\mu}},$$

а для крутильных колебаний $c = \sqrt{\frac{F}{\varrho}}$, где F—модуль Юнга второго рода. В жидкостях и газах возможны лишь продольные волны, когда каждый элемент объема подвергается периодич. адиабатным сжатиям и разрежениям, или, что то же самое, периодическим изменениям плотности и давления. Скорость звуковых волн в газах выражается ф-лой Лапласа: $c = \sqrt{\gamma\cdot\frac{p}{\varrho}}$, где p—упругость газа, ϱ—плотность, $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$. В жидкостях величина γ м. б. принята равной 1, так что для них $c = \frac{1}{\sqrt{\beta\varrho}}$ (β—сжимаемость). Наиболее точные измерения скорости З. в воздухе при 0° (Г. В. Пирс, 1925 г.) дали $c_0 = 331{,}69 \pm 0{,}06$ *м/сек*. Т. к. изменение давления влечет за собой изменение плотности, то само по себе изменение давления газа на скорость З. в нем не влияет. Однако, при высоких давлениях, когда становятся заметными отступления от закона Бойля-Мариотта, скорость З. зависит от давления. Так, Witkowski (1899 г.) для воздуха нашел при 0° и давлениях 1, 30 и 100 *atm* скорость З. равной 331,8; 332,1; 355 *м/сек*. Наоборот, изменения плотности газа на скорость З. оказывают влияние. Поэтому на скорость З. в воздухе заметнее всего влияют изменения $t°$, учитываемые ф-лой $c_t = c_0\sqrt{\frac{T}{273}}$. Влажность влияет на c постольку, поскольку она изменяет $\frac{c_p}{c_v}$. Скорость звука очень больших интенсивностей (взрывы) значительно больше указанной величины. Приводим данные скорости З. в различных средах (в *м/сек*):

Скорость З. в газах

Аргон	308
Хлор	206
Гелий	971
Светильный газ (+3,6°)	453
Кислород	315,5
Водород	1 261

Скорость З. в жидкостях

Этил. спирт, 95%-ный (12°)	1 241
Бензин (17°)	1 166
Керосин (7.2°)	1 395
Вода дестил. (13°)	1 441

Скорость З. в твердых телах

Свинец	1 320
Железо	5 000
Медь	3 900
Цинк	3 690
Дерево (разн. сорта)	3 360—5 300
Стекло	5 950
Пробка	430—530
Воск	880

В зависимости от характера системы, создающей колебания (колебания плоскости, цилиндра, шара), в упругой среде могут возникнуть плоские, цилиндрич., шаровые волны или же их более сложные комбинации. Скорость их не зависит от формы волнового фронта. Звуковой процесс в какой-либо среде вполне определен, когда для каждого момента времени известна одна из следующих величин: смещение колеблющейся частицы среды, скорость частицы или избыточное давление в среде. Если изобразить процесс в виде диаграммы, отложив по абсциссам время, по ординатам—одну из

этих величин, то получится звуковая кривая, которая м. б. представлена в виде ряда Фурье, содержащего члены, соответствующие основному тону звука и его гармоникам, от числа и интенсивности которых зависит тембр З.:

$$\xi(t) = \xi_0 + \sum_1^n \xi_n \sin(n\omega t + \varphi_n).$$

Сила З. есть то количество энергии, к-рое проходит через единицу поверхности в 1 ск., или, что то же самое, количество энергии, заключенной в цилиндре с основанием в 1 $см^2$ и образующей, равной скорости З. Если смещение точки $x = A \sin \omega t$, то амплитуда скорости частицы $v = \omega A$ и амплитуда давления $P = \varrho c \omega A$. Для плоской волны сила звука

$$J = \frac{\varrho c v^2}{2} = \frac{\varrho c}{2} \cdot \omega^2 A^2 = \frac{P^2}{2\varrho c} = \frac{Pv}{2}.$$

(Для шаровой волны это выражение лишь приближенное, применимое на расстоянии $r \gg \frac{\lambda}{2\pi}$ от источника.) Между амплитудой избыточного давления и амплитудой скорости частицы существует прямая зависимость $P = wv$, аналогичная закону Ома, почему w называется акустическим сопротивлением среды; $w = c\varrho$. Произведение акустич. сопротивления на угловую частоту: $H = w\omega$ называют а к у с т и ч е с к о й ж е с т к о с т ь ю среды: $H = c\varrho\omega = \frac{P}{A}$. Эта величина характеризует среду в том отношении, что она показывает, как велика д. б. в этой среде амплитуда давления, чтобы создалась определенная амплитуда смещения. По мере удаления от источника сила З. в сферич. волнах убывает по закону $J = \frac{J_0}{r^2}$ (если пренебречь потерями на трение и теплопроводность среды), в цилиндрических — по закону $J = \frac{J_0}{r}$ и в плоских остается неизменной. В действительности ослабление З. благодаря превращению акустич. энергии в другие виды (абсорбция З. средою) происходит быстрее, и в эти выражения д. б. введен множитель e^{-mz}, где, по Кирхгофу,

$$m = \frac{\omega^2}{2c^3}\left(\frac{4}{3}\nu + \frac{\gamma - 1}{\gamma}\nu'\right);$$

здесь ν — коэфф. трения, ν' — коэфф. теплопроводности. Для воды $m = \frac{8\pi^2 f^2 \eta}{3\varrho c^3}$, где η — коэфф. внутреннего трения. Вычисленные значения m таковы:

В воздухе . . . . . $m = 1{,}16 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda^{-2} = 1{,}1 \cdot 10^{-13} \cdot f^2$
В воде . . . . . $m = 2{,}63 \cdot 10^{-9} \cdot \lambda^{-2} = 1{,}35 \cdot 10^{-16} \cdot f^2$

Отсюда видно, что более короткие волны поглощаются на более близких расстояниях, в силу чего, например, воздушная звуковая сигнализация на дальние расстояния предпочтительна низкими тонами; в то же время поглощение З. в воде гораздо меньше, чем в воздухе, что делает подводную звуковую сигнализацию более выгодной, чем воздушную. В воздухе волны частотою в 1 500 000 колеб/ск. были еще наблюдаемы, но при частоте в 3 000 000 колеб/ск. звуковые волны в воздухе вследствие их поглощения существовать не могут.

Явления в шаровых волнах более сложны, чем в плоских. В шаровой волне на близких расстояниях от источника существует сдвиг фазы между давлением и скоростью частицы, при чем скорость отстает от давления тем больше, чем больше длина волны, но сдвиг фазы уменьшается с расстоянием. Т. о., случай распространения шаровой волны аналогичен прохождению однофазного тока через контур с сопротивлением и самоиндукцией. Считая P аналогичным амплитуде напряжения, а v — амплитуде тока, найдем, что сила звука J, аналогичная мощности тока, выразится не указанной выше формулой $J = \frac{P \cdot v}{2}$ (аналогичной формуле мощности тока в контуре без сдвига фазы), а формулой

$$J = \frac{P \cdot v}{2} \cdot \cos \varphi,$$

при чем $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\lambda}{2\pi r}$. На расстоянии $r \gg \frac{\lambda}{2\pi}$, т. е. когда $\cos \varphi$ близок к 1, явления можно считать такими же, как и для случая плоских волн.

При прохождении З. через какую-либо среду особенно важное значение имеет однородность этой среды. Если З. проходит из одной среды в другую, то на границе происходит отражение по закону: угол падения равен углу отражения. Чем больше различаются между собою акустические жесткости двух сред (или их акустические сопротивления), тем меньше энергии проходит во вторую среду. При равенстве этих величин З. проходит через границу без ослабления; это наивыгоднейший случай как для излучателя, так и для приемника. Если отношение сопротивлений и жесткостей двух сред $\frac{w_1}{w_2} = \frac{H_1}{H_2} = n$, то количества отраженной J_R и прошедшей во вторую среду энергии J_D выразятся так:

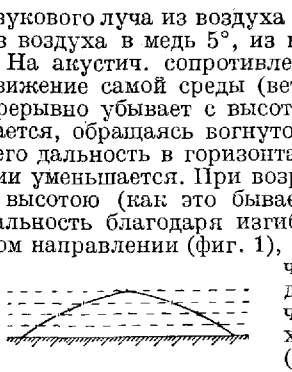
$$J_R = J_0\left(\frac{n-1}{n+1}\right),$$

$$J_D = J_0 \frac{4n}{(n+1)^2}.$$

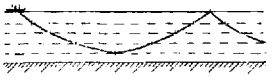
Отношение $\frac{J_D}{J_0} = \frac{4n}{(n+1)^2}$, которое можно назвать коэффициентом проникновения, имеет такие значения: вода—воздух 0,001167; воздух—медь 0,000054; вода—медь 0,18; вода—сталь 0,13; сталь—воздух 0,00004. Эти величины показывают, какие трудности представляет непосредственное выслушивание З., распространяющегося под водой. Отражением от неоднородных слоев атмосферы (а к у с т и ч е с к и е о б л а к а) обусловливаются замечаемые иногда уменьшения дальности при передаче З. по воздуху. Отражение З. используется в рупорах и приемных воронках; следует отметить, что у свободного отверстия рупора также происходит отражение, уменьшающее отдачу З. наружу; такие же вредные отражения происходят во всех местах резкого изменения сечения рупора. При прохождении З. из среды, акустически более плотной (где скорость З. меньше), в среду, акустически менее плотную (где скорость З. больше), может иметь место полное внутреннее отражение. Предельн. угол его при прохождении

звукового луча из воздуха в воду равен 13°, из воздуха в медь 5°, из воды в медь 25°.

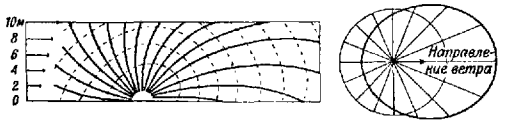
На акустич. сопротивление влияют $t°$ и движение самой среды (ветер). Если $t°$ непрерывно убывает с высотою, то луч изгибается, обращаясь вогнутостью кверху, отчего дальность в горизонтальном направлении уменьшается. При возрастании темп-ры с высотою (как это бывает в ясные ночи) дальность благодаря изгибу луча в обратном направлении (фиг. 1), наоборот, увеличивается. В воде дальность передачи З. в наиболее холодные месяцы (февраль) увеличивается в 3 раза и более благодаря тому, что верхние слои холоднее нижних и луч изгибается выпуклостью книзу (фиг. 2). Если $t°$ с глубиной понижается, то луч идет, изгибаясь вогнутостью вниз. Аналогично темп-ре влияет ветер; т. к. скорость З. по ветру больше, чем против него, то, в случае возрастания скорости ветра с высотою, будут наблюдаться изгибания звуковых лучей и изменения дальности (фиг. 3). Когда звуковой луч встречает на пути препятствие, то, согласно принципу Гюйгенса, у границы препятствия происходит изгиб волнового фронта, т. е. наблюдается явление д и ф ф р а к ц и и, тем более заметное, чем больше длина волны. Поэтому звуковая тень



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

образуется лишь от больших преград; она оказывается более заметной при коротких звуковых волнах.

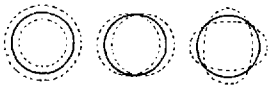
3) И з л у ч е н и е З. Система, совершающая колебания, передаваемые в окружающую среду, является излучателем акустической энергии, а та, в к-рой возбуждаются колебания под действием звуковых волн в среде, есть приемник З. Различают излучатели нулевого, первого, второго и т. д. порядка, согласно порядку бесселевой функции, входящей в выражение потенциала скоростей колеблющейся системы. Уравнение колебаний системы, излучающей энергию, имеет вид:

$$M\frac{d^2x}{dt^2}+R\frac{dx}{dt}+Kx=B\sin pt\,,$$

где $M=m+m_s$—масса излучателя + гидродинамическая масса среды, колеблющейся вместе с излучателем, R—множитель, характеризующий потерю энергии, при чем часть потерь обусловлена трением и значительная доля потери энергии системы приходится на излучение; K—множитель, характеризующий упругие свойства излучателя и прилегающего к нему слоя среды. Обратившись снова к аналогии с электрич. током, можно написать ур-ие, аналогичное ур-ию контура с самоиндукцией:

$$p=w_sv+M\frac{dv}{dt}\,.$$

Здесь w_s — сопротивление, обусловленное главным образом излучением и называемое сопротивлением излучения. Простейшим излучателем нулевого порядка является невесомый пульсирующий шарик, т. е. такой шар, к-рый периодически меняет свой объем (фиг. 4, *а*). Такой излучатель создает шаровые волны. Для него величина $m_s=4\pi r^3\varrho$ (где r — его радиус, ϱ — плотность среды) и сопротивление излучения (при $r\gg\lambda$) w_s, равное $4\pi r^2c\varrho$, оказываются не зависящими от частоты, но для малых излучателей ($r<\lambda$)



Фиг. 4.

$$w_s=\frac{4\pi r^4\varrho\omega^2}{c}\,,$$

логарифмич. декремент излучения $\Delta_s=\frac{\pi\omega r}{c}$, т. е. затухание его пропорционально частоте. Простейший излучатель первого порядка—невесомый шарик, совершающий прямолинейные гармонические колебания около некоторого центра (фиг. 4, *б*). Он создает колебания, распространяющиеся по линии его движений; излучения в экваториальной плоскости нет. Здесь сопротивление излучения для случая малого излучателя ($r\ll\lambda$)

$$w_s=\frac{\pi}{3}c\varrho k^4r^6\,,$$

где

$$k=\frac{\omega}{c}=\frac{2\pi}{\lambda}\,;$$

для случая большого излучателя ($r\gg\lambda$)

$$w_s=\frac{4}{3}\pi c\varrho r^2\,;$$

при $r\ll\lambda$ величина $m_s=\frac{2\pi}{3}r^3\varrho$, а при $r\gg\lambda$ $m_s=\frac{r\lambda^2\varrho}{3\pi}$. Логарифмический декремент (при $r\ll\lambda$) $\Delta_s=4\pi^4\left(\frac{r}{\lambda}\right)^3$, а при $r\gg\lambda$ $\Delta_s=2\pi^2\frac{r}{\lambda}$. Излучатель второго порядка—шар, который изменяет свой объем таким образом, что в нем всегда сохраняются две узловые линии (фиг. 4, *в*). В акустике излучатели второго и высших порядков играют малую роль. Практически излучателем нулевого порядка является поршневая мембрана (движущаяся целиком, как поршень), если она окружена бесконечной неподвижной плоскостью и движется сквозь отверстие в ней; если же она движется в свободном пространстве, то она—излучатель 1-го порядка. Наиболее важный случай натянутой мембраны, закрепленной по краю, м. б. с достаточным приближением сведен к случаю поршневой мембраны.

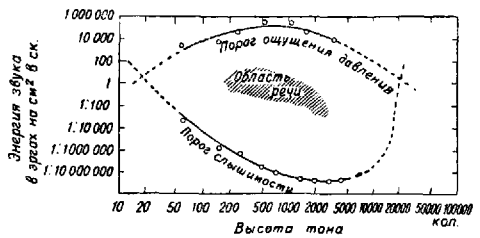
Теоретически простейшим приемником является деформируемый шар, находящийся в газообразной или жидкой среде. Чтобы мог осуществляться прием, сжимаемости шара и среды д. б. различны. Релей дает выражение потенциала скоростей такого шара:

$$\varphi=\frac{nV}{\lambda^2r}\left(\frac{\beta'-\beta}{\beta'}+3\frac{\varrho'-\varrho}{\varrho+2\varrho'}\cos\alpha\right)\cos\frac{2\pi}{\lambda}(ct-r)\,;$$

здесь V—объем шара, r и α—плоские

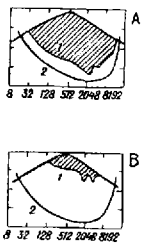
полярные координаты его центра (при чем ось координат лежит в направлении фронта плоских волн), β и β' — сжимаемости среды и шара, ϱ и ϱ' — плотности среды и шара. Различие сжимаемостей $\left(\frac{\beta-\beta'}{\beta'}\right)$ не создает направленного эффекта, который зависит от различия в плотностях среды и приемника (второй член: $3\frac{\varrho'-\varrho}{\varrho+2\varrho'}\cos\alpha$). Можно различать два крайних случая: когда шар почти вполне твердый и когда он почти вполне податлив. В первом случае в нем возникают почти одни изменения давлений (без смещений), во втором—смещения (без изменения давлений). В первом случае мы имеем приемник, реагирующий на изменения давлений («приемник давлений»), во втором—реагирующий на изменения смещений («приемник смещений»). Эти два типа можно сравнить с двумя электрич. приборами—вольтметром и амперметром, реагирующими на напряжение и силу тока. Приемники, как и излучатели, бывают нулевого, первого и высших порядков.

II. Чувствительность уха, ее измерение. В основе всех расчетов технич. акустики лежит точное знание качеств слуха. Чувствительность уха определяется наименьшим количеством энергии, доставляемой в 1 ск. на 1 $см^2$ при пороге слышимости (или же может быть определена по амплитуде давления или амплитуде скорости воздушных частиц при пороге). Ухо обладает наибольшей чувствительностью в области около 2 000 колебаний в ск. и вовсе не ощущает З. ниже 16 колебаний в ск. и выше 20 000 колебаний в ск. Эти пределы несколько различны для различных людей. В области 2 000 колебаний в секунду чувствительность уха порядка $10^{-9}\frac{эрг}{см^2\cdot сек}$, т. е. здесь оно приблизительно в 1 000 000 раз чувствительнее, чем при 50 колебаниях в ск. Вследствие разной чувствительности человека к различным тонам, З. разных высот, но одинаковой интенсивности кажутся различно громкими. Как меру субъективной громкости (или просто громкости) принимают величину $s=10\lg\frac{J}{J_0}$, где J_0—сила звука на пороге слышимости. На фиг. 5 нижняя кривая показывает, какова



Фиг. 5.

при разных высотах порожная чувствительность уха, а верхняя показывает предельную силу З., при к-рой получается болевое ощущение в ухе. Эти кривые ограничивают область слуховых ощущений; заштрихованная часть в ней по высоте и громкости соответствует области речи. Т. к. ухо способно различать З., отличающиеся по силе (при средней громкости) на 10% и по высоте (при средних высотах) на 0,3%, то во всей области слышимости оно может воспринимать около 300 000 различных по высоте и силе тонов. Исследование чувствительности уха, особенно важное при профессиональном отборе (напр. для радиотелеграфистов, шоферов, военных акустиков и т. д.), показывает, какая доля площади нормальной слышимости сохранена, чем и характеризуется глухота. Для подобных измерений служат приборы, называемые а у д и о м е т р а м и. На фиг. 6 даны характеристики больных ушей: на фиг. 6, А—ухо сохранило 74% слуха, на фиг. 6, В—всего 12%. При легкой глухоте порог слышимости в области речи, нормально имеющий значение 0,001 дин/$см^2$, повышается до 0,1 дин/$см^2$; при сильной глухоте (когда разговор еще возможен)—до 1 дин/$см^2$; при пороге в 10 дин/$см^2$ разговор можно понимать, только пользуясь усилительными приспособлениями. Когда ухом воспринимаются созвучия, то при звучании достаточно сильных тонов к ним примешиваются еще разностный и другие комбинационные тоны, которые создаются как основными тонами, так и их гармониками. Возникающие благодаря несимметричности колебаний принимающих органов уха (барабанная перепонка) субъективные комбинационные тоны представляют большую важность при передаче и воспроизведении З. телефонами и громкоговорителями. Комбинационные тоны верхних гармонических почти всегда усиливают основной тон. Т. о., если при передаче речи вовсе исключить основной тон, то, несмотря на большую долю исключенной энергии, это не сильно влияет на характер звука, так как исключенный тон возникает вновь в виде комбинационного тона гармоник. Наоборот, исключение верхних тонов ведет к резкому изменению тембра и уменьшению разборчивости речи, несмотря на малую долю исключенной энергии, так как исключенные тоны ничем не возмещаются. Кроме того, при громких З. субъективные обертоны возникают даже при первичном чистом синусоидальном тоне; поэтому ощущение чистого тона возможно лишь при малых громкостях.



Фиг. 6

Одновременное восприятие З. двумя ушами (бинауральное) позволяет определять направление прихода звуковых волн с точностью до 3—4°, что обусловлено способностью воспринимать весьма малые промежутки времени между приходом З. к одному и другому ушам. Приборы, служащие для определения направления звука методом бинаурального приема, называются к о м п е н с а т о р а м и. Подобными звуковыми пеленгаторами пользуются в военном и морском деле, а также для определения скорости З. в различных телах; по этому же принципу может измеряться скорость ветра.

Определение чувствительности уха требует измерения силы З. в абсолютной мере.

При громких З. для этого м. б. применен диск Релея или фонометр, основанный на принципе диска Релея (Зернов). Кроме того, сила звука м. б. определена по величине давления, оказываемого звуковыми волнами на твердую стенку (Альтберг), к-рое равно $D=\frac{(k+1)J}{2c}$, где $k=\frac{c_p}{c_v}$. Можно также измерять силу звука по охлаждению (измеряемому болометром) акустическими колебаниями тонкой накаленной проволочки или термоэлемента, находящегося в устьи резонатора, настроенного на тон измеряемого З. Если источник З. заканчивается узким отверстием, то сила ветра, исходящего из этого отверстия, также может служить мерой силы З. В последнее время для измерения З. часто применяется конденсаторный микрофон, в котором одна из двух очень близко расположенных тонких пластинок конденсатора приходит в колебание под действием звуковых волн. Периодич. изменения емкости такого конденсатора, находящегося под достаточно высоким напряжением, создают в контуре, куда включен этот конденсатор, переменную эдс, измеряемую после усиления. По величине ее можно судить о силе З. Для измерения чувствительности уха наиболее удобен термофон, состоящий из тонкого металлич. листочка, по к-рому проходят одновременно постоянный и (более слабый) переменный токи звуковой частоты. Периодич. нагревания листка переменным током создают в камере расширения и сжатия воздуха, воспринимаемые как З. Зная объем камеры термофона, температуру листка и частоту, можно в абсолютных мерах определить силу З. Для измерения шумов на промышленных предприятиях Баркгаузен сконструировал прибор, представляющий зуммер, З. к-рого, слышимый через телефон, может измеримым образом ослабляться. Для измерения силы З. устанавливается такая громкость З. в телефоне, которая кажется одинаковой с звуком, слышимым другим ухом.

III. Источники и приемники З. Источники звука могут быть разделены по таким признакам: 1) те, у которых масса и упругость распределены равномерно (струна, мембрана, стержень и т. п.); 2) те, у которых масса и упругость разделены (напр. поршневая мембрана диффузорного громкоговорителя). По форме их можно разделить на имеющие одно измерение (струны, стержни, воздушные или жидкие столбы), имеющие два измерения (мембраны, колокола) и имеющие три измерения (кубическ. резонатор). Возбуждение их также м. б. различное: механическое (удар, трение, вдувание), электрическое, магнитное, тепловое. Главнейшие типы излучателей следующие. а) В струне отражением поперечных колебаний от ее концов создаются стоячие волны, при чем между концами струны могут образоваться симметрично 1, 2, 3,... узла. Звуковая отдача струны (без деки) незначительна. б) В стержнях, т. е. в твердых телах, поперечные размеры которых соизмеримы с их продольными размерами, могут создаваться продольные, поперечные или крутильные колебания. Создавшиеся в стержне стоячие волны могут образовать узлы на концах или в средних участках стержня, смотря по способу его закрепления. Частным случаем колеблющегося стержня является камертон. в) Колебания воздушного столба в трубе, являющейся акустическ. резонатором, возбуждаются или вдуванием воздуха в одном конце трубы, при чем разбивающаяся струя создает вихри (органные трубы), или дрожаниями металлич. язычка, колеблющегося под действием протекающего воздуха (язычковые трубы). Так. обр., труба представляет связанную систему резонатора с механич. возбудителем колебаний. На конце открытой трубы всегда имеется пучность, на конце закрытой—узел стоячих волн. г) Применяемая для воздушной или подводной сигнализации сирена является излучателем нулевого порядка. Акустическая мощность, отдаваемая сиреной под водой, $L=f^2l^2\cdot 10^{-6}$ W, где l—число $л$ воды, проходящей через сирену в 1 ск. д) Поверхностные излучатели в большинстве электроакустич. приспособлений (телефон, громкоговоритель, подводный передатчик) разделяются на поршневые излучатели и собственно *мембраны* (см.), закрепленные по краю и подвергнутые натяжению. е) Колокола, применяемые в воздушной и подводной сигнализации, представляют собой излучатели 2-го порядка. На фиг. 7 показаны пунктиром деформации звучащего колокола. ж) Для создания ультразвуковых волн (подводная акустика — см. ст. 363) пользуются механическ. колебаниями пьезоэлектрич. кварцевых пластинок, собственная механич. частота к-рых одинакова с частотою возбуждающего кварц перемен. электр. поля. Пьезоэлектрич. кристаллы сегнетовой соли ($NaKC_4H_4O_6\cdot 4H_2O$) могут служить в качестве телефонов и громкоговорителей, хотя практического применения они не находят. В настоящее время помимо ультразвуковой области в технику входит и пользование инфразвуковыми частотами. Константинеско изобрел способы передачи по гидравлич. трубам переменных давлений с частотою ~ 50 колебаний в ск. и построил акустич. генераторы и моторы; впервые его аппараты были употреблены для сверления скал и для клепания.



Фиг. 7.

Мощные источники звука в виде взрывов создают особый тип волн — взрывные волны. Во взрывной волне возникает чрезвычайно большое давление, к-рое быстро падает сзади волны; толщина сгущенного слоя $6{,}6\cdot 10^{-6}$ *см* при избыточном давлении 10 *atm* и $2{,}9\cdot 10^{-7}$ *см* при давлении 3 000 *atm*. По мере удаления от места источника звука избыточное давление распределяется более равномерно, и волна принимает характер, близкий к синусоидальному. Скорость распространения таких волн гораздо более обычной скорости З. Измерения скоростей распространения взрывных волн в трубках давали величины от 12 до 14 *км/ск*. Однако, по мере удаления от источника скорость взрывной волны уменьшается и приближается к нормальной. Так, наприм., скорость

З. от выстрела орудия делается нормальной на расстоянии нескольких *м* от дула. Взрывные волны имеют чрезвычайную дальность распространения—до 400 *км*, что обусловливается загибом вниз звуковых лучей, доходящих до верхних слоев атмосферы. Благодаря этому между пунктами наиболее далекой слышимости и источником взрыва находится «зона молчания», куда звуковые волны не попадают.

Основным приспособлением для приема З. является мембрана. В качестве приемников могут применяться или поршневые или натянутые мембраны, закрепленные по краям. Максимальная поглощаемая из звукового поля мощность, при условии резонанса между приемником и акустич. колебаниями в среде, для приемника нулевого порядка

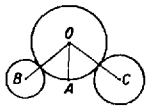
$$L_{max} = \frac{P^2}{2} \cdot \frac{\lambda^2}{c\varrho\pi}$$

подчиняется условию, что затухание излучения и затухание поглощения системы должны быть одинаковы. При том же условии наибольшая поглощаемая мощность приемником 1-го порядка

$$L_{max} = \frac{P^2}{2\varrho c} \cdot \frac{\lambda^2}{3\pi}.$$

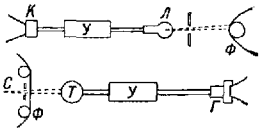
Чтобы приемник не искажал звукового поля, размеры его д. б. меньше длины принимаемой волны. Два приемника м. б. помещены один от другого на расстоянии l и не действовать нарушающим образом друг на друга, если $l > 32\lambda$ в случае приемника нулевого порядка и $l > 16\lambda$ в случае приемника 1-го порядка. Для целей телефонии мембрана не должна иметь резко выраженных собственных частот, или они должны лежать вне области частот принимаемых З. Обычно воспринятый звук превращается в электрич. колебания, что выполняется *микрофонами* (см.). Последние применяются различных типов, в том числе пьезоэлектрические (из сегнетовой соли или из пьезокварца), применяемые в подводной акустике для приема ультразвуковых волн. Превращение З. в электрич. колебания имеет то преимущество, что позволяет принятый З. произвольно усилить посредством усилителей с электронными лампами.

Чтобы отметить момент прихода З., приемные микрофоны соединяют с записывающим приспособлением, и момент прихода звука регистрируется на движущейся ленте или вращающемся барабане, где имеются точные отметки времени. Так поступают для определения местоположения стреляющей батареи. Микрофоны помещаются в точках A, B, C (фиг. 8), и на центральной приемной станции измеряется время t_1, протекшее между приходом З. в A и B, и t_2—между приходом З. в A и C. Из точек B и C строят окружности радиусами t_1c и t_2c. После этого строят окружность, проходящую через точку A и касающуюся двух начерченных окружностей. Центр ее O и есть источник З., так как $AO=tc$, $OB=(t+t_1)c$, $OC=(t+t_2)c$. При подобной записи каждый раз регистрируются три З.: 1) З., распространяющийся со

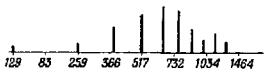


Фиг. 8.

скоростью, большей нормальной скорости З.,—это звуковая волна, создаваемая снарядом, скорость которого превышает скорость звука; частота этих звуковых колебаний велика; 2) З. от падения снаряда; 3) З. выстрела. Измерения ведутся лишь по последней из отметок, и приемник д. б. настроен на низкую частоту, соответствующую частоте З. выстрела. Мембраны применяются также в целях записи З., при чем их движения записываются резцом на движущемся винтообразно валике (фонограф) или на горизонтальной вращающейся пластинке (граммофон) или же регистрируются оптически посредством зайчика, отраженного от зеркальца, скрепленного с мембраной (фонодейк Миллера, звуковой осциллограф Казанского). Существует и еще ряд способов записи звука: движения тонкой (1 μ) кварцевой нити, помещенной в устьи рупора, фотографируются на движущейся ленте (Эйтховен); еще более точный метод записи дает применение конденсаторного микрофона вместе с осциллографом или струнным гальванометром. Наконец, в разных системах говорящего кино З. записывается тоже разными способами. В наиболее разработанной системе Триэргон звуковые волны превращаются посредством катодофона (микрофона без мембраны) в электрич. колебания; переменные токи от катодофона передаются лампе тлеющего света и в виде света переменной интенсивности фиксируются на светочувствительной фильме. Схема расположения Триэргон показана на фиг. 9. Здесь *К*—катодофон, *У*—усилители, *Л*—лампа тлеющего света, *Ф*—фильма. При воспроизведении звука лампа *С* освещает передвигающуюся фильму, и прошедший сквозь нее свет попадает на фотоэлемент *Т*. Ток от фотоэлемента подводится после усиления к электростатическому громкоговорителю (статофону) *Г*. Запись З., полученная в виде кривой (фонограммы), подвергается гармонич. анализу, результаты к-рого обычно выражаются графически в виде «акустич. спектров», где по абсциссам отложены частоты, а длина ординат, входящих в состав графика, указывает на бо́льшую или меньшую интенсивность тона, входящего в состав З. На фиг. 10 показан спектр буквы «а» при тоне 129 колебаний в ск.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

IV. Акустика помещений и распространение З. в земле (геоакустика). Правильное в акустическом отношении построение концертных зал, театров и аудиторий основывается прежде всего на учете всех отражений звуковых волн от стен и потолка. Когда в помещении начинает звучать некоторый источник, напр. труба, то звуковое равновесие устанавливается не сразу: требуется некоторое время, чтобы привести в движение всю массу воздуха в помещении, после чего ко-

личество отдаваемой источником энергии остается равным количеству звуковой энергии, проходящей сквозь стены и поглощаемой ими. По прекращении звучания источника повторные отражения от стен заставляют ухо слышать З. до тех пор, пока сила отражаемого от стен звука не упадет ниже порога слышимости. Это явление называется р е в е р б е р а ц и е й. Явления реверберации иллюстрирует фиг. 11; на ней по оси X отложено время t, а по оси Y, в относительных единицах,—сила I периодически повторяющихся звуков, напр. слогов речи. Из фиг. 11 можно видеть, что при слишком длительной реверберации З. набегают один на другой и речь становится неразборчивой. Длительность реверберации определяется выражением $t = 0{,}164 \frac{V}{\Sigma aS}$, где V—объем помещения, S—поверхность стен, a—коэффициент поглощения звука стенами. Речь тем более разборчива, чем меньше реверберация в помещении, но при музыке в помещении с малой реверберацией З. оказывается некрасивым и сухим. Поэтому существует оптимум реверберации, который для небольших помещений имеет значение $t=1{,}06$ ск. Для определения оптимума реверберации Лифшиц дал формулу:



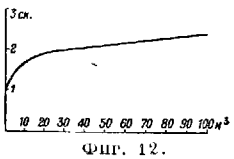
Фиг. 11.

$$\lg V = 8{,}5 + \lg t - \frac{6{,}194}{V\,t}$$

и Петцольд — формулу:

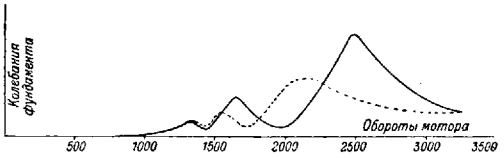
$$t = 0{,}0325\, \sqrt[3]{V} + 1.$$

Оптимальные значения реверберации можно определить по графику фиг. 12. Если реверберация в зале слишком велика, ее можно уменьшить, увеличивая поглощение стенами a, для чего их закрывают драпировками или мягкой материей. Помимо неправильной реверберации, недостатками зала могут оказаться образование эхо (отраженного звука, отдаленного по времени от момента создания звука) или появление звуковых фокусов вследствие отражения от вогнутых поверхностей (купола). В этих случаях прибегают к укрытию куполов и снабжают зал более или менее сложной орнаментировкой, рассеивающей отражен. звуковые лучи. Проверка сделанного расчета зала выполняется на модели, изготовленной в виде контура из твердого материала, внутри к-рого возбуждают волновое движение (в воде); фотографии волн показывают ход отраженных лучей и позволяют сделать нужные исправления.

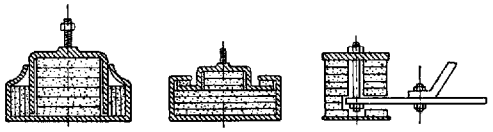


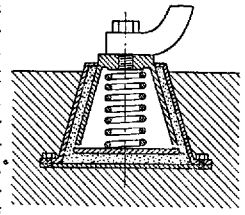
Фиг. 12.

Проникновение З. из одного помещения в другое возможно или непосредственно по воздуху (напр. через вентиляционные трубы) или через стены и отдельные части конструкции. В первом случае в воздушном звукопроводе делаются резкие изменения сечения, вызывающие отражение З. При прохождении З. через пористую стену энергия прошедших колебаний убывает с толщиной стены, но она растет вместе со степенью пористости, с размерами пор и с высотою З. При толстых стенах штукатурка оказывает малое влияние, но при тонких, и особенно при оштукатуренных с двух сторон, перегородках ее влияние весьма заметно. Стена без пор тем менее звукопроводна, чем более она тяжела и чем больше число колебаний передаваемого звука. Плотный материал почти непроницаем для З., если только вся плотная преграда в целом не приходит в колебание наподобие мембраны (чего, разумеется, в целях звуковой изоляции следует избегать). Например, слой пробки хуже задерживает З., чем слой асфальта или глины той же толщины. Вообще те материалы, у к-рых акустич. жесткость велика, при переносе З. по воздуху являются лучшими звуковыми изоляторами по сравнению с материалами, имеющими малую жесткость. Наилучшими изоляторами оказываются комбинации из различных материалов (напр. железо и войлок). Сотрясения, передаваемые мотором полу, по исследованиям Бергера, тем менее заметны, чем меньше вес мотора сравнительно с постаментом и чем менее эластична подкладка под мотором. Результаты его исследований над колебаниями, передаваемыми мотором полу при разных изолирующих подкладках, показаны на фиг. 13, где по абсциссам отложены числа оборотов мотора, а по ординатам—амплитуды колебаний пола (сплошная линия—без прокладки, пунктир—со специальной прокладкой для ослабления сотрясения). Отсюда видно, что подкладка не при всякой скорости ослабляет сотрясения. На фиг. 14 показаны разные способы скрепления машины с фундаментом. Крепление производится через неупругие материалы с малой акустической жесткостью—пробка, войлок, резина (на фиг. 14—участки, покрытые точками) и, кроме того, через посредство пружин (фиг. 15).



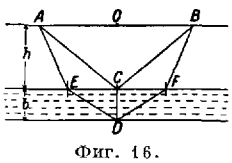
Фиг. 13.


Фиг. 14.


Фиг. 15.

Для обнаружения звука, распространяющегося по земле, применяется г е о ф о н, который действует подобно сейсмографу и представляет собой массивный свинцовый

цилиндр (диам. 5 *см*), заключенный внутри легкой подвижной деревянной оболочки, охватывающей его по образующей так, что у оснований цилиндра остаются воздушные зазоры. Деревянная оболочка одним основанием прикладывается к скале или земле, другое ее основание соединяется звукопроводом с ухом. Колебания земли заставляют двигаться деревянный ящичек, тогда как свинец, благодаря инерции, имеет смещения меньшие; вследствие этого в пространстве между свинцом и основанием оболочки создаются переменные давления, воспринимаемые как З. Применяя два геофона, удаленные друг от друга и соединенные с обоими ушами, можно определять направление приходящих звуковых волн, пользуясь бинауральным эффектом. Геофоны применяются в военном деле для подслушивания подземных работ неприятеля, при разработках шахт и при разведке горных пород. Если на глубине h залегает плотный слой толщиною b, скорость З. в к-ром больше, чем в верхнем слое, то наблюдатель в точке B (фиг. 16) слышит три З., исходящих от места его создания в точке A: первый по поверхности, второй—отраженный от верхней границы слоя (ACB) и третий—отраженный от его нижней границы ($AEDFB$). Если точки A и B удалены на большое расстояние, то звук по пути $AEDFB$ может приходить скорее, чем по ACB. Определяя направление отраженных лучей, можно найти глубину залегания пласта и его толщину.



Фиг. 16.

Лит.: Лифшиц С. Я., Курс архитектурной акустики, 2 изд., М., 1927; Ржевкин С. Н., Слух и речь в свете современных физическ. исследований, Москва—Ленинград, 1928; Berger R., Die Schalltechnik, Brschw., 1926; Aigner Fr., Unterwasserschalltechnik, Berlin, 1922; Esclagnon, Acoustique des canons et des projectiles, P., 1921; Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 8—Akustik, Berlin, 1927. **Л. Беляков.**

V. Подводная акустика (гидроакустика), изучение методов передачи звука в воде, его распространение и восприятие приемниками. В последнее время стали широко использовать свойства распространения З. в воде для целей подводной сигнализации. Применяемые для этого приборы называются гидроакустическими приборами, и назначение их следующее: 1) подводная акустическая связь между кораблями; 2) обнаружение присутствия кораблей в тумане и в ночное время и определение их местонахождения; 3) наблюдение за движением неприятельских кораблей по шуму гребных винтов; 4) звуковое измерение глубин; 5) определение местонахождения айсбергов и присутствия значительных подводных препятствий.

1) Распространение З. в воде. Для подводной сигнализации важно точное знание скорости распространения З. в воде. Наиболее существенными факторами, влияющими на скорость З. в воде, являются $t°$, коэфф. сжатия и соленость воды. Опытные определения коэфф-та сжатия, произведенные Граффи (1837 г.), Рентгеном, Амага и де-Монзи в среднем при 8° дали коэфф. сжатия $K=4{,}75\cdot10^{-11}$ (плотность воды ϱ при указанной $t°$ принималась равной 0,998, скорость звука—равной 1 441 *м/сек*). Опыты Вуда и Брауна в 1923 г. в заливе Маргарита дали более точные данные скорости: $c=1\,450+4{,}206t-0{,}0336t^2+1{,}37(S-35)$ *м/сек*, где t— темп-ра и S—соленость в ‰. Зависимость скорости З. от температуры видна из следующей таблицы:

Скорость распространения звука в воде близ водной поверхности при солености 32,36‰.

Авторы	0°	5°	10°	15°
Шумахер по наблюдениям Экмана . .	1 442	1 463	1 481	1 497
Вуд (Wood) и Браун (Browne)	1 447	1 467	1 486	1 502
Марти	1 460	1 477	1 492	1 504
Маурер по наблюдениям Тета (Tait) .	1 433	1 458	1 482	1 505
Маурер по наблюдениям Бьеркнеса (Bjerknes)	1 427	1 450	1 470	1 485
В среднем	1 442	1 464	1 483	1 499

Как видно из таблицы, с увеличением температуры на 1° скорость З. увеличивается приблизительно на 4 *м/сек*.

З., удаляясь, постепенно ослабевает в зависимости от свойств среды. Эти свойства среды характеризуются коэфф-том поглощения e^{-2br}, где r—расстояние от источника, а $b=\frac{8\pi^2\eta_0}{3\lambda^2v\varrho}$, где η_0 — коэфф-т внутреннего трения. Отсюда следует, что, чем больше частота, тем больше коэфф. поглощения и меньше дальность действия звукового излучения. В виду малой сжимаемости воды, указанный коэфф-т в воде является весьма незначительным. Поглощение звуковой энергии приблизительно в 100 раз меньше при одинаковой частоте и в 2 000 раз меньше при одинаковой волне, нежели в воздухе. Если звуковой источник излучает с 1 *см*² своей поверхности энергию L_0, то на единицу поверхности приемника, находящегося на расстоянии r, поступает звуковая энергия

$$L_r=L_0\frac{e^{-2br}}{r^m},$$

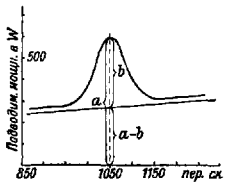
где $1<m<2$. На практике, в виду незначительных морских глубин по отношению к дальности действия излучателей, принимается нек-рое среднее число, промежуточное между плоской волной ($m=1$) и шаровой ($m=2$). Так как коэффициент поглощения в воде настолько незначителен, что им можно пренебречь, то

$$L_r=L_0\frac{1}{r^m}.$$

Выгодной звуковой частотой для уха является частота около 2 300 колебаний в ск. Однако, при выборе частоты для гидроакустических излучателей приходится считаться: 1) со стремлением во избежание помехи вынести сигнальную частоту из частот шумов гребных винтов, которые находятся между 300 и 1 400 пер/ск.; 2) с частотами, применяемыми различными флотами. Вы-

годной частотой для сигнальных приборов считается 1 050 пер/ск.

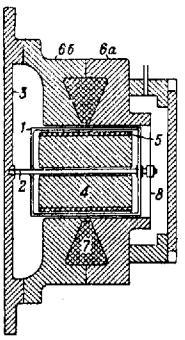
2) Излучатели звуковой энергии. а) Простейшим излучателем звуковой энергии под водой является подводный колокол. В отличие от типа церковного колокола масса подводного колокола сосредоточена по краям, что дает уменьшение затухания колебаний. Язык подводного колокола приводится в действие пневматически, электрически или же автоматически ударами морской волны. Частота колебаний в среднем — 1 200 в ск. Дальность действия — около 20 км, в зависимости от конструкции и размера колокола. Такие колокола располагают гл. образом около маяков и устанавливают на дне моря на треногах. Сигналы подводных колоколов принимаются звуковыми приемниками. На близком расстоянии З. подводного колокола слышен даже невооруженным ухом в подводной части корабля.



Фиг. 17.

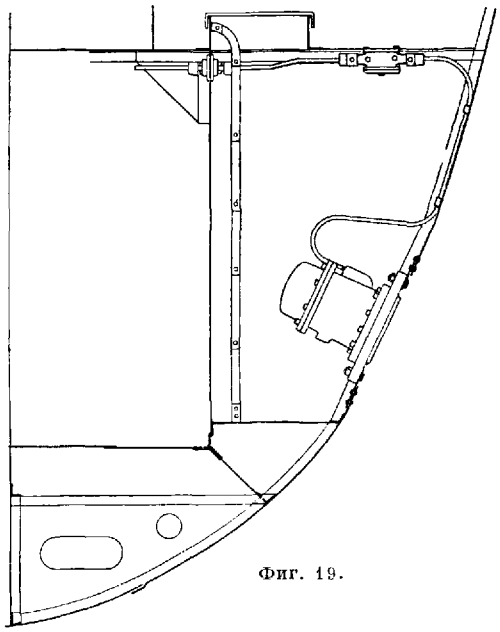
б) Подводная сирена. Сирены по принципу действия разделяются на вращающиеся и колебательные; первые в свою очередь подразделяются на барабанные и сирены с диском. Кпд сирены весьма незначителен (~2%). В виду малого кпд и неустойчивости работы мембранные передатчики совершенно вытеснили сирену.

в) Мембранные излучатели (осцилляторы). Принцип действия мембранного передатчика заключается в том, что мембрана приводится в колебательное состояние электрически; переменный ток, поступая в осциллятор, приводит в действие мембрану, а последняя, соприкасаясь с водой, передает колебания воде в виде волн разрежений и сжатий. Чем мощнее будут колебания мембраны, тем больше звуковой энергии передается воде. Максимум энергии передается при наличии резонанса между колебаниями мембраны и электрической системы. Механические колебания мембраны определяются ее массой и упругостью. Чем больше затухание, тем меньше будет острота резонанса. Острый резонанс в виду нек-рого колебания частоты переменного тока (что на практике неизбежно) уменьшает кпд излучателя. Влияние остроты на кпд видно из кривой резонанса (фиг. 17), снятого с одного мощного излучателя; здесь: *a* — подводимая электрич. мощность; *b* — получаемая акустическая мощность; *b*:*a* — кпд передатчика; *a* — *b* — электрич. потери в передатчике. Кпд мембранных излучателей ок. 50%. Осцилляторы делятся на электромагнитные и электродинамические. Электродинамич. осциллятор (фиг. 18) состоит из следующих главных частей: *1* — подвижный медный цилиндр, насаженный на стержень *2*; *3* — диафрагма, являющаяся наружной частью прибора; *4* — неподвижный якорь с расположенной на нем обмоткой *5* переменного тока; корпус состоит из двух разъемных частей *6а* и *6б* с расположенной между ними обмоткой постоянного тока *7*; стержень *2* ввинчивается одним концом в диафрагму, а другим концом закрепляется в центре упругого диска *8*. Для уравнивания внешнего давления воды внутренняя полость наполняется воздухом, сжатым до 2 *atm*. Электромагнитные излучатели строятся по принципу обыкновенных телефонов.



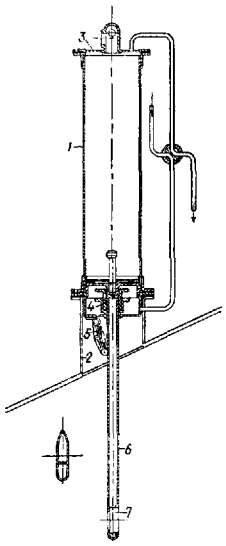
Фиг. 18.

На кораблях большого водоизмещения осцилляторы устанавливаются в носовой части корпуса корабля ниже ватерлинии


Фиг. 19.

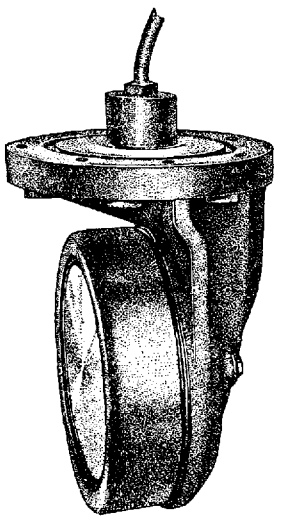
по левому или правому борту, как это показано на фиг. 19. Крепление осцилляторов по обоим бортам корабля придает установке направляющее действие. При наличии осциллятора по одному борту распространение звуковой энергии происходит под углом 180° в сторону нахождения осциллятора; другая сторона будет оттенена корпусом корабля. Обыкновенно корабли снабжаются двумя осцилляторами, расположенными по обоим бортам. На мелких кораблях такое расположение является невыгодным вследствие образования у борта при движении корабля вихревых явлений, создающих помеху для приема. В силу этого обстоятельства на малых судах применяется так назыв. «мечевое устройство», позволяющее при помощи выдвижного меча регулировать глубину осциллятора. Это устройство допускает уборку осциллятора, когда в нем нет надобности (фиг. 20). В отверстие, прорезанное в обшивке корабля, по возможности ближе к килевой части, заделывается цилиндр *1* посредством патрубка *2*, сверху и снизу цилиндр снабжен водонепроницаемыми крышками *3* и *4*. Нижняя крышка *4* имеет сальник и замыкающий

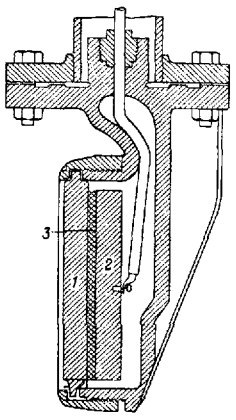
клапан 5. Через сальник проходит мечевидный стержень 6, который прикреплен к поршню. Пустотелый мечевидный стержень делается удобообтекаемой формы. В нижней части стержня, в мечевидной камере прикрепляется осциллятор 7, который имеет 2 мембраны по обеим сторонам гладкой поверхности камеры. Выдвигание и вдвигание мечевидной камеры достигается вручную, пневматически (как показано на фиг. 20) или же при помощи электрич. приспособления. В большинстве случаев прибор ставится с пневматическим устройством. Правильное положение осциллятора поверяется контрольными лампочками. На кораблях большого водоизмещения для получения «группового эффекта» осцилляторы прикрепляют к борту корабля, располагая их друг над другом. Такое расположение дает направляющее действие по горизонтали. Распространение энергии по вертикали является бесполезным для приема и порождает лишь помеху отражением звука от морского дна.



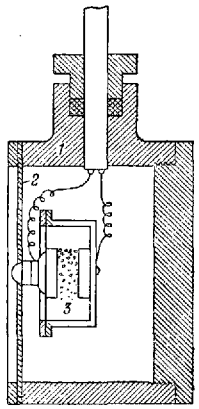
Фиг. 20.

г) Ультракоротковолновые (трансанодные) излучатели. В способе подводной сигнализации Ланжевена для передачи сигналов применяется т. наз. кварцевый конденсатор. Излучательная система состоит из кварцевых пластинок, склеенных из многих отдельных кусков кварца, имеющих одинаковую толщину и помещенных между двумя одинаковыми стальными пластинками (фиг. 21 и 22). Одна из этих стальных пластинок (*1*) соприкасается с водой, а другая (*2*) тщательно изолируется от нее. К этим пластинкам подводятся быстрые электрические колебания. Система, состоящая из кварца *3* и стальных пластинок, обладает определенной частотой собственных колебаний. Благодаря пьезоэлектрическим свойствам кварца система приводится в колебательное состояние. Для возбуждения пьезоэлектрическ. излучателя применяется ламповый генератор незатухающих колебаний, частота к-рого выбирается равной частоте излучающей системы, около 40 000 колебаний в ск. Такой передатчик имеет свойство излучать звуковой луч в виде конуса с определенным углом растворения α, при чем $\sin \alpha = 1{,}2\frac{\lambda}{d}$, где d—диаметр излучающей поверхности. Отсюда следует, что для получения направленного действия передачи требуется увеличение частоты. Для приема служит точно такая же система пластинок, как и для передач. Приходящие в воде упругие колебания, достигая приемника, приводят в колебательное состояние воспринимающую систему. Благодаря пьезоэлектрич. свойствам кварца в стальных пластинках появляется электрич. разность потенциалов с частотой приходящих колебаний. Стальные пластинки соединяют с ламповым приемником, настроенным на соответствен. частоту.

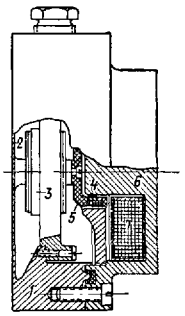

Фиг. 21.



Фиг. 22.



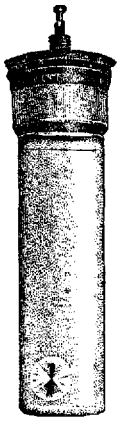
Фиг. 23.



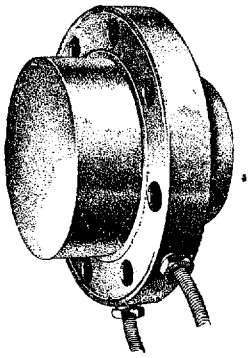
Фиг. 24.

3) Приемники звуковой энергии. В установках для двусторонней акустич. связи осцилляторы б. ч. служат одновременно для приема и для передачи сигналов. В первом случае акустическая энергия превращается в электрическую, а во втором электрическая — в механическую. Кроме того, применяются специальные типы приемников для приема шумов (гидрофоны). Интересующие нас шумы (гребных винтов, вибрации корабля и другие корабельные шумы) состоят из множества звуков различных частот, составляющих звуковую смесь. Частота отдельных звуков звуковой смеси находится в пределах от 300 до 1500 колебаний в ск. Шумовые приемники проектируются с периодом собственных колебаний, лежащим ближе к нижнему пределу. Шумовые приемники разделяются на электромагнитные, электродинамические и микрофоны инерционного типа. Приемник инерционного типа (фиг. 23) состоит из корпуса *1*, наружной мембраны приемника *2* и угольного микрофона *3*. Микрофон прикрепляется к мембране приемника и действует за счет инерции капсюля. При таком

устройстве изменения гидростатического давления не влияют на действие приемника. Разрез электродинамическ. приемника представлен на фиг. 24. Камера *1* закрыта снаружи мембраной *2*; на мембране внутри приемника прикреплен цилиндр *3* с катушкой переменного тока *4*. Катушка переменного тока держится специальными держателями *5*; *6* — сердечник с катушкой постоянного тока 7. Такой тип приемника применяется главн. обр. при «мечевом» устройстве (фиг. 25). Если приемник заделывается в борт корабля, например на подводных лодках, то применяется приемник, показанный на фиг. 26. Электромагнитный приемник представляет собою обыкновенный телефон увеличенных размеров. Шумы и трески, свойственные угольным микрофонам, делают их менее пригодными, хотя они и имеют бо́льшую чувствительность, чем другие типы приемников. На военных судах применяются электромагнитные и электродинамич. приемники; хотя они по чувствительности уступают инерционным микрофонам, но зато обладают постоянством чувствительности и с успехом допускают усиление.



Фиг. 25.



Фиг. 26.

4) Пеленгование. Звуковое пеленгование заключается в определении направления на звуковой источник. Из методов пеленгования различают три главных: теневой, бинауральный и максимальный.

а) Теневой метод заключается в том, что если имеются два приемника, отделенные звуковым экраном, и если звуковой источник находится на одинаковом расстоянии от обоих приемников, то З. принимается обоими приемниками с одинаковой интенсивностью. Если же звуковой источник уклоняется вправо или влево, то тот приемник, к-рый стоит ближе к звуковому источнику, принимает звук с большей интенсивностью, чем тот, к-рый оттеняется звуковым экраном. Если с установленными по обоим бортам приемниками требуется определить направление на звуковой источник по интенсивности З. в телефоне, то для этого требуется изменение курса корабля. Теневой метод применяется б. ч. на судах коммерч. флота для определения звукового пеленга маяков.

б) Бинауральный метод. Предложенный проф. Горнбостелем и Вартхеймером метод основан на том обстоятельстве, что человек реагирует непосредственно на тот маленький промежуток времени, к-рый требуется З., чтобы, достигнув одного уха, достичь другого, если источник находится в стороне. Эта разница создает у нас впечатление направления. Если источник З. находится в стороне, на 90°, то отставание определяется промежутком времени, необходимым З. на прохождение расстояния между нашими ушами, т.е. ~ 21 *см*; принимая скорость З. в воздухе равной 33 300 *см/ск*, получим этот промежуток времени равным 0,0006 ск. Для такого же промежутка времени при прохождении З. в воде соответствует расстояние 90 *см*. Если З. приходит со стороны, то, при соответствующем удлинении и укорочении звукового пути каждого приемника, можно получить впечатление З., исходящего спереди. Такое укорачивание и удлинение звуковых путей достигается акустич. компенсатором. В электрич. компенсаторе запаздывание и опережение компенсируется введением звеньев дроссельного фильтра, состоящего из емкости и самоиндукции. Каждое звено рассчитывается на запаздывание времени в $3 \cdot 15^{-5}$ ск., что при 21 звене дает звуковое перемещение на 90°. На практике бинауральный метод м. б. применен с успехом только в условиях отсутствия посторонних шумов. При длине подводной базы в 90 *см* точность пеленгования достигает 1—2°.

в) Максимальный метод. Если два приемника расположены друг от друга на расстоянии $\frac{\lambda}{2}$ и соединены одним и тем же телефоном, то звук, принимаемый от источника, находящегося на одинаковом расстоянии от приемников, дает максимальный эффект. Если же звуковой источник находится на продолжении линии базы, т. е. приемники сдвинуты по фазе на 180°, то суммарный эффект двух телефонов равен нулю. Сдвиг фаз приемников компенсируется до получения максимального эффекта. Звукопеленгование по максимальному способу дает более точные результаты, чем по бинауральному методу. При нормальном соотношении шумов, принимаемых и собственных, точность пеленгования при максимальном методе на расстоянии 4—5 *км* достигает 1°. Максимальный метод имеет еще то преимущество, что изменение интенсивности звука в телефоне происходит на максимуме, стоящем обыкновенно выше интенсивности мешающих шумов. Благодаря этому ухо, способное реагировать на изменение интенсивности З. при условии, что мешающие шумы не превышают 20%, свободно может определить пеленг с точностью до 1°.

5) Звуковое измерение глубин. Измерение глубин основано на свойстве отражения звуковых волн. Звуковая волна, исходящая от корабля, отражается со дна в виде эхо к приемнику, установленному на том же корабле. Искомая глубина d определяется из формулы $d = \frac{v}{2} t$, где v — скорость звука в воде, а t—промежуток времени между отдачей и возвращением звукового луча. Более точная формула имеет вид:

$$d = c + \sqrt{v^2 \left(\frac{t}{2}\right)^2 - b^2},$$

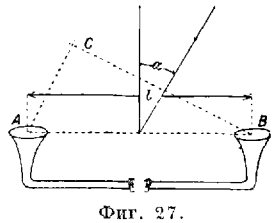
где c—глубина погружения приемника и

передатчика, b—расстояние между приемником и отправителем. Приборы для звукового определения глубин называются эхо-лотами. Главными частями эхо-лота являются звукоотсылатель, звуковой приемник и глубиномер. В качестве звукоотсылателя применяются мощный осциллятор или кварцевый излучатель, позволяющие отсылать громкие и короткие знаки на дно моря. Продолжительный звук может вернуться раньше, чем прекратится первичный З. Отраженный З. (эхо) улавливается звукоприемником, расположенным на определенном расстоянии от отсылателя в зависимости от типа установки, и перерабатывается в электрич. ток, который поступает в глубиномер. Глубиномер отмечает промежутки времени по электрич. импульсам и определяет соответствующую промежуткам времени глубину. Регистрация промежутков времени в судовых условиях представляет большие трудности, но, несмотря на это, современные эхо-лоты позволяют определять морские глубины с достаточной для мореплавания точностью.

Лит.: Aigner Fr., Unterwasserschalltechnik, B., 1922; Lamb H., Dynamical Theory of Sound, 2 ed., L., 1925; Grandoll J., Theory of Vibrating Systems a. Sound, N. Y., 1926. **Г. Кериг.**

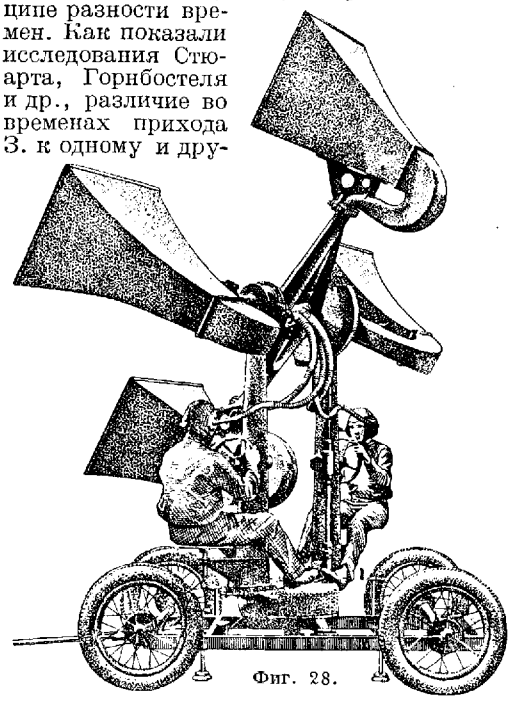
VI. Звукоулавливатели. В последнее время развивается еще одна отрасль акустики, имеющая значение в военном деле—подслушивание самолетов и определение их положения по З. Пока не удалось построить приборы, подслушивающие шумы самолетов с достаточно больших расстояний, так как имеющиеся всегда в атмосфере посторонние шумы (ветры и т. п.) маскируют слабые З. далеких аэропланов. Введение усиления З. не улучшает дела, т. к. усиливаются одновременно и подслушиваемые З. и З., их маскирующие. Пока удалось довести подслушивание до дальностей порядка 15—25 *км*, тогда как в тех же условиях невооруженным ухом шум самолета слышен на 8—9 *км*. Приборы, определяющие направление на летящий самолет, распадаются на два класса: работающие по принципу отношения интенсивностей звука, приходящих к правому и левому ушам, и по принципу разности времен.

К первому типу относятся т. н. параболоиды—это отражающие З. зеркала, имеющие форму параболоида вращения, обычно больших размеров, 2—3 *м* в диаметре, но малой глубины. Параболоид при помощи соответственных приспособлений м. б. повернут так, что его ось вращения совпадает с направлением на источник З.; тогда звуковые волны собираются в фокусе параболоида; однако, вследствие дифракции от краев параболоида фокус этот довольно расплывчат. В фокусе помещаются четыре небольших тесно расположенных рупора, одна пара к-рых трубками соединена с ушами одного, а другая—с ушами другого наблюдателя. Отклонение оси параболоида от направления на источник З. заставляет перемещаться фокус интенсивности З.; поэтому сильнее воспринимает тот рупор, к устью к-рого перемещается фокус. Наблюдатель, уши к-рого соединены с этой парой рупоров, воспринимает при этом в одном ухе более громкий З., чем в другом, и выправляет направление, перемещая параболоид при помощи особого штурвала. Одна пара рупоров с соответственным наблюдателем служит для определения угла направления в вертикальной плоскости, другая—для определения направления этой плоскости.



Фиг. 27.

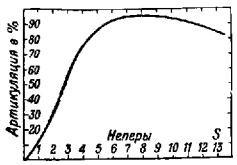
Другая группа приборов, к к-рым относится изображенный на фиг. 27 звукоулавливатель америк. образца, построена на принципе разности времен. Как показали исследования Стюарта, Горнбостеля и др., различие во временах прихода З. к одному и другому ушам воспринимается как ощущение прихода З. со стороны; именно различие во временах в $3\cdot10^{-5}$ ск. воспринимается как уклонение от прямого направления З. (прямо перед головой наблюдателя) приблизительно в 3°. Поэтому, если соединить уши наблюдателя с двумя вращающимися на вертикальной оси и расставленными на расстояние l рупорами A и B, то при отклонении направления на З. на угол α (фиг. 27), З. запоздает в рупоре A на время $\frac{AC}{v}$ (где v—скорость звука) или, т. к. $AC = l \sin \alpha$, на $\frac{l \sin \alpha}{v}$. При малых углах отклонения эта величина $= \frac{l\alpha}{v}$; т. к. наименьшая ощущаемая разница времен есть $3\cdot10^{-5}$ ск., то наименьший замечаемый угол отклонения есть $\alpha = \frac{v \cdot 3 \cdot 10^{-5}}{l}$; т. о., чем больше база l, тем меньше ошибка α установки рупоров по направлению З. В звукоулавливателе одна пара рупоров служит для определения угла направления в вертикальной плоскости, другая—в горизонтальной (фиг. 28).


Фиг. 28.

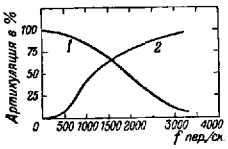
Звукоулавливатели различных армий подходят под эти два главных типа, отличаясь обычно лишь частностями. Назначение звукоулавливателей—найти неприятельский самолет ночью или в облаках и дать указание его местонахождения зенитной артиллерии. Обычно звукоулавливатель работает совместно с прожектором и зенитной батареей. В настоящее время такие соединения имеются почти во всех армиях мира. **Н. Андреев.**

ЗВУКОВАЯ ЧАСТОТА, число колебаний f в секунду упругой реальной среды, воспринимаемых нашим органом слуха как звуковое ощущение (см. *Звук* в технике).

В проволочной и беспроволочной телефонии имеют большое значение внятность и энергия передаваемых З. ч. Исследование английской и американской речи показало, что средняя мощность при разговоре равна



Фиг. 1.

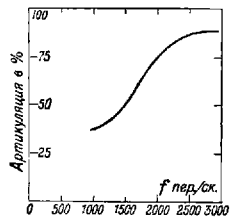


Фиг. 2.

примерно 10 μW, если учитывать паузы между отдельными словами. Средняя разговорная мощность одного слога равна около 60—120 μW, при этом мгновенные значения мощности могут достигать 1 000—2 000 μW.

На фиг. 1. представлено изменение коэффициента артикуляции (отношение количества принятых слогов к числу переданных) в зависимости от силы звука. На оси абсцисс отложена в неперах чувствительность $S=\ln\frac{P}{P_0}$, где P—эффективная амплитуда звукового давления и P_0—соответствующее звуковое давление на пороге слышимости. По мере увеличения звукового давления коэфф. артикуляции возрастает, а затем по достижении нек-рого максимума начинает падать.

Каким образом влияет на артикуляцию спектр передаваемых З. ч.—указано на кривых Флетчера (фиг. 2). Кривая *1* представляет изменение артикуляции, если конденсаторным фильтром срезать низкие частоты; кривая *2* — изменение артикуляции, если дроссельным фильтром срезать высокие частоты.



Фиг. 3.

Для определения необходим. спектра З. ч. при передаче речи Центральной лабораторией связи НКПиТ были произведены методом артикуляции измерения, по которым установлено, что частоты свыше $f=2\,400$ (фиг. 3) никакого влияния на улучшение качества передачи речи не оказывают. Частоты ниже $f=200$ также не имеют существенного значения. Поэтому для коммерч. телефонии, как правило, необходим спектр частот от $f=200$ до $f=2\,400$. Для целей широковещания требуется передача гораздо большего диапазона частот. Международный консультативный комитет по телефонии разграничил понятия о качестве передач след. обр.: идеальной передачей рекомендуется считать такую, к-рая охватывает диапазон частот от $f=30$ до $f=10\,000$; отличной—такую, которая охватывает частоты от $f=100$ до $f=5\,000$; хорошей—такую, которая охватывает полосу частот от $f=200$ до $f=3\,000$. Для коммерч. телефонии рекомендуется полоса частот от $f=300$ до $f=2\,500$.

В таблице показаны искажения в русском языке гласных и согласных, обусловливаемые тем или иным ограничением спектра пропускаемых частот.

Искажения в русском языке гласных и согласных.

Верхний предел частоты в пер/ск.	Гласные	Согласные
3 023	Искажений нет	*С* переходит в *Ф* *Ц* » » *Ш* *Г* » » *К*
2 400	» »	То же, что при 3 023
2 071	*И* передается глухо, переходит в *Ы*	*С*, *Ф* и *Х* пропадают *Б* переходит в *П* *В* » » *Л*
		и то же, что при 3 023
1 432	*И* и *Ю* переходят в *Ы* и *У*	То же, что при 2 071 *Ж* переходит в *З* *Ш* » » *З* *Н* » » *М*
955	*И* переходит в *У* *Я* » » *А* *Е* передается глухо	То же, что при 1 432; изредка передаются правильно *Л*, *В*, *Й*, *К*
716	*И*, *Е*, *Ы*, *Ю* переходят в *У*; *А* переходит в *О*	Неразборчиво
478	*О* передается неясно; остальные гласные переходят в *У*	Передается одно указание

Колебания З. ч. могут быть получены разнообразными способами; в частности с помощью лампового генератора, путем надлежащего подбора постоянных колебательного контура или путем получения биений между двумя ламповыми генераторами, лучше—между ламповыми генераторами и пьезокварцем. В том случае, если необходимо иметь источник З. ч. большого постоянства, применяется обыкновенно ламповый генератор с камертоном (см. *Зуммер*).

Лит.: Коваленков В. И., Телефонирование на большое расстояние, ч. 1, Л., 1925 (на правах рукописи); Шмаков П. В., Радио по проводам, Москва, 1927; Баев Н. А. и Ридель Ю. О., Измерение качества передачи речи методом артикуляции, «Научно-технический сборник—телеграф, телефон, радио, почта», М., 1928, *1*; Ржевкин С. Н., Слух и речь в свете соврем. физич. исследований, М., 1928; Sacia, «Bell System Technical Journal», New York, 1925, Oct.; Jones R. L., «JAIEE», 1924, Aug.; Stumpf G., «Abhandlungen d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wissensch.», B., 1918, 1921; «Electr. Communication», New York, 1923, *1*, p. 41; Trendelenburg F., «Jahrbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», Berlin, 1926, B. 28, p. 54, 84; Pack S., «Experim. Wireless a. Wireless Engineer», L., 1927, v. 4, p. 535; Dye D., «Proc. Royal Soc. of London», London, 1923, v. 103 (A), p. 204; Dadourian H., «Physical Review», Corning, 1919, ser. 2, v. 13, p. 337; Eccles W. H., «Proc. Phys. Soc. of London», L., 1917, v. 31, p. 269. **Ю. Ридель.**

ЗЕГЕРОВСКИЕ КОНУСА, пироскопы, служащие для наблюдения за $t°$ в заводских, гл. обр. керамич., печах. Название свое З. к. получили по имени герм. химика-керамиста

Зегера. Они представляют собою тетраэдры, высотою 4—5 *см* и около 1,5 *см* в стороне треугольного основания. В состав З. к. входят гл. обр. вещества, служащие для составления фарфоровых и фаянсовых глазурей, как то: полевой шпат, кварц, каолин, углекислые кальций и магний, борная кислота. В зависимости от относительных количеств этих материалов получаются смеси, плавящиеся при различных $t°$. Приготовляются З. к. по возможности из чистых материалов, к-рые д. б. предварительно тонко измолоты и тщательно смешаны между собой. Смеси затворяются водой, к к-рой для связи прибавляется какой-либо органическ. клей, напр. трагант. Полученные массы формуются в металлич. формах и высушиваются. На каждом пироскопе выдавливается свой номер, которому соответствует определенная $t°_{пл.}$, согласно таблице плавкости З. к. Нумерация пироскопов, составленных в свое время Зегером, начиналась с № 1, которому соответствовала $t°_{пл.}$ 1150°, и оканчивалась № 36 с $t°_{пл.}$ 1 850°; интервал между двумя последующими №№ равнялся 20°. Впоследствии Крамер (Cramer) и Гехт (Hecht) составили пироскопы для более низких $t°$ с номерами от 01 до 022, которым отвечали $t°_{пл.}$ соответственно от 1 130 (№ 01) до 590° (№ 022). Постепенное от номера к номеру изменение состава массы пироскопов достаточно ясно выражается в изменении структурных (зегеровских) ф-л, соответствующих этим составам. Так, для №№ 4, 5, 6, 7 соответственные ф-лы состава были следующие:

№ 4 . . . . . $\left.\begin{matrix}0{,}3\ K_2O\\0{,}7\ CaO\end{matrix}\right\}\ 0{,}5\ Al_2O_3 \cdot 4\ SiO_2$

№ 5 . . . . . $\left.\begin{matrix}0{,}3\ K_2O\\0{,}7\ CaO\end{matrix}\right\}\ 0{,}5\ Al_2O_3 \cdot 5\ SiO_2$

№ 6 . . . . . $\left.\begin{matrix}0{,}3\ K_2O\\0{,}7\ CaO\end{matrix}\right\}\ 0{,}6\ Al_2O_3 \cdot 6\ SiO_2$

№ 7 . . . . . $\left.\begin{matrix}0{,}3\ K_2O\\0{,}7\ CaO\end{matrix}\right\}\ 0{,}7\ Al_2O_3 \cdot 7\ SiO_2$

До пироскопа № 27 включительно постепенное повышение плавления достигалось увеличением в составе молекул глинозема (Al_2O_3) и кремнезема (SiO_2), при неизменном составе основных окисей (K_2O, CaO). Пироскоп № 28 имел состав ф-лы: $Al_2O_3 \cdot 10\ SiO_2$, т. е. состоял только из глинозема и кремнезема. Пироскопы №№ 35 и 36 имели один и тот же химич. состав, а именно: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, но для приготовления № 35 брался чистый каолин, для № 36—шиферная огнеупорная глина. Для получения пироскопов с низшими $t°_{пл.}$ (№№ 3, 2, 1) в состав указанных элементов вводилась еще окись железа (Fe_2O_3), которая в составе № 4 пироскопа замещала часть глинозема. Для получения еще более плавких номеров (01 до 022) в состав пироскопов вводились борный ангидрид и окись свинца. Практика пользования З. к. вызвала впоследствии необходимость некоторых изменений и поправок в составах пироскопов и в соответствующей им таблице плавкости. Прежде всего обнаружилось, что $t°_{пл.}$ пироскопов, соответствующих №№ 20 и 26, настолько близки между собою, что совершенно отпадала необходимость в промежуточных между ними составах. Затем состав ряда пироскопов изменился в сторону упрощения, с удалением из состава окисей железа и свинца; наконец, скала пироскопов была увеличена значительно более тугоплавкими номерами, до № 42 включительно. Последний состоит из чистого глинозема (Al_2O_3) с $t°_{пл.}$ в 2 000°.

Темп-ры плавления З. к. приведены ниже:

№№	022	021	020	019	018	017
$t°_{пл.}$	600°	650°	670°	690°	710°	730°
№№	016	015a	014a	013a	012a	011a
$t°_{пл.}$	750°	790°	815°	835°	855°	880°
№№	010a	09a	08a	07a	06a	05a
$t°_{пл.}$	900°	920°	940°	960°	980°	1 000°
№№	04a	03a	02a	01a	1a	2a
$t°_{пл.}$	1 020°	1 040°	1 060°	1 080°	1 100°	1 120°
№№	3a	4a	5a	6a	7	8
$t°_{пл.}$	1 140°	1 160°	1 180°	1 200°	1 230°	1 250°
№№	9	10	11	12	13	14
$t°_{пл.}$	1 280°	1 300°	1 320°	1 350°	1 380°	1 410°
№№	15	16	17	18	19	20
$t°_{пл.}$	1 435°	1 460°	1 480°	1 500°	1 520°	1 530°
№№	26	27	28	29	30	31
$t°_{пл.}$	1 580°	1 610°	1 630°	1 650°	1 670°	1 690°
№№	32	33	34	35	36	37
$t°_{пл.}$	1 710°	1 730°	1 750°	1 770°	1 790°	1 825°
№№	38	39	40	41	42	
$t°_{пл.}$	1 850°	1 880°	1 920°	1 960°	2 000°	

При помощи З. к. представляется возможным определять $t°$, достигаемые в заводских печах, но с помощью их нельзя наблюдать $t°$-ные колебания. Моментом достижения $t°$, соответствующей данному номеру пироскопа, считается такое состояние расплавления пироскопа, когда он, сгибаясь, коснется своей вершиной основания, на к-ром поставлен в печь (из фиг. видно, что $t°$ в печи соответствует З. к. № 8). Для правильного учета этого момента необходимо предохранять стоящие в печи пироскопы от непосредственного действия языков пламени. Вследствие этого предпочтительнее помещать пироскопы в печь, укрепляя их на шамотной огнеупорной пластинке и закрывая от непосредственного действия пламени шамотным капсюлем. З. к. изготовляются Берлинской фарфоровой мануфактурой. В СССР подобные же пироскопы изготовляет Государственный фарфоровый з-д им. М. В. Ломоносова в Ленинграде. Нумерация пироскопов Ленинградского з-да отличается от берлинской тем, что в ней нет пропуска номеров после № 20. Т. о., № 21 русской нумерации соответствует № 26 немецкой, и в дальнейшем русская шкала идет без перерыва, заканчиваясь № 37, соответствующим № 42 немецкой шкалы.



Лит.: Будников П., Керамическая технология, Харьков, 1927; Kerl B., Handb. d. gesamten Tonwarenindustrie, 3 Aufl., Brschw., 1907; Searle A. B., Refractory Materials, L., 1924. **П. Философов.**

ЗЕЙГЕРОВАНИЕ, см. *Ликвация.*

ЗЕЛЕНОЕ УДОБРЕНИЕ, см. *Удобрение.*

ЗЕМЛЕДЕЛИЯ СИСТЕМЫ, агротехнич. мероприятия, стремящиеся обеспечить непрерывный продуктивный рост плодородия почвы или ее производительности. З. с. лишь постольку касается экономич. факторов, поскольку от нее зависит регулирование технич. условий, определяющих производительность труда в сел. хозяйстве как в производстве. Поэтому З. с. нельзя смешивать с экономич. понятиями системы хозяйства, системы полеводства или с отдель-

ными мероприятиями. З. с. представляет систему технич. мероприятий, охватывающих все производство, и только на базе З. с. в сел. хозяйстве м. б. развернуты все остальные мероприятия всех порядков.

Роль, значение и сущность З. с. могут быть выяснены только путем хотя бы краткого анализа элементов всего с.-х. производства. Сел. хозяйство снабжает человечество единственным и незаменимым источником энергии жизнедеятельности—пищей, а также материалом для сокращения траты энергии—текстильным и в значительной мере строительным и топливным материалами. Очевидно, что непрерывность роста численности человечества и возрастающая интенсивность его жизнедеятельности определяют требование прогрессивности возрастания продукции с. х. Ясно, что основное свойство продукции с. х., определяющее ее значение как незаменимого продукта всеобщего потребления, придает важное значение стоимости этого продукта или, другими словами, количеству труда, воплощенному в его весовую единицу, ставя на первое место вопрос производительности труда в с. х. Задача сел. хозяйства—преобразование кинетической энергии света солнечных лучей в потенциальную энергию химич. сродства органич. вещества. Эта работа м. б. произведена только зелеными растениями. При посредстве своего пигмента—хлорофила растение образует безазотное органич. вещество, и энергией для этой работы служит тепло солнечных лучей. Особенность основной машины с. х.— зеленого растения — та, что она сама себя создает в процессе работы и она же является и продуктом производства. Созидание машины-продукта, состоящей из органич. вещества, очевидно, требует элементов, его слагающих и носящих название пищи растений. Пища в виде простых минеральных соединений—углекислоты, воды и калийных, известковых, магнезиальных и железных солей фосфорной, серной и азотной кислот—усвоивается растениями частью из атмосферы, частью из почвы в виде растворов. При посредстве хлорофила растения образуют только безазотное органическое вещество, между тем как в состав растений входят и азотсодержащие вещества, например белки, составляющие одну из наиболее ценных частей продукции сел. хозяйства. Работа преобразования безазотных веществ в азотсодержащие, производимая теми же растениями, требует затраты энергии. Растение получает эту энергию разрушением путем дыхания части органич. безазотного вещества, им же созданного, при чем это количество разрушаемого продукта равно ~ 50% количества созданного. При работе созидания азотсодержащего вещества освобождается большое количество тепла, а т. к. растение может работать при определенных термодинамических условиях, то его рабочая ассимилирующая поверхность является в то же время и транспирационной, беспрерывно охлаждающей рабочую поверхность испарением воды. Испарение воды листьями вызывает поступление новой через корни из почвы, откуда притекают и растворенные в воде питательные вещества, служащие одновременно и для поддержания динамич. условий работы—осмотич. давления. Т. о., определяются четыре строго равнозначимых условия работы, или фактора жизни, основной машины сел. хозяйства: 1) свет—первичный материал, 2) тепло — первичная энергия; 3) пища растений — подсобный материал и 4) вода—регулятор термодинамич. условий.

Так как продукт с. х. является частью самой машины с. х., то это определяет малую производительность этих машин, выражающуюся в том, что основной цех производства, растениеводство, выпускает лишь 25% всей своей продукции в форме рыночного продукта—товара; 75% продукции выходит из производства в форме нерыночных продуктов—соломы, мякины, ботвы, корней и т. д. Количество труда, затраченного на производство весовой единицы нерыночного продукта, в точности равно тому количеству, к-рое затрачено на производство такой же единицы товарной продукции. Очевидно, что при существовании одного лишь цеха растениеводства производительность труда в нем была бы всего 25%, а если отнести количество труда к количеству поглощенной световой энергии, то всего лишь 12,5%. Поэтому в состав сел. хозяйства как неразрывная часть входит второй цех—животноводство, перерабатывающий нерыночные продукты растениеводства в ценные рыночные продукты животноводства и в работу живых двигателей. Живая машина цеха животноводства обладает теми же производственными особенностями, как и растение: ее первичный материал служит одновременно и источником энергии для работы, и продукт составляет часть самой машины. Результат приблизительно тот же: 75% всей продукции получается в виде нерыночного продукта—навоза. Помимо того, что навоз воплощает в себе массу непроизводительного труда, он представляет собою серьезный антигигиенический элемент производства. Все входящее в состав навоза количество золы и азота составляет пищу растений, происшедшую в конечном счете из той почвы, на которой ранее выросли другие растения, послужившие для его образования. Разрушение при посредстве микроорганизмов почвы органического вещества навоза, в состав которого входят и элементы пищи растений и пожнивных остатков, остающихся в почве и недоступных животноводству, составляет задачу третьего цеха с. х.—земледелия, в задачу которого входит и обеспечение культурных растений водой. Три цеха с. х.—растениеводство, животноводство и земледелие—представляют замкнутый круг превращения энергии и различных форм материи. Соотношение между этими тремя цехами регулируется одним общим законом всякого производства—законом равнозначимости всех элементов процесса. Затухание любого из цехов немедленно придает ему значение фактора, вызывающего прогрессивное уменьшение производительности труда в производстве.

Факторы работы зеленых растений цеха растениеводства делятся на две группы: 1) энергетические—космического происхождения: свет и тепло и 2) материальные—

земного происхождения: вода и пища растений. Обе группы занимают резко отличное положение в производстве. Космич. факторы почти не подчиняются прямой регуляции их в производстве; лишь до известной степени это достигается в огородничестве при тепличном производстве и в цветоводстве; в с. х. возможно только косвенное влияние путем приспособления растений селекцией и акклиматизацией. Космические факторы притекают ритмически равномерно ко всей территории производства и практически не м. б. локализированы в какие бы то ни было центры. Этим определяется еще одно отличие с. х. от всех других производств: живые машины цеха растениеводства д. б. равномерно распределены по всей территории производства. Земные факторы — вода и пища растений,—наоборот, распределяются в закономерной неравномерности по той же территории. В своем геологическом круговороте вода притекает к поверхности территории равномерно, но, повинуясь силе тяжести, стремится в виде почвенной воды стекать с повышений рельефа в понижения. Понижения получают поэтому, кроме атмосферной воды, и возрастающее по мере понижения количество почвенной воды. Т. к. проникновение воды вертикально вниз ограничено известной глубиной, то движение все прибывающего количества почвенной воды по уклону приобретает значение прогрессивного замедления, что влечет за собой увеличение абсолютного количества почвенной воды и повышение ее уровня в понижениях рельефа. Т. к. пища растений растворима в воде, то, очевидно, распределение количества пищи по рельефу территории подчиняется той же закономерности. Поэтому вся территория производства делится на три, приблизительно равные по величине, категории угодий: 1) водоразделы с малым и прерывчатым содержанием воды и пищи растений в почве, зависящим только от частоты притока атмосферной воды; это абсолютно лесные земли, на к-рых успешно произрастают только леса, не зависящие, благодаря глубоким корням, от водного и пищевого режима почвы; 2) долины с обильными и постоянными запасами воды и пищи в почве; это абсолютно луговые земли, т. к. луговые растения с мелкими корнями, широкой листовой поверхностью и продолжительным вегетационным периодом находят здесь лучшие условия жизни; 3) склоны со средними условиями влажности и содержания пищи, лучше всего отвечающими условиям полевых угодий.

Очевидно, что если все три области территории производства будут заняты однородными машинами—культурными растениями, предъявляющими одинаковые требования к количествам воды и пищи, то они смогут производительно использовать равномерный приток космич. факторов, т. е. дать нормальный урожай только на одной трети территории; две трети территории неминуемо обречены на пониженный урожай. Т. к. количество труда, к-рое необходимо вложить в обработку почвы и другие производственные работы, совершенно не зависит от величины урожая и совершенно одинаково как в случае максимального урожая, так и в случае полного неурожая, то очевидно, что труд м. б. производительно приложен только на одной трети территории. На основании этого в сельском хозяйстве организация производства есть синоним организации территории.

Задача цеха земледелия—обеспечить культурные растения водой и пищей, т. е. создать условия плодородия почвы, к-рые сводятся к одновременному и беспрерывному снабжению растений во все время их развития водой и пищей в максимальном количестве их потребности. По отношению к воде это требование сводится к созданию условий максимального проникновения атмосферной воды в массу почвы и к приданию запасу воды неподвижности, чтобы сделать его доступным только корням растений. Что касается пищи, то необходимо создать условия равномерного разрушения органич. остатков, в форме которых находится весь запас пищи в почве. Требования, предъявляемые к обработке, осуществляются путем создания комковатой структуры почвы, достигаемой системой обработки почвы.

Почва м. б. бесструктурной с равномерным залеганием всех ее частиц, все промежутки между к-рыми волосные. В такой почве движение воды совершается под влиянием разницы потенциалов влажности от горизонта большей влажности к горизонту меньшей влажности. Во время притока воды к поверхности почвы устанавливается нисходящий ток воды, скорость движения к-рого прогрессивно затухает по мере углубления, вследствие затухания разницы потенциалов влажности. При этом на поверхности почвы обособляется слой капельно-жидкой воды, которая стекает по уклону поверхности, и запас воды в бесструктурной почве, как показывает опыт, не больше 30% для летних осадков. Весенняя снеговая вода вся стекает с бесструктурной почвы вследствие того, что волосные промежутки ее все заполнены водой, благодаря сгущению паров воды, поступающих из нижних незамерзающих слоев почвы в поверхностные, охлажденные ниже 0°. Проникшая в бесструктурную почву вода, как только прекращается смачивание поверхности и начинается ее высыхание, устремляется всей своей массой восходящим током к испаряющей поверхности. Восходящее движение—равномерное или ускоренное, так как разница потенциалов влажности беспрерывно поддерживается испарением. Пищевой режим бесструктурной почвы также неблагоприятен. Когда в такой почве много воды, в ней мало воздуха, и органич. вещество сохраняется в анаэробной обстановке. У растения много воды, но нехватает пищи. Когда в бесструктурной почве мало воды, органич. вещество в ней быстро разлагается в условиях аэробиозиса, но изобилие пищи бесполезно для растений—им недостает воды, и пища бесполезно выщелачивается из почвы. Поэтому урожай на бесструктурной почве зависит только от частоты выпадения дождей; хозяйство на такой почве стихийное, и урожаи подвержены очень большим коле-

баниям вокруг невысокого среднего урожая и не гарантированы от падения до нуля.

Противоположность бесструктурной представляет комковатая, или структурная, почва. Такая почва вся разделена на комки крупностью от 3 до 10 *мм* и в природе встречается на хороших лугах, особенно заливных, и в целинных или долго непаханных черноземах. В комках все промежутки волосные, между комками промежутки частью неволосные, частью волосные, но они шире промежутков внутри комков. Вода осадков проникает в массу почвы под влиянием силы тяжести беспрепятственно в количестве100% годовых осадков. Проникшая в почву вода рассасывается по комкам, общая поверхность к-рых очень велика. Избыток воды, не поместившейся в комках, всасывается в подстилающую почву и частью движется по уклону в массе почвы; это движение очень медленное вследствие огромного сопротивления породы. После прекращения притока воды к почве поверхностный слой комков быстро высыхает. На смену испарившейся воде нового количества ее из массы почвы поступить не может вследствие разобщенности волосного сообщения между комками. Потеря воды испарением из почвы ограничивается высыханием верхнего слоя комков и равна ок. 15% осадков. Т. о., в комковатой почве 85% годовых осадков остается в исключительном распоряжении растений. Вода в комковатой почве занимает волосные промежутки, неволосные заняты воздухом и без перерыва сообщаются с атмосферой. Поэтому разложение органич. вещества совершается непрерывно, и растения на комковатой почве во все время развития имеют наибольшее количество воды и пищи. Такая почва удовлетворяет всем требованиям плодородия. Придание почве комковатой структуры составляет задачу системы обработки почвы. Обработка почвы требует очень значительной затраты энергии в виду того, что вес переворачиваемого пахотного слоя на 20 *см* глубины равен в среднем 4 000 *т* на 1 *га* и что, кроме того, приходится преодолевать сопротивление пласта скалыванию и силу трения о рабочие поверхности орудий и структурных элементов друг о друга при изгибе и скручивании пласта. Поэтому практически самым важным свойством почвы является ее прочность, т. е. способность ее комков противостоять размыву водой. Непрочные комки почвы расплываются в воде, и в этом случае при проникновении атмосферных осадков комковатая почва обращается в бесструктурную. Прочность почвы зависит от того, что частицы ее сцементированы нерастворимым в воде, упругим во влажном и хрупким в сухом состоянии цементом—*перегноем* (см.). Почва, обладающая прочностью комковатой структуры, оказывается культурной.

Во время с.-х. использования почвы она беспрерывно стремится к утрате прочности. Это зависит от механич. разрушения комков ногами людей, животных, колесами повозок, орудий, тракторов, от трения и скалывания во время работы орудий обработки и от механических ударов дождевых капель и ударов песчинок, передвигаемых ветром. Еще сильнее влияние химич. факторов. Перегной—вещество в состоянии коллоидального измельчения, и его гранулы теряют способность дисперсии—образования коллоидального раствора, способность рассеиваться в воде лишь в том случае, если они содержат в поглощенном состоянии катион двух- или многовалентного металла, каким в почве преимущественно является $Ca^{\cdot\cdot}$. Поглощенный $Ca^{\cdot\cdot}$ легко вытесняется из поглощенного состояния в порядке обменного разложения катионом одновалентных металлов $NH_4^{\cdot}$, $Na^{\cdot}$ и $K^{\cdot}$. В таком состоянии перегной приобретает способность рассеиваться в воде, образовывать коллоидальный раствор и утрачивает свойство придавать почве прочность, т. е. перегной из нерастворимого цемента (геля) обращается в растворимый клей (золь). Все атмосферные осадки всегда содержат в растворе аммиачные соли $(NH_4)_2CO_3$, NH_4NO_3 и аммиачную соль т. н. искусственной гуминовой к-ты. Поэтому, при неизбежном проникновении воды осадков в почву, $Ca^{\cdot\cdot}$, поглощенный перегноем, вытесняется $NH_4^{\cdot}$, и поверхность почвы «заплывает», освобожденные частицы почвы вымываются глубже, и образуется «корка». $Ca^{\cdot\cdot}$ легко вымывается, но не может быть вновь возвращен волосным током в верхние слои, т. к. обращается в почве в $CaCO_3$, растворимость к-рого зависит от растворенной в воде CO_2; последняя же при восходящем токе воды теряется из раствора вследствие перехода воды во все более нагретые слои почвы. Но главной причиной утраты почвой прочности является неизбежность разрушения органич. вещества почвы для питания растения, что и составляет одну из причин необходимости создания комковатой структуры почвы. Перегной—органич. вещество, богатое азотом, и так же легко разрушается аэробным процессом, как и растительные остатки. Очевидно, что в состав цеха земледелия, кроме системы обработки, должна входить и система мероприятий для восстановления беспрерывно разрушаемой прочности почвы, т. н. система восстановления плодородия почвы, или система земледелия.

Всякая З. с. должна слагаться из четырех групп мероприятий. 1) Накопление в массе почвы органич. вещества. 2) Возможно равномерное распределение органич. вещества по массе почвы, т. к. все комки д. б. равномерно прочными, иначе почва непрочных комков заилит промежутки между комками прочными, и вся масса почвы станет бесструктурной. Количество распыленной почвы, способное заполнить все неволосные промежутки между комками, равно $\sim 25\%$. Вторая причина требования равномерности распределения материала для образования перегноя заключается в том, что перегной сам может передвигаться в почве на расстояние, не превышающее нескольких *мм*. При аэробном разложении органич. вещества в почве образуется растворимая в воде аммиачная соль перегноя (гуминовой к-ты). Тотчас по проникновении в почву аммиак соли переводится процессом нитрификации в азотистую и, далее, в азотную кислоту, и перегной отлагается в форме, абсолютно нерастворимой в воде, и может образовать только

коллоидальный раствор, неспособный передвигаться по запутанной сети тонких капилляров почвы, к-рые быстро забиваются коллоидальными гранулами перегноя. 3) Постановка накопленного органич. вещества в условия медленного разложения при малом доступе кислорода; в противном случае бурное аэробное разложение разрушит и грубое органическое вещество и перегной. 4) Создание условий, дающих возможность перегною поглощать $Ca^{\cdot\cdot}$.

Известны две З. с.: п а р о в а я, выработавшаяся эмпирически в процессе развития сел. хозяйства несколько тысяч лет тому назад и по настоящее время господствующая в СССР, и т р а в о п о л ь н а я, разработанная в З. Европе и России менее ста лет тому назад на основе научных данных, применяемая в значительной части З. Европы и частично в С. Ш. А. и пользовавшаяся широким распространением в помещичьих имениях дореволюционной России.

При паровой З. с. накопление органич. вещества в почве достигается внесением навоза, нормальным количеством к-рого считается 40 *т* на 1 *га*; три четверти этого количества состоят из воды. Тот же навоз служит источником пищи для растений, и вследствие преобладания в навозе азота внесение большего количества рискованно. Навоз вносится летом, т. е., когда в почве мало воды, а следовательно, много воздуха, и запахивается, т. е. ставится в лучшие условия разложения, что необходимо в виду того, что тот же навоз служит источником пищи растений. Ради равномерности распределения оставшегося навоза и продуктов его разложения паровое поле двоится, т. е. повторяют плужную обработку, или, другими словами, еще раз возобновляют условия благоприятного разложения, в результате чего в год внесения навоза он разлагается на 60—80%. Получающееся ничтожное количество перегноя не может поглотить необходимого $Ca^{\cdot\cdot}$, т. к. вследствие значительного содержания в навозе азота образующийся при разложении навоза $NH_4^{\cdot}$ поглощается перегноем. Очевидные противоречия и несовершенства паровой системы приводят, как показал опыт всего мира, к полной утрате почвой прочности и к ее бесструктурности, т. е. к стихийности производства: урожай зависит только от частоты выпадения летн. дождей. Сел. хозяйство переходит к преимуществен., а затем и к исключительн. культуре стихийных озимых хлебов, главные периоды развития которых совпадают с природными сроками притока воды—осенью и ранней весной. Средняя урожайность падает до стихийного минимума ок. 5 *ц* на *га* с огромными и непредвидимыми колебаниями вокруг этой средней. Количество работы для обработки почвы увеличивается, т. к. с в я з н о с т ь бесструктурной почвы, т. е. ее сопротивление скалыванию, возрастает в 7—10 раз против связности структурной почвы и, кроме того, приходится вводить много излишних обработок: повторение плужной обработки, ломку посевов, бороньбу, укатывание, дискование, пропашку. Рост населения при мертвой неподвижности средней урожайности вызывает необходимость непрерывного увеличения площади распашки. Распахиваются луга, служившие базой продуктивного животноводства. Почва лугов также быстро утрачивает прочность и, вследствие положения лугов на рельефе, быстро переходит на С. в бросовые земли, на Ю.-В.— в солонцы, на Ю.—в солончаки; урожаи на этих угодьях падают еще ниже, и, наконец, испорченные угодья забрасываются. Продуктивное животноводство, лишившись зеленой кормовой базы, не может далее существовать, и остается только рабоче-навозное животноводство, существующее зимой на гуменных кормах—соломе и мякине. Такой корм м. б. без помощи сена преобразован только в тепловую энергию, и скот, поддерживающий свои жизненные отправления в течение зимы за счет своей мускульной ткани и жировой клетчатки, доходит к весне до последней степени истощения. Весной скот для пастьбы перегоняется в еще сохранившиеся водораздельные леса. В лесу скот уничтожает подрост, и скоро уничтожаются леса—природные регуляторы влажности. Водоразделы распахиваются, давая скудные урожаи. Низкие урожаи заставляют занять всю территорию производства продовольственными и фуражными хлебами с одинаковыми требованиями к факторам своей жизни. Производительность труда падает до катастрофич. размеров. В половине прошлого века все сел. хозяйство З. Европы находилось в таком положении. СССР в настоящее время в среднем близок к нему, но вследствие огромных размеров Союза трудно говорить о среднем состоянии. Более молодые в сельскохозяйственном отношении области близки к описанному положению, наиболее старые в с.-х. отношении области далеко перешагнули за этот предел.

За истекшее столетие З. Европа выработала т р а в о п о л ь н у ю З. с. Травопольная З. с. на основании закона равнозначимости охватывает в равновеликой мере все элементы с.-х. производства, потребности всех его цехов. Основное требование травопольной З. с. заключается в том, чтобы разнородная территория производства не была занята растениями с однородными требованиями, иначе не м. б. парализована основная причина непроизводительности труда в с.-х. производстве. Трем категориям территории производства—водоразделам, склонам и долинам—строго отвечают три категории растений: древесные, полевые и луговые; это три природные растительные формации, тысячелетиями выработавшиеся на основе различий элементов территории,— деревянистая, степная и луговая (Шемпер). Только деревянистая лесная растительность может производительно использовать условия водного и пищевого режимов водоразделов. Поэтому водоразделы д. б. заняты устроенными лесами с искусственным лесовозобновлением, допускающим их использование в виде пастбищ. В о д о р а з д е л ь н ы е л е с а или л е с а м е с т н о г о з н а ч е н и я имеют огромное народнохозяйственное значение, являясь единственным регулятором водного режима полей, водного режима травы, влажности климата и силы ветра; вместе с тем они разрешают кризис

древесины и представляют собою ценные пастбища.

Склоны отводятся травопольной З. с. под поля. Это—продовольственная, экспортная и хлебофуражная база производства и народного хозяйства, для к-рого поля служат частично и сырьевой базой. Долины травопольной З. с. отводятся под искусственные луга. Это—кормовая база производства, основа продуктивного животноводства, без которого неосуществима производительность труда в растениеводстве. Вместе с тем искусственные луга служат основной технич. сырьевой базой народного хозяйства. Однолетние полевые растения—члены степной растительной формации—отмирают летом, и их пожнивные остатки в сухой почве подвергаются бурному аэробному разложению, которое уничтожает их в двухнедельный срок. Они не могут накопить перегноя и требуют его разрушения для своего питания. Их культура неизбежно связана с разрушением прочности почвы и, следовательно, утратой ею условий плодородия. Для восстановления прочности почвы травопольная З. с. вводит на полях периодическую культуру растений луговой формации. Многолетние луговые злаки отмирают ежегодно с наступлением зимы со всей своей корневой системой. Остаются живыми только их подземные побеги, к-рые развиваются на следующий год, образуя новую корневую систему. Весной следующего года отмершие корни многолетних злаков разлагаются в непаханной почве при неполном доступе кислорода настолько медленно, что к осени, когда в почве откладывается новое количество мертвых корней, прошлогодние корни еще не успели разложиться. Поэтому существенным производственным свойством многолетних злаков является прогрессивное накопление ими органич. остатков в почве. Вместе с тем корни многолетних злаков разбивают всю массу почвы на комки 5—10 *мм* в диаметре, между которыми и отлагаются мертвые корни. Если такую почву вспахать поздней осенью, то, вследствие большого количества воды в почве осенью и ранней весной, аэробный процесс разложения течет очень медленно, и все комки пропитываются перегноем. Для того чтобы перегной мог поглотить $Ca^{\cdot\cdot}$, вместе с многолетним злаком высевается многолетнее бобовое, которое своими глубокими корнями усваивает вымытую из почвы известь и в своих поверхностных корнях возвращает ее в пахотный горизонт. Растениями для полевого травосеяния служат тимофеевка и красный клевер для сев. и средн. районов и житняк и желтая люцерна для Ю. и Ю.-В. Так как вследствие высокой потребности кормовых растений в воде производство сена на полях в среднем втрое менее рентабельно, чем на лугах, то продолжительность травяного поля строго ограничивается двумя годами. Моментами чрезвычайной важности для накопления перегноя является поздняя осенняя вспашка и отсутствие глубокого рыхления весной. Поэтому за травяным полем не может следовать озимый хлеб, требующий летней вспашки, и вспашка травяного поля производится исключительно плугом с предплужником, с последующей весенней обработкой деревянной волокушей, после чего поле готово для посева. За двумя годами многолетних трав следуют 6—7 лет культуры полевых растений. Растения кормовые, масличные и текстильные предъявляют большие требования к количеству воды, и их производительная культура возможна только в луговом севообороте. В полевом севообороте находят себе место все продовольственные и хлебофуражные злаки за исключением твердой пшеницы, все зерновые, бобовые и гречиха; только в полевом севообороте находят место пивоваренный ячмень, сахарная свекла и технич. картофель. Навозное удобрение в полевом севообороте применяется под любое растение, однако, предпочтительно в конце севооборота, ближе к будущему травяному полю; оно применяется во вполне перепревшем состоянии т. н. перегноя, что дает возможность сократить вывозимое количество до 10 *т* на *га*. Урожаи после правильного проведения травяного поля сразу повышаются вдвое, иногда втрое, и стихийные колебания их прекращаются. Только после обеспечения прочности почвы, а следовательно, и водного режима ее открывается путь рентабельного применения минеральных удобрений, которые на фоне паровой З. с. дают лишь технич. эффект, сопровождаемый в редких случаях высокой экономич. эффективностью. В тех же условиях достигают своего полного выражения и положительные качества селекционного посевного материала.

Луговой севооборот, неразрывный элемент травопольной З. с., представляет собою противоположность полевому. Он вводится на пониженных элементах рельефа, и здесь главное место отводится многолетним травам, к-рые в виде более или менее сложной смеси занимают место в продолжение 5—7 лет. Т. к. под многолетними травами происходит прогрессивное накопление органическ. вещества, то через 10—11 лет все промежутки между созданными ими комками оказываются сплошь заполненными уплотненными органич. остатками, и почва под ними приобретает все свойства бесструктурной. Урожаи травы падают низко и начинают сильно колебаться. Поэтому дольше 7 лет их б. ч. нельзя производительно использовать, и приходится прибегать к восстановлению плодородия почвы искусственных лугов. Утрата плодородия почвой луга происходит под влиянием причины, диаметрально противоположной той, которая приводит к тому же следствию на полевой почве. Полевая почва становится бесструктурной вследствие разрушения органич. вещества, луговая—достигает такого же состояния вследствие избыточного накопления органич. вещества. В полевой почве необходимо накопить органич. вещество, в луговой—его нужно разрушить. Это разрушение производительнее всего можно произвести культурой полевых растений. В накопленных органич. остатках содержатся все элементы зольной пищи растений и очень много азота, и одновременно почва лугового севооборота и по своему положению на рельефе и по высокой прочности обладает максимальным запасом

воды,—в ней соединяются все условия наибольшего плодородия. Поэтому после вспашки луга, производимой так же, как и в случае травяного поля, следуют 5—7 лет культуры наиболее требовательных и ценных полевых растений, после чего участок вновь залужается на прежний срок. В луговом севообороте находят лучшее место и дают наивысшие урожаи в порядке чередования: 1) все огородные растения без исключения, ягодные травянистые, лекарственные и бахчевые; это база промышленного огородничества; 2) все кормовые корнеплоды, кормовая тыква, технич. цикорий, кормовые листовые и силосные; 3) твердые пшеницы; 4) все прядильные и масличные: лен, конопля, хлопок, кенаф, кендырь, подсолнух, кунжут и т. д.; 5) кормовой ячмень и овес. Т. о., только травопольная З. с. коренным образом решает вопрос производительности труда в сельском хозяйстве.

Из всего предыдущего с очевидностью ясно, что введение травопольной З. с. неосуществимо в мелком единоличном хозяйстве; оно возможно только при крупном обобществленном коллективном хозяйстве или в совхозе, в которых одновременно возможно и наиболее благоприятное разрешение всех вопросов электрификации, механизации, машинизации, первичной переработки и стандартизации продуктов производства.

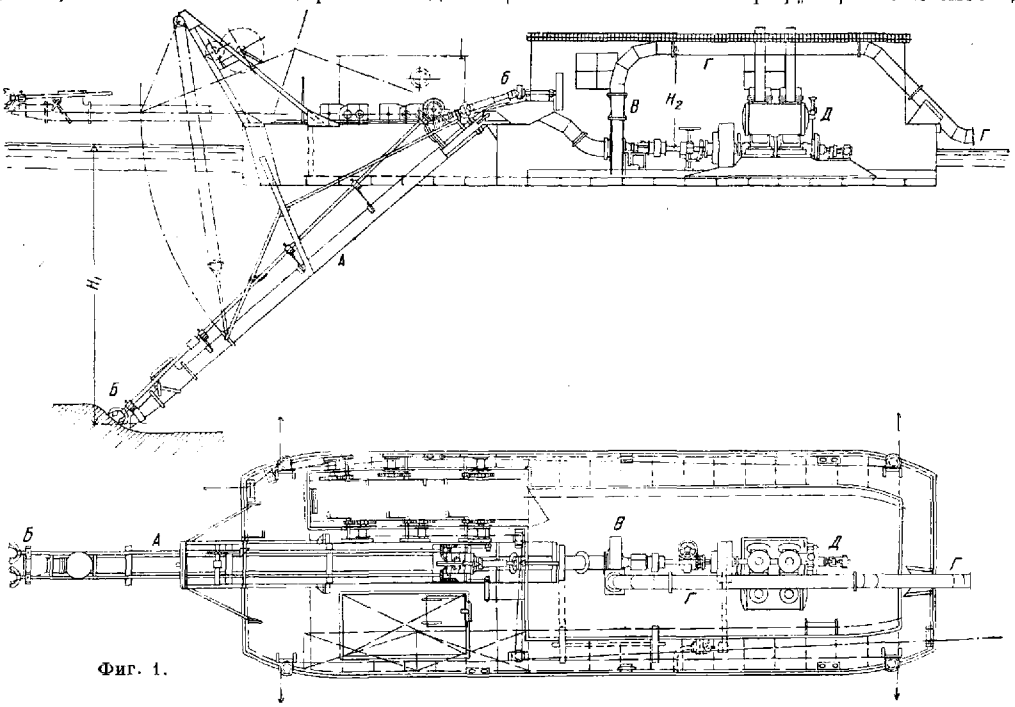
Лит.: Советов А., О системах земледелия, СПБ, 1867; Ермолов А. С., Организация полевого хозяйства. Системы земледелия и севооборота, 5 изд., СПБ, 1914; Виннер В., Общее земледелие, вып. 1, М., 1923; Вильямс В. Р., Общее земледелие с основами почвоведения, М., 1927; Hitier H., Systèmes de cultures et assolements, P., 1913; Whitney M., Soil a. Civilization, N. Y., 1925. **В. Вильямс.**

ЗЕМЛЕСОС, дноуглубительный снаряд, предназначенный для выемки легко размываемых грунтов путем всасывания их вместе с водой. Главнейшими частями З. являются (фиг. 1): 1) труба *А* (сосун), опускаемая из корпуса снаряда под воду до соприкосновения ее конца (головы) с поверхностью грунта, подлежащего удалению; 2) взрыхляющий аппарат *Б*, взрыхляющий почву у сосуна; 3) центробежный насос *В*, при помощи которого происходит всасывание; 4) силовая установка *Д* (двигатель внутреннего сгорания или паровая машина) для приведения в действие насоса. При работе взрыхляющий аппарат взрыхляет почву, а насос всасывает через сосун воду, которая при своем движении вблизи головы сосуна взмучивает грунт и захватывает и уносит в трубу взмученные частицы. Всосанная смесь грунта и воды проходит по трубе *А* через насос *В* в выкидную трубу *Г-Г*. Обычный состав смеси: 4—6 ч. воды на 1 ч. грунта. Сосунов на З. ставят от 1 до 6 и располагают их в специальном прорезе корпуса З., на одном или обоих бортах корпуса, или спереди корпуса. В последнее время начинают получать распространение т. н. хоботовые сосуны, располагаемые в носовой части снаряда и могущие вращаться вокруг оси, перпендикулярной к оси корпуса З. При работе такой сосун медленно поворачивается в ту и другую сторону от оси корпуса на углы, близкие к 90°, и прорабатывает прорезь шириной, соответствующей диаметру круга вращения внешнего края головки сосуна. Непосредственное взмучивание и всасывание грунта без применения каких-либо специальных приспособлений происходит при скоростях воды у входа в сосун ≥ 2 *м/сек* и возможно только при работе в легких грунтах (илистых, песчаных). При более тяжелых грунтах необходимо применение специальных устройств, при помощи к-рых разрыхляется подлежащий удалению грунт (З. с разрыхлителями). По назначению З. можно разделить на З. морского и речного типов. Морские отличаются от речных большею производительностью и более сильными креплениями корпуса. Часовая производительность морских З. достигает 6 000 $м^3$, речных—1 500 $м^3$. В зависимости от характера рабочих перемещений З. можно разделить на две группы: папильонажные и траншейные. Папильонажные З. имеют рабочие перемещения перпендикулярно оси корпуса, траншейные—параллельно оси корпуса.

Главнейшими характеристиками работы З. являются: 1) способ отделения грунта от ложа потока или бассейна; 2) наибольшая высота всасывания—расстояние от нижнего конца сосуна до оси всасывающего насоса; 3) наибольшая высота подъема грунта—расстояние от оси всасывающего насоса до наивысшей точки подъема рабочей смеси; 4) способ отвода смеси от снаряда.

Отделение грунта от ложа потока или бассейна может осуществляться непосредственным всасыванием (при работе на легких грунтах) или же путем применения специальных разрыхлителей. Разрыхлители по принципу действия разделяются на механические и гидравлические. Механические разрыхлители имеют какое-либо режущее приспособление, расположенное близ головки сосуна, приводимое во вращение и взрезающее грунт в сфере всасывающего действия сосуна. Различают разрыхлители в форме резаков и ножей, взрезающих грунт, в форме фрезеров (фиг. 2) и пр. В виду весьма тяжелых условий работы разрыхлителей их конструируют т. о., чтобы режущие части их были легко и просто заменимы, т. к. при работе нередки поломки от попадающихся в грунте камней, карчей и пр. Механич. разрыхлители приводятся в действие или от главных или от отдельных специальн. машин. Расход энергии на приведение в действие разрыхлителей зависит от рода грунта и колеблется от 30 до 100% от мощности главных машин. Механические разрыхлители совершают от 8 до 120 об/м. Гидравлич. грунторазрыхление заключается в создании сильных, действующих под большим давлением, струй воды, к-рые размывают грунт в сфере работы сосуна. Наиболее распространенный тип представлен на фиг. 3. Разрыхлитель состоит из полого кольца, облегающего головку сосуна, с рядом насадок с конич. отверстиями, направленными к поверхности подлежащего размыву грунта. Во время работы сосуна из отверстий с силой вырываются струи воды (под давлением до 20 *atm*), подводимой по трубам в полость кольца от специального насоса. Этими струями грунт размывается и поступает с водой в сосун. В последнее время гидравлич. разрыхлители почти не приме-

няются вследствие неудовлетворительной их работы в тяжелых грунтах. В грунтах же легких, как показал опыт, работа ведется

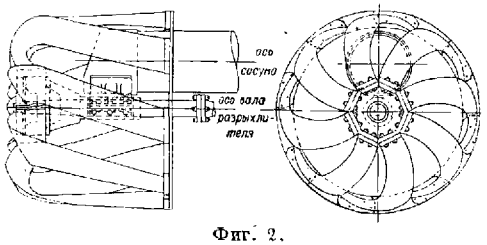


Фиг. 1.

весьма удовлетворительно и без предварительного разрыхления.

Наибольшая высота всасывания H_1 (фиг. 1) является одной из главных характеристик З., т. к., исходя из нее, выполняется конструкция сосуна и ведется подсчет мощности главных машин. В речных условиях высота всасывания 0÷6 *м*, в морских 0÷30 *м*.

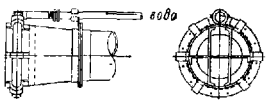
При заданной длине рефулерного трубопровода наибольшая (проектная) высота подъема смеси $H_2^{пр.}$ также является одной из основных определяющих величин при расчетах мощности главных машин З. Если обозначим через $H_2^{пр.} + H_3^{пр.}$ высоту, или напор, соответствующий потерям на заданных высоте подъема и длине рефулирования грунта (расчетные), то для данного З., при



Фиг. 2.

данной глубине всасывания, величины слагаемых H_2 и H_3 м. б. изменяемы в широких пределах при условии, чтобы сумма их оставалась постоянной.

Отвод смеси грунта и воды от З. через патрубок *Г* (фиг. 1) обычно производится на известное расстояние от снаряда, чтобы не засорять прорези. Отвод грунта может производиться или при помощи шаланд или при помощи так наз. рефулерного трубопровода. Наиболее распространенным способом является рефулирование смеси до назначенного проектом места по пловучему рефулерному трубопроводу. Трубопровод может состоять из отдельных труб, положенных на суда или отмели, или специальных трубных звеньев длиной до 6,5 *м*, закрепленных на двух металлич. герметически закрытых понтонах круглой или овальной формы. Ходовые диаметры рефулерного трубопровода, зависящие от часовой производительности снаряда, колеблются в пределах 250÷800 *мм*. Отдельные части (звенья) рефулерного трубопровода соединяются между собой при помощи специальных гибких или шарнирных соединений—кожаных рукавов, заключенных в металлическ. сетку, резиновых армированных рукавов или шаровых стальных соединений. Последний род соединений является более экономичным в эксплоатации вследствие значительно большего срока службы. Однако, эти соединения тяжелее кожаных и резиновых рукавов (примерно в 20 раз) и потому требуют более крупных понтонов. При рефулировании по трубопроводу смесь испытывает сопротивление от трения о стенки труб и соединений в изгибах и коленах и проч. Эти сопротивления требуют создания излишнего напора, к-рый учитывается в расчетах как дополнительный напор H_3, величина к-рого прямо пропорциональна длине рефулерного трубопровода.



Фиг. 3.

Морские З. нередко строят со специальными помещениями в корпусе самого снаряда, в которые сливается смесь грунта и воды, поднятая сосуном. По наполнении этого

вместилища (грунтовый ящик) З. отходит от места работ и вываливает грунт на указанное в проекте работ глубокое место вне ходового фарватера. Такие З. называют грунтоотвозными. В случаях необходимости далекого отвода смеси от З. нередко рефулирование смеси производят при помощи второго З., сосун которого подводится к выводному патрубку первого рабочего З. Этим достигается значительное увеличение располагаемого напора H, а следовательно, и соответственное увеличение длины рефулирования и высоты подъема смеси.

Полный напор, к-рый необходим для нормальной работы З., можно представить в виде суммы

$$H_1 + H_2 + H_3 = H,$$

где H_1—максимальный напор, необходимый для поднятия смеси грунта и воды со дна ложа реки или бассейна, H_2—наивысший подъем грунта, измеряемый от центра насоса до наивысшей точки подъема центра струи смеси, и H_3—напор, соответствующий потерям в трубопроводах при заданной длине рефулерной трубы. Исходя из величины полного напора H, индикаторную мощность главных машин З. определяют по ф-ле:

$$N_i = \frac{\gamma \cdot q \cdot H \cdot 1\,000}{\eta \cdot 75},$$

где η—общий кпд землесосного устройства (машины, насоса, трубопровода), оцениваемый, по данным испытаний на реках СССР, в пределах 22÷30%; γ—уд. вес смеси (изменяющийся в зависимости от свойств грунтов), q—объем подаваемой смеси в $м^3/сек$.

имеют колесные или винтовые движители, приводимые в действие или от главных машин, при помощи ряда передач, или от специальной машины (фиг. 4). Несамоходные З. перемещаются обычно буксированием отдельным паро- или теплоходом. Морские З. строят обычно самоходными. Речные З. постройки последних лет все несамоходны, так как самоходные устройства утяжеляют снаряд, увеличивают его осадку и увеличивают тесноту в машинных отделениях. Кпд всех самоходных устройств на снарядах значительно ниже, чем на пароходах, вследствие специального устройства и очертания их корпусов. У морских З. корпуса по своим очертаниям весьма близки к пароходным, т. к. у этих З. обычно допускаются большие осадки; поэтому самоходные устройства там работают с б. или м. удовлетворительным эффектом. Корпуса речных З., в целях достижения меньших осадок, строят большей частью ящикообразной формы, с весьма невыгодными линиями обтекания, вследствие чего стоимость *км* пробега, в случае устройства самохода, получается нерентабельной.

Главные машины З. бывают б. ч. вертикального типа, паровые двойного или тройного расширения, непосредственно спаренные с всасывающим или рефулерным насосом. Машины строят с числом оборотов 120—300 в мин., б. ч. с поверхностной конденсацией, при чем циркуляционная вода, достигающая $t°$ 40—45°, применяется для питания котлов. В последнее время в качестве двигательной силы на З. применяют

Табл. 1.—Главнейшие данные некоторых исполненных и работающих землесосов.

Наименование снаряда и место работ	Часовая производительн. в $м^3$	Мощн. главн. машины в IP	Число об/м. гл. машины	Конденсатор	Диаметр колеса насоса в $м$	Система разрыхлителя	Мощн. машины разрыхл. в IP
Волжский 8, р. Волга . . .	1 500	700	125	Поверхн.	2,13	Система Бетс	150
Днепровский 14, р. Днепр.	400	600	180	»	1,98	Без разрыхлит.	—
Волжская 6, р. Волга. . . .	150	175	150	»	1,12	Винтов.	От главн. машины
Волжская 12, р. Волга. . .	100	80	150	Смешив.	0,61	Резцовые	30
Мерсей	6 500	2 500	150	—	2,2	Без разрыхлит.	—
Без названия, судостроит. з-да Конрад для работы в Аргентине	3 600	1 000	150	—	1,9	Без разрыхлит.	—

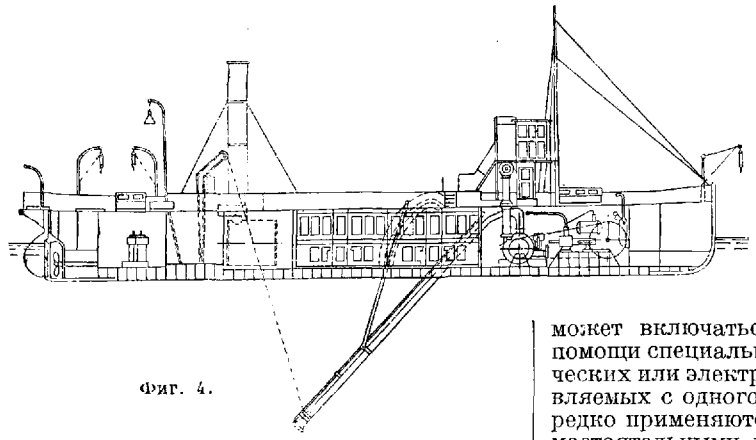
Наименование снаряда и место работ	Длина, ширина и осадка корпуса в $м$	Способ передвижения	Мощн. / Число об. машины самохода	Наибольш. опускание сосуда в $м$	Подъем грунта в конце рефулера в $м$	Длина рефулирования в $м$	Диам. в свету рефул. трубопровода в $м$
Волжский 8, р. Волга . . .	65,4×9,6×1,7	Самох.	600 / 130	5,71	5,47	322,5	0,838
Днепровский 14, р. Днепр .	38,7×7,6×1,4	Буксир.	—	8,23	3,0	300	0,60
Волжская 6, р. Волга . . .	48,5×9,1×0,93	»	—	3,0	2,13	200	0,394
Волжская 12, р. Волга . . .	42,7×9,1×1,24	»	—	5,68	2,13	256	0,362
Мерсей	142×21,03×7,01	Самох.	—	21,3	Грунтоотвозный		1,07
Без названия, судостроит. з-да Конрад для работы в Аргентине	84,5×14×4,8	»	1000 / —	14,0	»		2 трубопр. по 0,7

В табл. 1 указаны основные величины, характеризующие ряд исполненных З.

По способу перемещения З. разделяются на самоходные и несамоходные. Самоходные

двигатели внутреннего сгорания. Центробежный насос З. отличается от обыкновенного водяного центробежного насоса более прочной конструкцией крыльев, а также

специальной облицовкой тех поверхностей кожуха, к-рые находятся под ударом струй смеси. Смесь воды с грунтом, поступающая

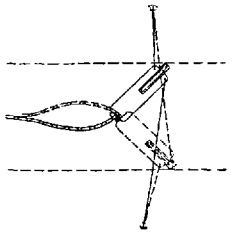


Фиг. 4.

в насос из всасывающей трубы с значительными скоростями (2—6 *м/сек*), ударяет в стенку, противоположную входному отверстию, и далее, под влиянием центробежной силы, отбрасывается к окружности кожуха с еще более значительными скоростями. Эти части кожуха чрезвычайно быстро изнашиваются, в виду чего в настоящее время обычно все они снабжаются сменной облицовкой из специальных сортов стали, хорошо сопротивляющихся изнашиванию (хромоникелевые, высокомарганцовистые стали).

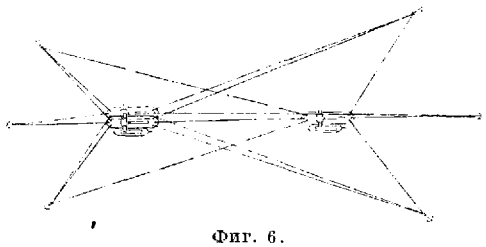
Сосуны и грунтовые трубопроводы З. изготовляются в виде стальных клепаных труб б. ч. круглого сечения, диаметром от 250 до 800 *мм* в свету, в зависимости от часовой производительности З. Размеры труб и сосуна подсчитывают, исходя из допускаемых скоростей смеси 2÷3,5 *м/сек*. Нижний конец сосуна несет на себе головку. Головке придаются весьма разнообразные формы в зависимости от способов работы З. и от его типа. Головки сосунов З. без разрыхлителя делаются в виде уширения сосуновой трубы или же в виде козырька с режущим краем. На конце ставится простая решетка из стальных полос для удержания камней, кусков дерева и других крупных предметов от попадания во всасывающую трубу. У З. с разрыхлителями форма головки зависит от расположения и системы разрыхлителей, но в общем эта форма мало отличается от вышеописанных. Чрезвычайно важное значение для работы З. имеет устройство в конце сосуна обратного клапана, к-рый при остановках З. задерживает оставшуюся в сосуне воду, вследствие чего при последующем пуске в ход не приходится производить заливку сосуна водой.

Обычно З. получают рабочие перемещения при помощи лебедок и закрепленных на якорях тросов или цепей. Лебедки имеют ручной или механический привод. Работа может производиться по двум основным схемам—папильонажем (фиг. 5) и траншеями (фиг. 6). По назначению лебедки разделяют на: 1) переднюю становую, 2) передние боковые, 3) задние боковые, 4) заднюю становую, 5) рамоподъемную, 6) для судового якоря. Путем комбинации работ лебедок З. заставляют двигаться в желаемых направлениях. Смотря по способу производства работ некоторые из этих лебедок могут отсутствовать. Лебедки бывают отдельные для каждого троса или цепи, с отдельным самостоятельным управлением, и централизованные, в которых управление передвижениями снаряда производится с одного места и барабаны тросов или цепей приводятся в движение от одного общего двигателя, при чем каждый из барабанов может включаться или выключаться при помощи специальных гидравлич., пневматических или электрических смыкателей, управляемых с одного определенного места. Нередко применяются отдельные лебедки с самостоятельными двигателями, но с централизованным управлением. Общая мощность лебедок обычно составляет 30—50% от мощности главных машин. Двигатели лебедок в большинстве случаев паровые, как наиболее легко допускающие перемену хода и изменение числа оборотов. В последнее же время появились З. с электрифицированным силовым оборудованием, в которых все механизмы как главные, так и вспомогательные работают от электромоторов, получающих энергию от центральной электрич. установки. Пока такие З. общего признания не получили, так как экономич. выгодность их, по сравнению с другими типами, является спорной.



Фиг. 5.

Стоимость извлечения З. 1 $м^3$ грунта находится в зависимости от условий работы его и от способа отделения грунта от дна (с разрыхлителем или без него). Эта стоимость находится прежде всего в прямой зависимости от H: она будет тем больше, чем глубже опускание сосуна (H_1), выше подъем



Фиг. 6.

грунта (H_2) и длиннее рефулерный трубопровод (H_3). При легких илистых и песчаных грунтах, когда работа производится без разрыхлителя, применение З. является бесспорно более выгодным, чем применение прочих типов дноуглубительных снарядов. На тяжелых глинистых и с камнями грунтах, а также на плотной печине работа З. нерациональна, а часто и невозможна, вследствие частых забоев как разрыхлительного

устройства, так и всех грунтовых трубопроводов. Стоимость одного $м^3$ вынутого песчаного или песчано-илистого грунта в современных условиях колеблется от 15 до 30 коп.

Иногда на дноуглубительных работах при различных грунтах применяются комбинированные снаряды, представляющие соединения З. с черпаковыми или резаковыми снарядами. Такие снаряды, в зависимости от грунта, позволяют применять в каждом случае наиболее экономичный и рациональный способ работы.

Для нормальной работы каждый З. снабжается соответствующим такелажем и оборудованием, к которому относятся якоря и тросы или цепи, лодки или завозни для завозки якорей. Обслуживающая З. команда состоит из двух основных штатов: штата палубной команды, во главе которой стоит командир З. или ответственный багермейстер, и штата машинной команды, во главе с механиком или машинистом. На обязанности палубной команды лежит обслуживание лебедок, завозка якорей, перекладка их и другие операции во время работы З. На обязанности машинной команды лежит обслуживание котлов, машин и механизмов, их ремонт и содержание в порядке.

Табл. 2. — Навигационные штаты землесосов, работающих на 3 (2) смены.

Наименование должностей	Часовая производительность землесосов (в $м^3$)			
	100	250	500	1 500
Палубная команда				
Командир	—	1	1	1
Ответств. багермейстер	1	—	—	—
Багермейстер	—	1	1	1
1-й пом. багермейстера	1—1*	1—1	1—1	1—1
2-й » »	2—1	1—1	1—1	1—1
3-й » »	1—1	1—1	1—1	1—1
Старшие матросы	3—2	3—2	6—4	9—6
Младшие »	12—8	18—12	21—14	30—20
Лебедчики	9—6	9—6	9—6	12—8
Кашевары	2—1	2—1	2—1	2—1
Артельщик	1—1	1—1	1—1	1—1
Водолив брандвахты	1—1	1—1	1—1	1—1
Машинная команда				
Механик	—	—	—	1
Машинист	1	1	1	—
1-й помощн. машиниста	1—1	1—1	1—1	3—2
2-й » »	2—1	2—1	2—1	3—2
Электротехник	—	—	—	1—1
1-е масленщики	1—1	1—1	3—2	5—4
2-е »	3—2	3—2	3—2	6—4
Старшие кочегары	—	—	—	3—2
Кочегары	3—2	6—4	9—6	12—8

* Первая цифра относится к случаю работы в 3 смены, вторая—в 2 смены.

Как видно из табл. 2, состав команды зависит от производительности снаряда. К команде З. обычно относят также водоливов и матросов с приписанной к З. брандвахты (для жилья команды).

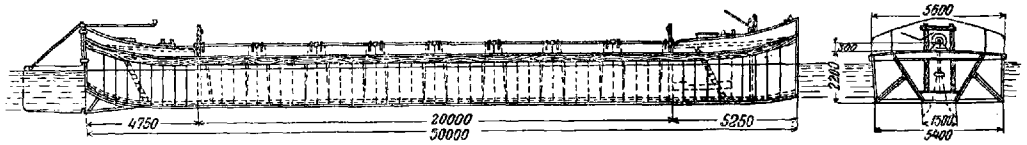
Лит.: см. *Землечерпательные снаряды.* **Н. Акулов.**

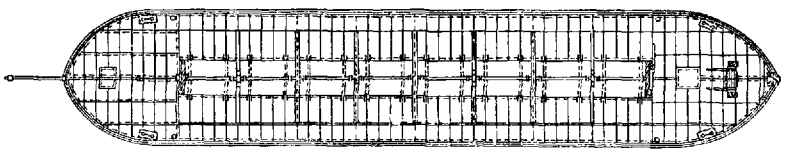
ЗЕМЛЕЧЕРПАНИЕ, один из методов улучшения судоходных условий рек и портов, заключающийся в том, что особым снарядом производится механически углубление дна в реке, где это требуется для судоходства. Первые дноуглубительные снаряды появились у нас на р. Волге в 1864 г. и особого успеха не имели: до 1893 г. на р. Волге насчитывалось всего 24 снаряда с общей производительностью 800 $м^3/ч$. Лишь с этого времени стали поступать снаряды значительной производительности (в 250 $м^3/ч$), хорошо зарекомендовавшие себя в работе, и речной дноуглубительный флот стал быстро расти. Каждый дноуглубительный снаряд представляет собою подъемную машину, установленную на судне, и должен: 1) извлекать со дна реки грунт, 2) удалять извлеченный грунт в сторону от фарватера, 3) легко перемещаться с одного места работ на другое. Главных типов дноуглубительных снарядов два: черпаковые снаряды (с одним или бо́льшим числом черпаков) и землесосы (см. *Землечерпательные снаряды* и *Землесос*).

Для отвода грунта, вычерпываемого черпаковыми снарядами, пользуются особыми судами—шаландами (фиг. 1), которые имеют в своих корпусах грунтовый ящик с откидными днищами; промежутки между стенками ящиков и бортами шаланд являются воздушными камерами, необходимыми для придания шаландам плавучести; помещения на носу и корме играют роль тех же камер. Закрытие и открытие откидных днищ совершается помощью цепей, наматываемых на барабаны, насаженные на вал, проходящий по всей длине шаланды и приводимый во вращение от лебедки. Шаланды строят с грунтовыми ящиками емкостью 20—150 $м^3$. К вспомогательным судам, обслуживающим дноуглубительн. снаряды, относятся: брандвахты, нефтянки, дровянки, угольн. гончаки, понтоны для поддержки станового троса, завозни для завозки якорей, третники для склада запасных частей и разъездные лодки.

Осуществление основной цели З.—увеличения глубины судового хода—достигается обычно при посредстве специальной организации, в ведение которой передается известное протяжение водного пути (участок, плёс) вместе с определенным количеством дноуглубительных снарядов. Для перемещения их с одного места работ на другое, а равно для обслуживания их во время работ, в соответствии с числом имеющихся снарядов и протяжением участка водного пути, назначается потребное количество пароходов, мощность которых сообразуется с характером работы, подлежащей выполнению. Непременными элементами каждой рационально поставленной землечерпательной организации являются также службы: изыскательная и оповещения (т. н. курьерская). Роль первой из этих служб заключается в заблаговременном обследовании перекатов и других затруднительных для судоходства мест данного водного пути, в съемке планов и прочих подготовительных работах, предшествующих приступу и производству З.; изыскательская партия помещается на специальном, приспособленном для жилья судне (т. н. брандвахте), которое перемещается с одного места работ на другое при помощи небольшого парохода или моторной лодки. Курьерская служба путем рейсирования на пассажирских пароходах собирает сведения о состоянии глубин на отдельных перекатах (руководствуясь вывесками на сигнальных мачтах) и оповещает о них как судоходство, так и организацию, ведающую З., для воз-

можности правильного распределения дноуглубительных снарядов по местам работ. Общее руководство дноуглубительными снарядами и изыскательск. партиями на данном участке реки осуществляется специальным лицом — заведующим З. Основные задачи

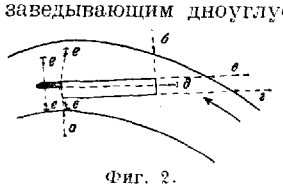




Фиг. 1.

З. сводятся к поддержанию необходимых для судоходства глубин как на судовом ходу, так и на подходах к пристаням и в затонах. Работы по углублению судового хода, дающие возможность производить перевозки грузов на данной осадке на всем протяжении участка пути, принято называть «транзитными»; работы же в затонах и пристанях, и вообще не отражающиеся на увеличении глубины сквозного пути (транзита), носят наименование «внетранзитных». Общепринятым для выполнения задания методом служит прорытие в русле реки через мелкие места, посредством землечерпательных снарядов, каналов потребных для судоходства ширины и глубины. Ширина и глубина для всех прорезей на данном участке водного пути делаются вообще одинаковыми; при этом ширина прорезей устанавливается местным управлением внутренних водных путей в зависимости от размеров плавающих на данном пути судов и способов их перемещения, а глубина назначается с таким расчетом, чтобы она, при спаде воды до самого низкого меженного уровня, оказалась на судовом ходе по прорези равной заданной (наименьшей потребной для судоходства).

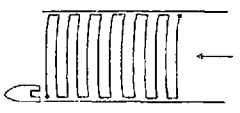
Направления прорезей назначаются на основании инструментально снятых планов заведывающим дноуглубительными работами на данном участке водного пути, сообразуясь с наилучшим сопротивлением прорези засорению наносами и возможно меньшим объемом выемки грунта. Направление и ширина намеченной по плану прорези обозначаются на месте работ посредством устанавливаемых изыскательской партией на берегах створов *а*, *б*, *в*, *г* (фиг. 2). Этими же створами руководятся и при установке дноуглубительного снаряда на месте работ. При этом снаряд устанавливают обычно черпаковой рамой (или сосуном) против течения на пяти якорях, из которых один *д* («становой») для удержания снаряда на течении завозят вперед возможно дальше по направлению прорези, а четыре остальных *е* (боковых) раскладывают по два в обе стороны, с передней и задней частей снаряда в бок от него (за пределы прорези), для перемещений снаряда по прорези в поперечном направлении.



Фиг. 2.

Для завозки якорей применяются большие устойчивые лодки, называемые завознями, которые перемещаются посредством весел, а иногда, если течение быстро, при помощи обслуживающего работы парохода. Якоря, которые укладываются в пределах судового хода, во избежание проломов о них проходящих мимо судов, употребляются исключительно однолапые; во всех же прочих случаях—чаще всего четырехлапые. Для удержания снаряда на месте и для его рабочих передвижений применяются железные цепи или стальные (оцинкованные) тросы. Тросы—легче, но соединение их в случае обрывов затруднительно; цепи—тяжелее, зато их можно легко и быстро соединять при обрывах помощью цепных замков.

Многочерпаковый снаряд для разработки какой-либо прорези должен перемещаться по становой и боковым цепям в определенной системе. При работе на реке снаряд устанавливают обыкновенно черпаками против течения к нижней границе намеченной прорези и удерживают на становом тросе. Затем черпаковую раму опускают на заданную глубину, и черпаковая цепь приводится в движение. Одновременно выбирают боковые цепи с одного борта, и снаряд передвигается всем корпусом по дуге круга, радиус к-рого равен длине станового троса. При этом черпаки будут последовательно врезаться в грунт и наполняться им. Дойдя до кромки прорези, боковые лебедки прекращают работу, и снаряд подается вперед по становой цепи. После подачи снаряда вперед выбирают боковые цепи с другого борта, и снаряд передвигается в противоположную сторону. Таким образом, во время работ снаряд описывает ряд параллельных линий (фиг. 3). Такое перемещение снаряда носит название п а п и л ь о н а ж а по сходству движения с полетом бабочки. Каждый ковш работающего снаряда совершает сложное движение: 1) он движется с черпаковой цепью по нижнему барабану, описывая дугу круга, и 2) перемещается вместе со снарядом в боковом направлении. При равномерном движении черпаковой цепи и папильонажных лебедок борозды, прорытые отдельными черпаками,



Фиг. 3.

будут параллельны друг другу и представятся с фронта в виде ряда полос, наклонен. в сторону движения снаряда. Чем быстрей папильонаж, тем больше угол наклона борозд.

При разработке определенной прорези элементами работы являются: скорость черпания (движения резака, черпака), толщина снимаемого слоя, величина подачи снаряда вперед и скорость папильонирования. Все эти элементы связаны между собой и д. б. так подобраны, чтобы при наименьшей затрате энергии производительность снаряда была использована полностью. Скорость черпания зависит от качества срезаемого грунта, его твердости и вязкости, а также от тех усилий, которые необходимо затратить на преодоление инерции срезаемого грунта. Кроме того, скорость связана с другим процессом работы—с опорожнением ковша при переходе его через верхний барабан. Для опорожнения черпака необходима затрата вполне определенного времени во избежание выпадения грунта в прорезь. По всем этим причинам практикой установлена скорость движения черпаковой цепи в 15—29 *м/мин*; соответственно этому опоражнивается в 1 мин. от 12 до 20 черпаков (для тяжелых и легких грунтов). Толщина слоя срезываемого грунта колеблется на практике в очень широких пределах. При производстве глубоких выемок черпаковая цепь при своем продвижении вперед подвергается обвалам подрезанного грунта, и дальнейшее папильонирование становится невозможным. Поэтому в тех случаях, когда глубина воды достаточна для продвижения снарядов вперед по становой цепи, рациональнее производить съемку грунта несколькими слоями меньшей толщины. Предельной теоретич. высотой снимаемого слоя, при к-рой не будет нависания грунта, можно считать величину ее, равную примерно расстоянию от центра барабана до внешней кромки черпака. Величина подачи снаряда вперед обусловливается вылетом черпака и не м. б. больше его, т. к. в противном случае врезавшиеся в грунт черпаки не могли бы быть перемещаемы в боковом направлении вследствие упора в грунт реборды нижнего барабана и черпаковой рамы. При небольшой высоте слоя срезываемого грунта, не превышающей вылета черпака, указанное препятствие не имеет места, и подача снаряда вперед м. б. сделана большей. В том случае, если одновременно в работе находятся несколько черпаков, предельная подача вперед выразится длиной шлейфа, т. е. длиной волочащейся по дну черпаковой цепи.

Предельное значение скорости папильонажа определяется конструкцией самого черпака. Черпаки работающего снаряда чертят на срезываемом грунте ряд параллельных борозд, наклоненных к вертикали под определенным углом φ, величина к-рого обусловливается скоростями движения черпака по нижнему барабану—скоростью срезывания грунта V_r и боковым перемещением снаряда по папильонажным цепям—скоростью папильонирования V_n (фиг. 4):

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{V_n}{V_r}.$$

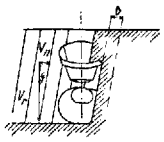
Рациональная работа требует, чтобы производительность снаряда была использована возможно полнее и в работе не было пропусков, т. е. недоработанных мест. Это последнее условие будет выполнено, если объем ленты, срезываемой черпаком, будет равен его емкости, т. е. когда

$$a \cdot b \cdot h = W,$$

где W—емкость черпака, a—длина срезываемой ленты, b—ширина и h—толщина ее; заменяя b через $\frac{V_n}{n}$, получим

$$a \cdot h \cdot V_n = W \cdot n,$$

где n—число черпаков, проходящих в минуту. При определенной глубине выемки h скорость папильонирования будет обратно пропорциональна подаче снаряда вперед по становой цепи. Практика показывает, что вопрос о наивыгоднейшем соотношении между элементами a, h и V_n разрешается в пользу возможного уменьшения скорости папильонирования и придания предельных значений остальным элементам — высоте срезаемого слоя и величине подачи снаряда вперед.



Фиг. 4.

Грунт, извлеченный дноуглубительным снарядом, в большинстве случаев не составляет непосредственной цели производства работ. Поэтому вообще он д. б. удаляем наиболее рациональным и экономически выгодным способом, при условии, чтобы он не мог попасть в вырытый канал (прорезь), быть вынесенным на фарватер или нарушать интересы прибрежных жителей. В качестве способов удаления продуктов З. техника этих работ выработала: отводку в шаландах, отводку при помощи рефулера и удаление длинными подвесными лотками (кулуарами). Для отводки грунта шаландами последние с закрытыми люками подводятся к борту снаряда и затем, по наполнении, отводятся к месту разгрузки небольшим мелкосидящим пароходом. Здесь люковые цепи отдаются, грунт падает на дно, а шаланда, освобожденная от грунта, подводится вновь к снаряду для новой нагрузки. Отводка грунта обычно производится поочередно двумя шаландами, при чем в то время, как одна нагружается грунтом, другая отводится в сторону и разгружается. Емкость и число шаланд д. б. сообразованы с производительностью снаряда и дальностью отводки грунта, чтобы простой снаряда был возможно мал. Разгрузка шаланд производится на достаточно глубоких местах с тихим течением и в стороне от судового хода, чтобы сваленный из шаланд грунт не мог быть вынесен на фарватер. Посредством шаланд можно отводить грунты всякого рода, за исключением очень жидких (ил или мелкий песок), которые утекают через щели затворов шаланд. Непременным условием отвода грунта шаландами является наличие на месте работ, в недалеком расстоянии, удобных для свалки мест с достаточной глубиной. Главный недостаток этого метода удаления грунта заключается в задержках в работе при смене шаланд и сильном влиянии на успешность работ атмосферных явлений (ветров, тумана

и т. п.). Посредством рефулера м. б. отводимы грунты, образующие с водой однообразную смесь, напр. песчаные и илистые. К рефулированию извлеченного грунта приходится прибегать в тех случаях, когда удобное для разгрузки шаланд место слишком удалено от пункта работ, а также когда извлеченный грунт необходимо бывает поднять на берег. Главный недостаток отвода грунта рефулером—ограниченность расстояния свалки грунта от края прорези, зависящая от длины рефулера, вследствие чего не предотвращен вынос грунта обратно в прорезь. Выбор стороны для свалки грунта в воду делают, сообразуясь с местными условиями работы. При свалке грунта на берег рефулером, для удержания грунта применяют ряд вспомогательных приспособлений: деревянные щиты, земляные валы, плетни и т. п. Способ отвода грунта посредством кулуара является простым и дешевым, но он не всегда допустим, т. к. дальность отвода грунта в данном случае всецело зависит от длины кулуара, а последняя не м. б. весьма значительной в виду затруднительности сохранения при этом устойчивости снаряда. Посредством кулуара можно удалять вообще весьма различные грунты, за исключением глины с камнем, при к-рых в кулуаре происходят завалы. Указанная ограниченность дальности отвода делает невозможным применение кулуаров на реках с широким и глубоким фарватером, зато они удобны при расчистке узких водных путей (например каналов), где применение других способов отвода грунта оказывается весьма затруднительным.

Лит.: Паульман М. и Блаум Р., Дноуглубительные снаряды и приспособления для их обслуживания, вып. 1, СПБ, 1913, вып. 2, СПБ, 1914; Торопов И. К., Производство речных дноуглубительных работ, «Материалы для описания русских рек и история улучшения судоходных условий», Москва, 1924, вып. 2; «Волжское землечерпание и его достижения». Сборник статей по вопросам землечерпания, под ред. проф. К. А. Акулова, Л., 1925; Акулов К. А., Брилинг Е. Р., Марцелли М. И., Курс внутренних водных сообщений, т. 1, М.—Л., 1927; Franzius O., Verkehrswasserbau, Berlin, 1927 (полная лит. до 1927 г.); Proetel H., See u. Seehafenbau, «Handbibliothek für Bauingenieure», hrsg. v. R. Otzen, T. 3, B. 2, Berlin, 1921; Krey H., Flussbau, ibid., T. 3, B. 3 (in Vorbereitung); Teubert O., Binnenschiffahrt, B. 1—2, Lpz., 1912—18; Handb. Ing., T. 3, B. 6—Der Flussbau, 5 Aufl., Lpz., 1921; Marquardt E., Die Methoden d. Flussbaues, B., 1922; Engels H., Handb. d. Wasserbaues, B. 1, Lpz., 1923. **К. Акулов.**

ЗЕМЛЕЧЕРПАТЕЛЬНЫЕ СНАРЯДЫ и машины, орудия для производства выемки и удаления значительных количеств грунта, руды, угля и т. п. Обычно З. с. применяются для крупных работ, когда работа вручную трудно выполнима, медленна или дорога. Наибольшее применение З. с. находят для дноуглубительных и портостроительных работ, в ж.-д. строительстве, на открытых разработках бурого угля, мела, мергелей, соли, гравия и т. п. (см. *Дражное дело*). В зависимости от того, находятся ли извлекаемые породы под водой или нет, землечерпательные снаряды разделяют на два типа: мокрые и сухие.

Мокрые З. с., или землечерпательницы, по способу отделения и подъема пород делятся на две группы: черпаковые, отделяющие грунт при помощи черпаков, и всасывающие, производящие отделение и подъем разжиженного водой грунта насосами (см. *Землесос*). При объединении в одном корпусе черпаковых и всасывающих органов получаются комбинированные З. с. По способу отвода грунтов мокрые З. с. делятся на три группы: лотковые—выгружающие грунты по коротким лоткам в шаланды; кулуарные—отводящие грунты по длинным желобам, трубам или конвейерам; рефулерные—транспортирующие разжиженный водой грунт по длинному плавучему трубопроводу. Наконец, эти снаряды делятся еще на морские, речные и озерные.

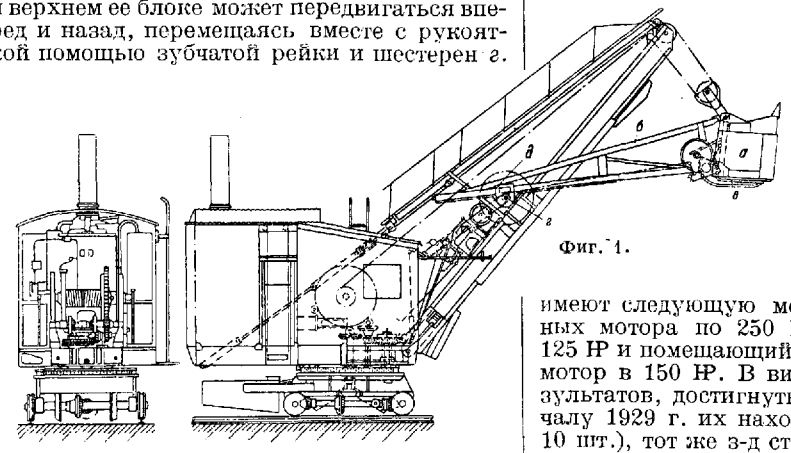
Сухие З. с. (экскаваторы) делятся на след. типы: железнодорожный, револьверный, канатный, храповой, многочерпаковый, тренчер, дренажный, универсальный, башенный и др. Дальнейшее их деление: одночерпаковые и многочерпаковые, режущие вперед и назад, высокого и низкого копания. Многочерпаковые экскаваторы делятся еще на З. с. со свободным, принудительным и смешанным ходом черпаковой цепи; кроме того, бывают З. с. бункерные и транспортерные, однопортальные и двухпортальные. Экскаваторы могут перемещаться на катках, колесах или гусеницах.

Все З. с. могут быть снабжены устройствами для сортировки и промывки грунтов, лебедками для подтаскивания подвижного состава, и т. д. Многочерпаковые З. с. применяются там, где требуется точный профиль выемки или откоса; одночерпаковые—в узких местах, при сильно меняющихся глубинах, где точный профиль значения не имеет. Производительность З. с. вообще колеблется в пределах от 10 до 10 000 $м^3/ч$, при мощности машин от 8 до 3 600 HP. В качестве силовых аггрегатов применяются: паровые двигатели, двигатели внутреннего сгорания, дизели, электромоторы. Поскольку в обоих типах (мокрые и сухие) машины и рабочие органы в общем одинаковы, принято чаще всего классифицировать З. с. по принципу работы.

I. З. с. с прерывной подачей грунтов или иных материалов характеризуются тем, что их рабочий орган (ковш, черпак, грейфер) имеет два хода—рабочий и холостой. В эту группу З. с. входит следующий ряд.

а) Одночерпаковый снаряд (фиг. 1 и 2) представляет собою поворотный кран со стрелой, установленный на тележке или на понтоне, но снабженный вместо крюка захватывающим прибором в виде черпака, ковша или грейфера. Типичный одночерпаковый сухопутный снаряд в исполнении з-да Menck & Hambrock (фиг. 1) имеет следующее устройство. Черпак *а* с острым режущим краем и зубьями жестко связан с рукояткой *б*; дно черпака *в* откидное (или отодвигаемое в сторону); рукоятка *б*, снабженная снизу зубчатыми рейками, выдвигается зубчатыми шестернями *г*, которые работают от машины; рукоятка связана со стрелой хомутом *д*, который не допускает расцепления реек и шестерен при всяком положении рукоятки. Черпак участвует в трех движениях: при вращении стрелы он описывает дугу горизонтального круга; при

неподвижн. стреле и шестернях, но при изменении длины каната описывает дугу вертикального круга; при неподвижных стреле и верхнем ее блоке может передвигаться вперед и назад, перемещаясь вместе с рукояткой помощью зубчатой рейки и шестерен *г*.

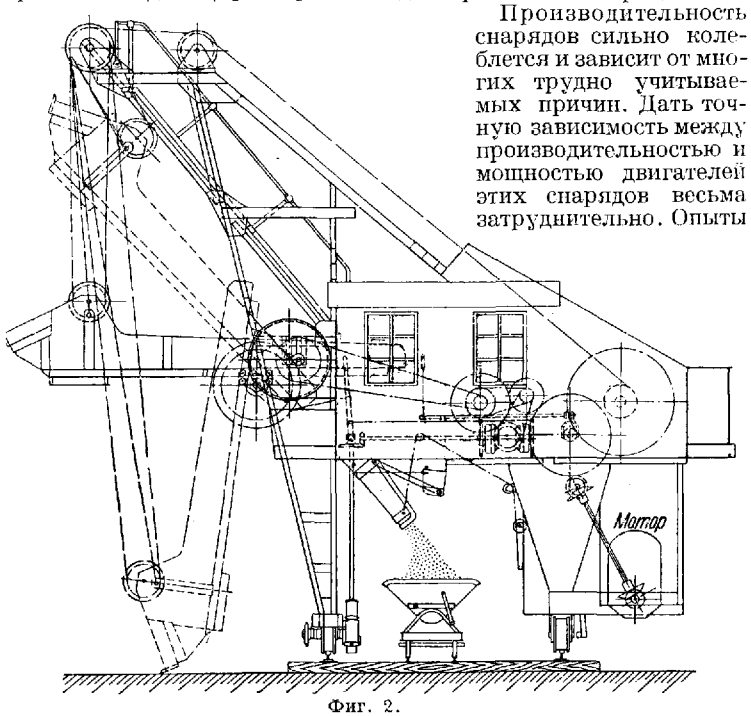


Фиг. 1.

Процесс работы таков. Черпак быстро опускается до грунта при почти вертикальном положении рукоятки, после чего комбинацией двух движений (выдвигание рукояткой и подъем тросом) снимает стружку грунта. Выдвигание рукояткой заставляет лоб черпака быть прижатым к забою. Наполненный черпак поднимается на требуемую высоту, стрела поворачивается к месту разгрузки, дно черпака открывается, и происходит разгрузка; затем следует поворот в исходное положение. Число полных циклов работы равно от 45 до 80 в час.

Для совершения указанного движения нужны 3 двигателя: подъемный—для подъема черпака, напорный—для прижатия черпака к забою, поворотный—для поворота стрелы. У крупных мокрых снарядов добавляется еще оттяжная машина—для притягивания рукоятки назад к понтону. Мелкие снаряды обходятся 1—2 двигателями при наличии передач и муфт. В качестве двигателей употребляют чаще всего сдвоенные реверсивные паровые машины; применяют также электродвигатели и двигатели внутреннего сгорания. Сухопутные одночерпаковые снаряды самоходны; мокрые же редко обладают самоходом. Снаряд со стрелой, которая поворачивается на 360°, называется револьверным (фиг. 1). Сухой снаряд с ограниченным поворотом (до 270°), при расположении поворотной части на переднем конце тележки, перемещающейся на колесном ходу по рельсам нормальной или узкой колеи, носит название железнодорожного, или стандартного.

Снаряды этой группы очень разнообразны и по производительности и по конструкции. Крупнейшая из последних конструкций — револьверный З. с. завода Marion, на гусеничном ходу, имеет емкость черпака 9,5 $м^3$, длину стрелы 30,0 *м*, длину рукоятки 18 *м*; производительность его — до 800 $м^3/ч$, вес 800 *т*. Моторы, работающие, как и во всех американских З. с., по схеме Вард - Леонарда, имеют следующую мощность: два подъемных мотора по 250 HP, два поворотных по 125 HP и помещающийся на стреле напорный мотор в 150 HP. В виду благоприятных результатов, достигнутых с этими З. с. (к началу 1929 г. их находилось в работе около 10 шт.), тот же з-д строит (1929 г.) одночерпаковый снаряд еще больших размеров, а именно—с черпаком объемом 12 $м^3$, при общем весе снаряда в 1 500 *т*. Один из мелких (1927 г.) универсальных З. с. з-да Fundom имеет емкость черпака 0,38 $м^3$, три сменные стрелы длиною 4,9, 5,5 и 9,15 *м*; производительность его до 30 $м^3/ч$, вес 14,5 *т*, гусеничный ход и газолиновый двигатель в 45 HP. Снаряд предназначен для мелких строительных работ. В табл. 1—3 приведен ряд характеристик одночерпаковых снарядов.



Фиг. 2.

Производительность снарядов сильно колеблется и зависит от многих трудно учитываемых причин. Дать точную зависимость между производительностью и мощностью двигателей этих снарядов весьма затруднительно. Опыты над револьверными снарядами (в Швеции) с электродвигателями, по данным завода Bucyrus, дали результаты, приведенные в табл. 4.

По данным завода Orenstein & Koppel, револьверный снаряд типа 8 (паровой), при подъемной (отрывающей) силе черпака в

Табл. 1. — Американский железнодорожный экскаватор завода Bucyrus (паровой).

Данные \ Тип	110 C	100 C	88 C	70 C	68 C	40 C
Емкость черпака J, $м^3$	2,7—4,6	2,7—3,8	2,3—3,1	1,9—2,3	1,9	1,1
Отрывающее усилие P, m	44,5	41,3	34,1	29,2	25,4	15,0
Средн. отношение $\frac{P}{J}$	12,2	12,7	12,7	13,9	13,4	13,6
Вес снаряда в рабоч. состоянии, m	118	102	93	79	72	43,5

Табл. 2. — Американский револьверный экскаватор завода Marion (паровой).

Данные \ Тип	225 B	175 B	150 B
Емкость черпака J, $м^3$	1,45	0,8	0,6
Отрывающее усилие P, m	35,2	27,2	19,5
Среднее отношение $\frac{P}{J}$	24,3	34	33
Вес снаряда в рабочем состоянии, m	285	194	143

Табл. 3. — Германский револьверный экскаватор з-да Demag (электрический).

Данные \ Тип	V	IV	III		
Емкость черпака J, $м^3$	3—4	2,5—3,0	1,5—2,0	0,75—1,0	0,6
Отрывающее усилие P, m	30,0	25,0	16,0	10,0	6,0
Среднее отношение $\frac{P}{J}$	8,6	9,0	9,1	11,4	10
Вес снаряда в рабоч. состоянии, m	112	84	51	38	28

Табл. 4. — Результаты испытаний двух револьверных З. с.

Расход энергии	Германск. снаряд	Америк. снаряд
Среднее потребление энергии на 1 m твердой железной руды, kWh *	0,96—1,06	0,662—0,855
Средняя мощность, kW	105,4	157—164
Максимумы в кривой нагрузки, kW	380—390	480—520

* В легких и средних грунтах на 1 m вынутого грунта расходуется 0,3—0,5 kWh.

Табл. 5. — Данные о работе револьверного землечерпательного снаряда завода Orenstein & Coppel, тип 8. *

Средняя эфф. производительность при длительной работе. $м^3/ч$	При объеме черпака, равном			
	1,5 $м^3$	1,3 $м^3$	1,0 $м^3$	0,75 $м^3$
В легких грунтах	75	70	65	50
» средних »	65	60	47	40
» тяжелых »	—	50	40	35
» особо тяжелых грунтах	—	—	30	25

* Снаряд паровой; расход угля теплотв. способности 8 000 Cal—50 ÷ 60 $кг/ч$, воды 0,5 $м^3/ч$, смазки 0,25 ÷ 0,35 $кг/ч$.

12 m, работает с производительностью 25 ÷ 75 $м^3/ч$, приводимой в табл. 5.

Последний, очень распространенный, снаряд имеет 2 двигателя: 1) напорный—сдвоенную 2-цилиндровую паровую машину; $D \times H = 140 \times 200$ $мм$, 260 об/м., мощностью 30 HP и 2) подъемный—такую же, но $D \times H = 195 \times 230$ $мм$, 300 об/м., мощностью 70 HP.

Котлы паровых одночерпаковых экскаваторов делаются обычно вертикальные, локомобильного или паровозного типа, на давление в 8—12 atm; иногда применяется перегрев пара; поверхность нагрева—0,4 ÷ 0,6 $м^2$ на 1 HP, при мощности подъемной машины 1—2,5 HP на 1 $м^3$ часовой производительности; мощность напорной машины приблизительно равна 0,5 мощности подъемной машины. Электродвигатели ставятся как постоянного, так и переменного тока.

Экскаваторы рассмотренного типа копают вперед и вверх (у высокого забоя) и разгружают грунты и иные материалы через дно черпака непосредственно в подвижной состав поезда, проходящего мимо снаряда или подаваемого к снаряду сзади; иногда разгрузка идет в особый бункер или же прямо в отведенное для свалки место (кавальер).

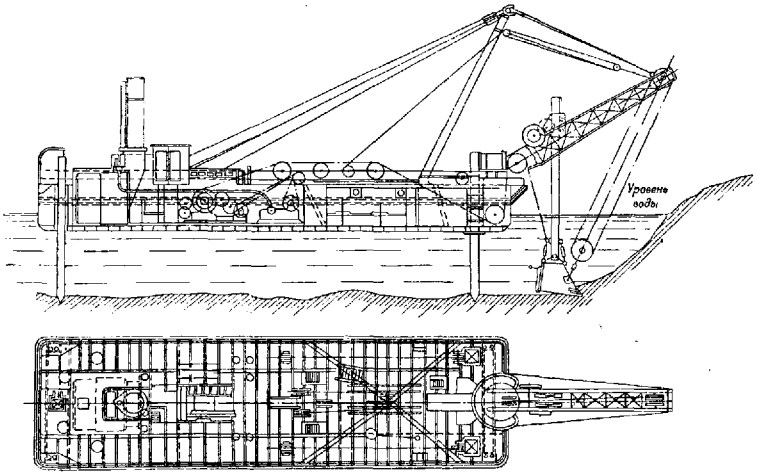
б) Одночерпаковый экскаватор-тренчер копает назад и вниз, т. е. на себя и ниже уровня, на к-ром сам стоит. Снаряд отличается от предыдущего устройством рукоятки и сочленения ее со стрелой (последнее выполнено на конце стрелы); он роет узкие глубокие траншеи (до 6 $м$ глубиной при ширине за один проход от 0,6 до 1,5 $м$). Двигатель—газолиновый, дизель или электромотор в 60—70 HP.

в) Одночерпаковый портальный снаряд, фирмы Фр. Крупп в Эссене, берет поднятый грунт на себя, в собственный бункер, через ручку черпака, сделанную в форме жолоба (фиг. 2). Этот снаряд—самоходный, обладает производительностью в 30 $м^3/ч$, при высоте копания до 8 $м$, имеет вес 15—18 m и оборудован электромотором или двигателем внутреннего сгорания; предназначается для работы на угле, гравеле, коксе и т. п.

г) Одночерпаковые мокрые снаряды отличаются от сухих установкой на понтоне (фиг. 3). Глубина черпания до 4,3 $м$; часовая производительность—95 $м^3$ в песке и 50 $м^3$ в камне; стрелу располагают в передней или в центральной части понтона. Понтон снабжен опускными якорными сваями для «прикалывания» снаряда ко дну перед началом работ. Понтон поднимается на сваях лебедками на 0,2—0,3 $м$ и закрепляется в рабочем положении тормозами. Емкость черпаков мокрых снарядов 0,3 ÷ 12 $м^3$, глубина черпания—до 14 $м$, производительность 10 ÷ 500 $м^3/ч$. Для крупных снарядов с черпаками в 4, 8 и 10 $м^3$ средняя действительная производительность может быть принимаема равной 115, 270 и 330 $м^3/ч$. Двигатели чаще всего паровые; у мелких снарядов—нефтяные и газолиновые.

д) Грейферные снаряды—мокрые и сухие—представляют собою обыкновенный поворотный кран, установленный на судне или понтоне, на тележке с гусеничным или колесным ходом, и снабженный *грейфером* (см.).

Производительность мокрых грейферных снарядов не более 60 *м*³/*ч*, сухих—до 200 *м*³/*ч*. Мощность машин—до 2 HP на 1 *м*³/*ч* производительности. Число подъемов грейфера—



Фиг. 3.

45÷80 в час. Снаряд применяется в тех случаях, когда нет равномерной работы, связанной с перемещением снаряда, при незначительной выемке, разнородном грунте, когда сильно меняется глубина, при необходимости удаления препятствий (выдергивание свай и т. п.), при значительной глубине работ, а также в тех случаях, когда кран уже имеется, а покупка специального З. с. нерентабельна. В пределах выноса стрелы снаряд работает без передвижек; производительность мало зависит от глубины выемки. Обычные скорости: поворота (отнесенная к ц. т. грейфера) $v_d = 2 \div 3$ *м/сек*; подъема $v_h = 0{,}3 \div 0{,}5$ *м/сек*; опускания $v_s = 0{,}8 \div 1{,}0$ *м/сек*. Обозначив через t_1 время (в ск.) для закрытия грейфера, t_2—время (в ск.) для открытия его, l—вынос стрелы в *м*, α—угол поворота стрелы, h—полную высоту подъема в *м*, Q *м*³/*ч*—производительность, z—число подъемов в час, η—кпд грейфера (0,7—для легкого грунта, 0,75—для очень легкого, 0,5÷0,6—для тяжелого, 0,2÷0,35—для очень тяжелого грунта), γ—удельный вес грунта, G *кг*—вес грейфера и цепей, $\eta_м$.—механический коэффициент полезного действия машины и передачи,—емкость грейфера J можно определить (по Паульману) так:

$$J = \frac{Q \cdot 1\,000}{z \cdot \eta} \text{ л};$$

число подъемов

$$z = \frac{3\,600}{t_1 + t_2 + \frac{h}{v_s} + \frac{h}{v_h} + \frac{\pi \cdot \alpha \cdot l}{180 v_d}};$$

скорость подъема

$$v_h = \frac{h}{\frac{3\,600}{z} - \left(t_1 + t_2 + \frac{h}{v_s} + \frac{\pi \cdot \alpha \cdot l}{180 v_d}\right)};$$

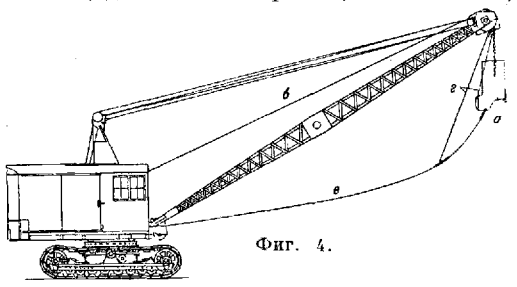
мощность машины в HP

$$N_i = \left(\frac{J \cdot \gamma \cdot \eta + G}{\eta_м \cdot 75}\right) v_h;$$

поверхность нагрева котла в *м*²

$$H = (0{,}4 \div 0{,}5) N_i.$$

е) Канатные экскаваторы (фиг. 4) имеют широкую будущность и являются опасными конкурентами для других одночерпаковых снарядов. Особенности канатных экскаваторов: большой радиус действия (13—50 *м*), увеличивающийся при умелом забрасывании черпака; свалка грунтов далеко от выемки; способность снимать грунты ниже уровня, на котором стоит снаряд; поворачиваемость на 360°. Механизм подобен крановому; черпак *а*, особой формы, поднимается тросом *б*. Для копания черпак опускают на грунт в положении, указанном на фиг. 4, и затем подтягивают тросом *в*; по наполнении черпака землей его поднимают тросом *б*, регулируя натяжение троса *в* таким образом, чтобы оттяжка *г* поддерживала черпак в горизонтальном положении. Отпуская трос *в*, производят опорожнение черпака. Нормальная емкость черпака 0,75—2,75 *м*³, вес всего З. с.—до 120 *т*, машин две: подъемная и поворотная. Чем длиннее стрела, тем емкость черпака д. б. меньше; однако, существуют образцы с черпаком 6,12 *м*³ при выносе в 45,7 *м*. Ход—колесный или гусеничный; двигатели—паровые, газолиновые,



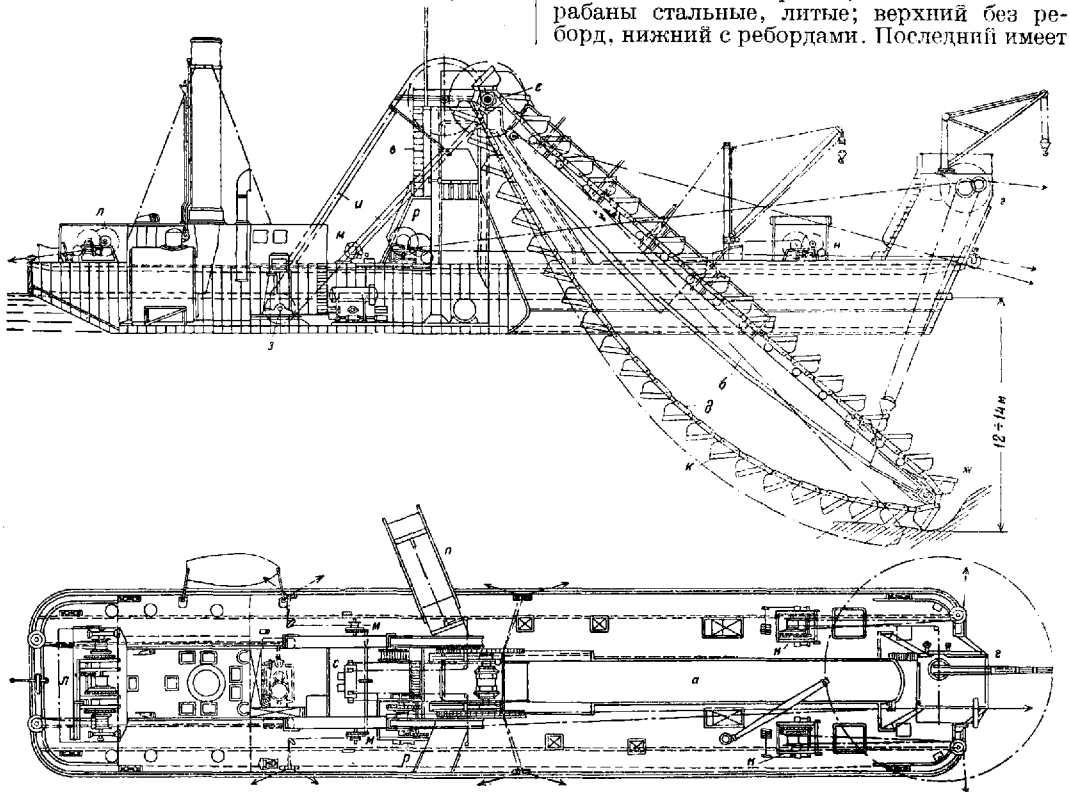
Фиг. 4.

электрические. Один из последних образцов завода Ruston & Hornsby имеет общий вес 300 *т*, черпак емкостью 6 *м*³, вынос стрелы 36,5 *м*, производительность 300 *м*³/*ч*, мощность двигателей 600 HP.

II. З. с. с непрерывной подачей грунта или иного материала бывают мокрые и сухие.

а) Многочерпаковая мокрая землечерпательница, багер-машина, или драга, представлена на фиг. 5. При малой производительности снаряд устанавливают на понтоне, при средней и большой—обычно на самоходном судовом корпусе. Корпус судна или понтона имеет прорез *а*, сквозь который проходит черпаковая рама *б*, опирающаяся одним концом на высокую башню *в*, а другим подвешенная на талях к

порталу *г*, перекрывающему прорез. Современные снаряды чаще всего имеют раму в среднем или кормовом колодце. Черпаковая бесконечная цепь *д*, перекинутая через два барабана—верхний (турус) ведущий *е* и нижний *ж*, несет 12÷50 черпаков. Верхний барабан получает движение от главной машины *з* посредством передач: ременной (*и*), зубчатой, цепной или комбинированной. При опускании нижнего конца рамы черпаки *к* врезаются в дно водоема и при движении цепи срезают пласт грунта; опрокидываясь через верхний турус, черпаки сбрасывают грунт в грунтоприемный бункер, устроенный в башне, откуда он теми или иными приспособлениями [лотками (*п*), кулуарами, рефулерами] транспортируется к месту свалки. Судно при этом непрерывно перемещается посредством сильных паровых лебедок *л*, *м*, *н* и тросов, прикрепленных к якорям (обычно 1 кормовой, 1 становой, 4 боковых), совершая т. н. п а п и л ь о н а ж. Эффективная производительность снаряда в среднем грунте обычно 350—900 *м*³/*ч*; глубина черпания 2—21 *м*. Черпаки, клепаные из толстого железа или литые из стали, имеют замкнутую форму ведра, суживающегося ко дну, со стенками, наклоненными к плоскости среза грунта под небольшим углом. Емкость черпака J =50÷1 000 (обычно около 600 *л*), вес G =50÷2 750 *кг*; отношение $\frac{J}{G} = 1 \div 0{,}36$; толщина стенок 5÷25 *мм*; режущий край, из специальной стали, делается гладкий заостренный или вооружается 3—5 зубьями. Звенья цепи стальные, литые или кованые; болты и втулки—из углеродистой или марганцовистой стали. Черпаки насаживаются через звено (1 рабочее, 1 холостое); длина звена 400÷1 000 *мм*. Верхний барабан имеет 4 или 5 граней, нижний 4—6. Барабаны стальные, литые; верхний без реборд, нижний с ребордами. Последний имеет приспособление для перемещения вдоль черпаковой рамы для натяжения цепи после износа. Черпаковая рама состоит из двух двутавровых клепаных балок, связанных креплениями; верхний конец рамы крепится на стальном валу, к-рый лежит на опорах, иногда перемещающихся, редко рессорных. Цепь поддерживается на раме роульсами. Длина рамы выбирается так, чтобы при 45°-ном наклоне ее было обеспечено черпание на заданной глубине. Передача от машины к верхнему турусу—ременная (с парой зубчатых колес) в случае быстроходных машин и зубчатая (с вертикальным валом и конич. шестернями)—при тихоходных. Полное передаточное отношение доходит до 1:12. Для защиты цепи от аварий при обвале грунта на раму или при налете черпаков на препятствие в передачу вводят гидравлич. или фрикционную муфту или одно из зубчатых колес делают с ободом на пружинах (эластическое). Грунт вываливается из черпака через передний край последнего в бункер, где распределительный клапан, управляемый вручную, лебедками или пневматическим приводом, направляет грунт на лоток, транспортер, кулуар или в рефулер. Угол наклона лотков ≥ 30°; лотки—подъемные на тросах, для возможности менять угол наклона,



Фиг. 5.

иногда поворотные в горизонтальн. плоскости. На снарядах устанавливают лебедки для папильонажа $л, м, н$, подъема рамы $р$, лотков $с$ и других работ. Лебедки ставятся обычно паровые, реверсивные, самостоятельные; групповой привод применяется редко, иногда встречаются электролебедки. Машины снаряда чаще всего паровые, вертикальные, с числом оборотов до 325 в мин.; на мелких снарядах встречаются локомобили или двигатели внутреннего сгорания. Паровые котлы чаще пароходного типа, с обратным ходом дыма; давление 8—13 atm; на больших снарядах применяют перегрев пара. Корму и нос корпуса скашивают для облегчения буксировки; осадку делают возможно большую; башню доводят до днищевых шпангоутов; стенки колодцев делают двойными; в носу и корме помещают балластные цистерны; землечерпательные снаряды этого типа делают самоходными, иногда они имеют собственные землевозные трюмы. При корпусе длиной L и наибольшей ширине B, осадке T и высоте по миделю H обычно имеют место следующие отношения: $\frac{L}{B} = 5{,}6 \div 5{,}8$; $\frac{T}{B} = 0{,}2 \div 0{,}5$; $\frac{T}{H} = 0{,}6 \div 0{,}7$; $\frac{L}{H} = 6 \div 9$. Вообще длина $L = 6 \div 50$ $м$.

Для самохода применяют гребные винты, на стороне, противоположной черпаковому устройству, или заднее гребное колесо; боковые колеса крайне редки. У крупных снарядов ходовая машина обычно самостоятельна, у более мелких—судно получает движение от главной машины.

Обычные данные этих З. с.: скорость черпаковой цепи $V = 0{,}25 \div 0{,}45$ $м/сек$; число опорожняющихся в мин. черпаков $12 \div 25$; скорость бокового перемещения снаряда при папильонаже $3 \div 6$ $м$ в минуту. Назовем емкость черпака J $м^3$, производительность снаряда Q $м^3/ч$, коэфф. наполнения черпаков η, скорость цепи v $м/мин$, длину звена l $м$, число опорожняющихся в минуту черпаков $\frac{v}{2l}$, уд. вес грунта γ_1, уд. вес воды γ_2, глубину черпания t $м$, высоту верхнего туруса над уровнем воды h $м$. Тогда (по Паульману) емкость черпака

$$J = \frac{Q}{\eta \cdot 60 \cdot \frac{v}{2l}}$$

(где $\eta = 0{,}6 \div 0{,}7$ для песка и $0{,}8 \div 0{,}9$ для ила) и мощность главной машины в HP

$$N_i = \frac{Q(\gamma_1 - \gamma_2)\, t \cdot 1000 + Q \cdot \gamma_1 \cdot h \cdot 1000}{60 \cdot 60 \cdot 75} \cdot k = \frac{Q}{270}[(\gamma_1 - \gamma_2)\, t + \gamma_1 h]\, k .$$

Здесь коэфф. k есть отношение мощности главной машины к потребной мощности на подъем от дна до туруса; значения его, по Паульману, даны в табл. 6.

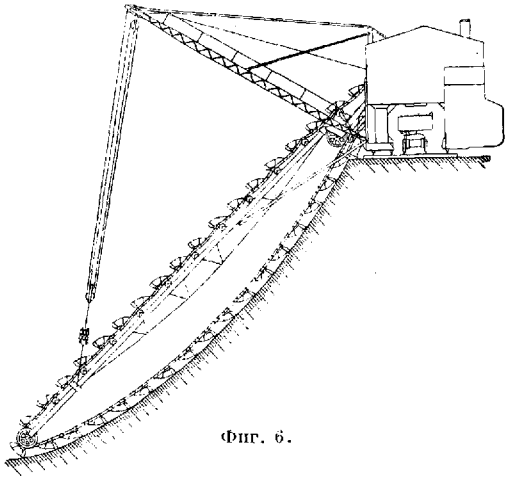
Практически часто принимают $0{,}4 \div 0{,}6$ HP на 1 $м^3/ч$ выемки. По исследованиям Жирухина, мощность машины распределяется так: 35%—на преодоление трений механизма, 25%—на отделение (резание) грунта, 40%—на подъем грунта. Во время работы мощность машин меняется в пределах от 50 до 260% от средней нормальной. Поверхность нагрева котлов, удовлетворяющая такой нагрузке, берется равной $0{,}35 \div 0{,}45$ $м^2$ на 1 HP мощности главной машины.

Табл. 6. — Значения коэффициента k для мокрых многочерпаковых землечерпательниц.

Производительность Q в $м^3/ч$	Значения коэффициента k для		
	мелкого наносного песка	крупного песка	глины, торфа, ила
До 30	—	5—7	4
» 100	6	5	4
» 300	5	4	3
Более 300	4	4—3,5	3

В состав оборудования и вооружения крупных снарядов входят: ремонтная мастерская, электрическая установка, вентиляторы, промывные приспособления, прожекторы, паровой штурвал, кранцы, кнехты, клюзы, утки, балки, шлюпки, кухня, каюты, баки и прочее. Один из крупных современных снарядов (английский, Sir William Matthews, 1925 года), приспособленный для разгрузки в открытом море, даже на волне, имеет производительность 1 000 $т/ч$, при глубине черпания 13,73 $м$.

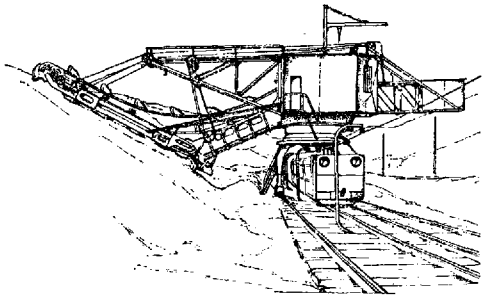
б) Многочерпаковые экскаваторы (сухие З. с.) имеют большое сходство с мокрыми землечерпательницами рассмотренного типа. Снаряд помещается на платформе или портале с колесным или гусеничным ходом и движется с рабочей скоростью 0,03—0,12 $м/сек$. Черпаковая рама—прямая или ломаная, на шарнирах—располагается сбоку (фиг. 6) или сзади, как у тренчера, для низкого или высокого копания; иногда имеются сразу две рамы—для низкого и высокого копания—обе с одной стороны снаряда



Фиг. 6.

или по одной с каждого бока. Нижний конец рамы подвешен на тросах, цепях или струнах, с буфером или без него, к неподвижной или подвижной стреле и управляется лебедкой. Вес рамы уравновешивается соответственным расположением машин, транспортеров, грунтовых бункеров и постоянным или подвижным противовесом. Большие снаряды бывают обычно неповоротные, у малых же верхнюю часть делают иногда поворотной с вращением на 360° (фиг. 7). Черпаковая цепь идет со скоростью от 0,4

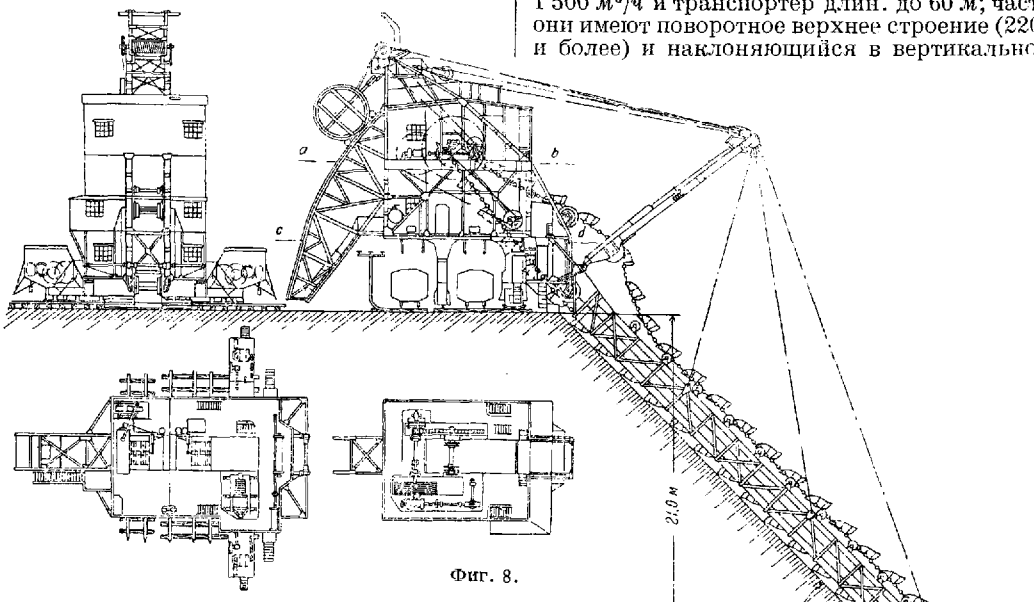
до 0,6 *м/сек*, имея ход принудительный (фиг. 8), свободный (фиг. 6) или, при коленчатой раме, иногда смешанный; черпаки режут при



Фиг. 7.

движении назад, иногда—при движении вперед. Форма черпака бывает закрытая, применяется у короткоцепных, режущих вперед снарядов, и открытая, без спинки,—у всех режущих назад (фиг. 6—8). У последних грунт высыпается через открытую заднюю сторону черпака, когда последний подходит к верхнему турусу, и перевертывается через него, в отличие от черпаков мокрых снарядов и короткоцепных с закрытыми черпаками, к-рые сбрасывают грунт через задний верхний край, опрокидываясь через верхний турус. Черпак помещается на каждом 4—12-м звене цепи, в зависимости от рода грунта. Погрузка грунта в подвижной состав происходит из бокового бункера или через портал (фиг. 6—8) или по транспортеру (фиг. 9 и 10) со сбрасывающей тележкой или без таковой. Для ориентировки в табл. 7 приведены данные снарядов завода Lübecker Maschinenbaugesellschaft Co.

Снаряд, представленный на фиг. 9, построен Путиловским з-дом, в количестве 7 шт. для Вост.-Амурской ж. д.; снаряд—паровой, производительностью в 100 $м^3/ч$, с черпаками емкостью в 100 *л*, с рамой в 14,5 *м* длины и транспортером для грунта. На фиг. 10 показан перегружающий экскаватор для перегрузки и переброски подвозимых поездами масс в насыпи высотой до 20 *м* над уровнем стояния экскаватора. Снаряды этого типа имеют производительность до 1 500 $м^3/ч$ и транспортер длин. до 60 *м*; часто они имеют поворотное верхнее строение (220° и более) и наклоняющийся в вертикальной



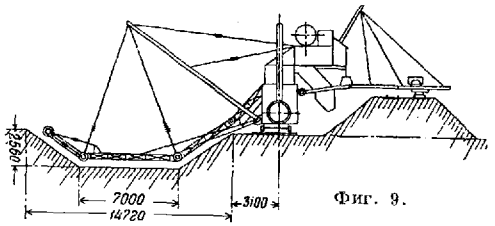
Фиг. 8.

плоскости транспортер; ход их—колесный, по 4 рельсам, при числе колес до 64 (8 тележек); в качестве движущей силы применяют

Табл. 7.—Основные данные З. с. завода Lübecker Maschinenbaugesellschaft

Данные \ Тип	B	A	O	C	F	L	Z
Теоретич. производ. в $м^3/ч$	1 000—300	270—240	210—168	150—120	90—70	55—35	30
Действит. производ. в $м^3/ч$ в легк. грунте	700—250	180	120	100	60	25	20
» средн. »	600—220	150	100	80	50	22	15
» тяжел. »	500—160	120	80	60	40	15	10
Глубина копания в *м*	22—16	10	9	8	6	5	4
Высота » » *м*	17—10	10	8	8	6	5	4
Объем черпака в *л*	500—250	180	140	100	60	40	25
Мощн. машин в IP	300—120	90—80	60—55	50—45	35—30	25—20	12—10
Поверхн. нагрева котла в $м^2$	100—47	41	27	20	15	10	7
Емкость ж.-д. вагонов в $м^3$	4—3	2,5	2	1,75—1,5	0,75	0,5	0,33
Колич. обслуж. персонала	4—3	3—2	3—2	3—2	2—1	1	1
Служебный вес в *т*	240—80	60—55	45—40	36—33	23—21	13—11	10—9

электромоторы. Грунт, подлежащий перегрузке, сваливается из ж.-д. вагонов у *а*, затем он захватывается черпаковой цепью *б*, приводимой в движение мотором *в*, и сбрасывается в бункер *г*; оттуда по ленточному транспортеру *д* грунт подается на загрузочный конец ленточного транспортера *е*.



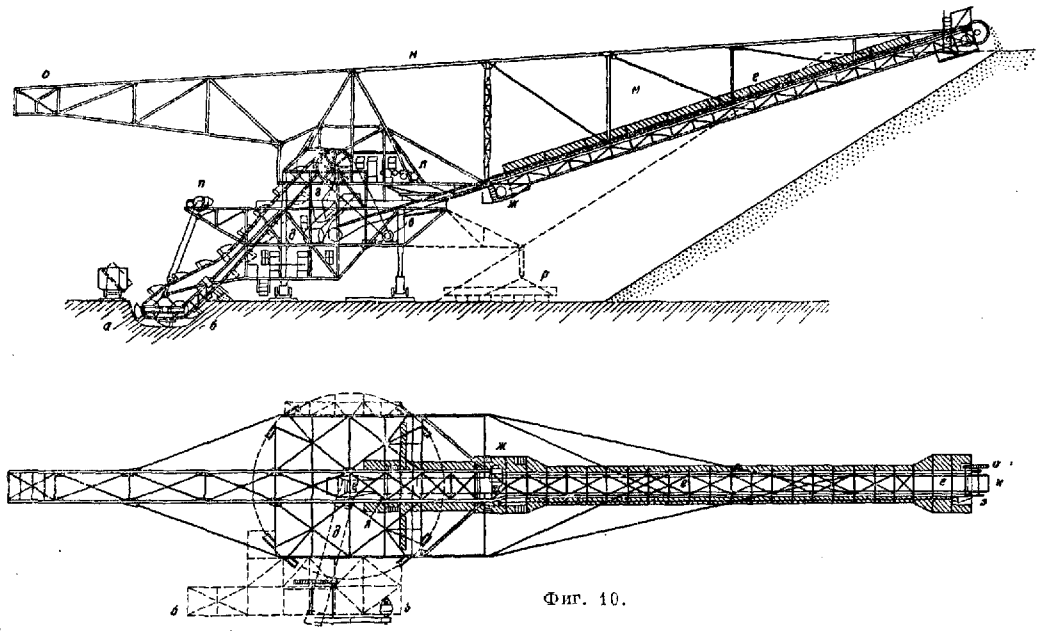
Фиг. 9.

Последний приводится в движение мотором *ж*, при чем вращение передается верхнему натяжному барабану *к* при помощи червячной передачи (у мотора), длинного вала, пары конич. *з* и цилиндрических *и* зубчатых колес. Вся верхняя часть снаряда со стрелой вращается вокруг вертикальной оси; для вращения служит мотор *л*. Наклон стрелы *м* изменяется при помощи талей *н*; вес ее уравновешивается противовесом *о* в 28 *т*.

в) *Землесосы* (см.) в качестве рабочего органа имеют сосущую трубу, через которую грунт, вместе с тройным до шестерного объемом воды, всасывается сильным центробежным насосом.

г) Комбинированные мокрые снаряды составляются из черпаковых и сосущих или из сосущих и резаковых. Такие снаряды, работая одним из своих органов, смотря по грунту и требованиям работы, отводят грунты по лоткам, кулуарам или рефулерам. Из новых конструкций интересен америк. снаряд Ronaldshay, предназначенный для прорытия русел; снаряд имеет сосуны и 6 резаков для рытья траншей шириной до 13,75 *м* и глубиной до 9,15 *м*; сосуны и резаки действуют независимо. На официальных испытаниях снаряд извлек в 40 мин. 4 100 $м^3$ грунта, что отвечает 6 150 $м^3/ч$, при чем прорыл новое русло длиной 91,5 *м*, шириной 12,2 *м* и глубиной 3,31 *м*.

Экономич. выгоды применения З. с. зависят от правильного выбора и применения этих снарядов. В практике дореволюционной России имеются следующие разработанные данные исполнительной стоимости работ З. с.: на р. Волге (в 1911—15 гг.), при многочерпаковых снарядах, средняя стоимость извлечения 1 $м^3$ грунта равнялась 29—36 к.; на р. Днепре (в 1911—15 гг.), при землесосах,—9,2 к.; на р. Свири, при одночерпаковых З. с., по каменистому грунту — 1 р. 56 к. за $м^3$. Многочерпаковые сухопутные экскаваторы за 3 года работы (группами и в одиночку) на Вост.-Амурской ж. д. показали следующую стоимость выработки: 1 р. 10 к. за $м^3$ на тяжелых глинах-липунах, 41 к.—на суглинках, 17,5 к.—в песчаных карьерах. В указанные выше стоимости введены все расходы по землечерпанию и содержанию землеотвозных средств, по ремонту, амортизации и % на капитал. Стоимость землечерпания в портах СССР по сметам НКПС, по данным «Водного транспорта»


Фиг. 10.

Для изменения глубины копания черпаковой цепи служит электрич. лебедка *п*. Изображенный пунктиром аппарат *р* служит для подгребания падающего из транспортера грунта к подножию отвала. Такие снаряды строятся заводом Ф. Круппа.

Экскаваторы рассмотренных типов строятся с паровыми машинами, электромоторами и двигателями внутреннего сгорания, часто с локомобилями; паровые котлы делаются вертикальные или локомобильного типа; передачи применяют ременные, цепные, зубчатые, реже фрикционные; нормы мощностей примерно те же, что и для мокрых многочерпаковых землечерпательных снарядов; длина рам достигает 50 *м*.

(№ 1, 1925 г.), определена: в 48,1 к. за $м^3$ для Архангельского порта, 30,9 к. для Волго-Каспийского канала и 18,5 к. для Мариупольского порта.

В Германии исполнительные стоимости, включая все расходы, до войны 1914—18 гг. составляли: 0,3 марки за 1 $м^3$ для одночерпаковых мокрых З. с., 0,25—0,30 для грейферных, 0,15—0,40 для многочерпаковых мокрых, 0,24 для землесосов, 0,09—0,12 для многочерпаковых экскаваторов.

По данным Р. Мерша, стоимость разработки 1 $т$ руд одночерпаковыми экскаваторами в Америке, согласно годовым отчетам об-в, считая все расходы, в том числе и содержание правлений, составляла (в долл.):

	1911 г.	1915 г.	1917 г.	1918 г.
Nevada Consolidated Copper Co., Ruth, Nevada .	0,346	0,335	0,736	0,929
Utah Copper Co., Bingham, Utah	0,543	0,3665	0,814	0,946

У остальных обществ стоимость близка к указанной. См. *Землесос*, *Элеваторы* и *Рефулеры*.

Лит.: Акулов К. А., Брилинг Е. Р., Марцелли М. Н., Курс внутр. водных сообщений, т. 1, отд. 3—Дноочистительные и дноуглубительные работы, М.—Л., 1927; Торопов И. К., Производство речных дноуглубит. работ, «Материалы для описания русских рек и истории улучшения их судоходных условий», М., 1924, вып. 2; Орлов В. И., Теория многочерпаковой цепи, «Труды Моск. ин-та инженеров транспорта», М., 1927, вып. 6; Испытание судов и землечерпат. снарядов на приладожских каналах в 1925 году, «Труды Научн.-техн. ком-та НКПС», М., 1926, вып. 22; Мерінг К., Речные дноуглубит. снаряды, П., 1915; Зброжек Ф. Г., Курс внутр. водяных сообщений, 3 изд., П., 1915; Лященицкий В. Е., Основы морского портостроения, П., 1919; его же, Характеристика морских дноуглубительных снарядов, П., 1919; Борман А. Н., Речные дноуглубит. снаряды, СПБ, 1903; Романовский С. С., Современные землечерпательн. снаряды и детали их устройства, СПБ, 1905; Аверин В. К., Технич. эксплоат. характеристика пароходов и землечерпательных снарядов Волжск. упр. внутр. водных путей, «Водный транспорт», М., 1925, *12*; Мерш Р., Экскаваторы и применение их при горных работах, пер. с англ., М., 1924; Добровольский В. А., Опыт оценки работ экскаваторами на постройке Вост. части Амурской ж. д., «Изв. Южно-русского об-ва технологов», Харьков, 1916, *7—12*; Беленький И., Производство работ экскаваторами на Моск. окр. ж. д., «Труды Бакинск. отдел. Русск. техн. об-ва», Баку, 1907, вып. 3; Кандауров П. Д., Производство земляных работ экскаватором на Моск. окр. ж. д., СПБ, 1907; Сурин А., Производство земляных работ экскаватором, СПБ, 1910; Подьяконов С. А., Производство массовых земляных работ вообще и разработка золотых россыпей в особенности с помощью экскаваторов, «ГиК», 1910, т. 2; Труды: а) Международных конгрессов по землечерпанию, б) Съездов инженеров-гидротехников, СПБ, 1892—1914, в) Съездов (с 1 по 16) русских деятелей по водяным путям, СПБ, 1894—1914; «Водный транспорт», М.; Hermanns H., Grösster Trockenbagger d. Welt (Lübeck), «Dingl.», 1910, p. 283; Paulmann M. u. Blaum M. R., Die Bagger u. d. Baggereihilfsgeräte, B. 1—2, B., 1923 (библиография по снарядам); Massey G. B., The Engineering of Excavation, N. Y., 1923; Bénézit M., Cours de ports et travaux maritimes, livre 3, P., 1923; «Z. d. VDI», 1929, B. 73, p. 577; «Fördertechnik u. Frachtverkehr», Wittenberg, ab 1915; «Engineer», L., 1912; «Engineering News-Record», N. Y. **В. Добровольский.**

ЗЕМЛИ, корпусные краски всех видов (масляные, акварельные, темпера и пр.), содержащие красочные пигменты мало насыщенных цветов и землистого тона. Название З. условно: иногда одна и та же краска в каталоге одной фирмы называется З., а в каталоге другой не имеет такого названия. По химич. составу З. не составляют однородной группы: к З. относятся цветные *глины* (см.), окрашенные солями железа, марганца или хрома, нек-рые соли меди и разные виды ископаемых углей. В красочную промышленность З. поступают либо в непосредственно добытом из земли виде либо химически переработанными, гл. обр. обожженными, иногда в присутствии некоторых добавочных веществ, напр. поваренной соли. З. характеризуются сдержанностью цветового тона при богатстве тонких цветовых оттенков, весьма большою стойкостью в отношении света, влаги, воздуха и нек-рых химич. агентов, сравнительной дешевизной, малой укрывистостью и малой красящей способностью. Из числа красок, носящих на рынке название З., известны: желтые—сиенская и кассельская; красные—поццуола и венецианская; коричневые—жженая зеленая, жженая сиенская, жженая итальянская, жженая веронская, жженая богемская, а также кассельская и кельнская в натуральном виде; зеленые—богемская, веронская зеленая и т. н. зеленая З.—основной нитрат меди. Дальнейшие сведения о З. см. *Краски минеральные*. **П. Флоренский.**

ЗЕМЛЯНИКА, многолетнее растение, встречается в диком и культурном состоянии, принадлежит к виду Fragaria. Ягоды З. представляют собою ложный плод, образовавшийся разрастанием выпуклого цветоложа. Известно много культурных промысловых сортов З. Размножается З. усами и семенами. Размножение семенами применяют гл. обр. при выведении новых сортов. Посадку молодых кустиков З. производят с половины июля до конца августа. З. предпочитает местоположение открытое, солнечное, а почву—легкий суглинок; хорошо возмещает удобрение (навоз, калийные соли, селитра, суперфосфат). Возобновление плантации происходит через 3—4 года. Ягоды З. находят обширный спрос: для еды в свежем виде, для приготовления варенья и консервов, в кондитерском производстве и в ягодном виноделии. Химич. состав лесной З. (Московская губ.), по Ф. В. Церевитинову: 82,7 % воды, 5,8 % инвертного сахара, 1,7 % кислот, 0,3 % дубильных веществ, 1,5 % пектина, 0,89 % золы. Состав садовой З. (сорт Виктория): 86,5 % воды, 9,6 % сахаров, 1,3 % к-т, 0,14 % дубильных веществ, 1,5 % пектина, 0,46 % золы.

Лит.: Кичунов Н., Земляника и клубника и их культура, 2 изд., СПБ, 1913. **Н. Ракицкий.**

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО, земляное основание, на к-ром помещается верхнее строение рельсового пути. З. п., образованное посредством насыпки грунта, называется насыпью; образованное посредством удаления земли—называется выемкой. В тех случаях, когда З. п. устроено на косогоре, оно м. б. расположено частью в выемке и частью в насыпи. В состав З. п. входят также: а) откосы—боковые поверхности З. п.; б) кюветы—канавы, устраиваемые в выемках около З. п. для отвода воды с полотна и откосов выемки; в) нагорные канавы, устраиваемые перед выемками, и отводные канавы—перед насыпями для отвода от них воды; г) резервы, из к-рых берется земля для образования насыпи и к-рые служат одновременно для осушения основания насыпи

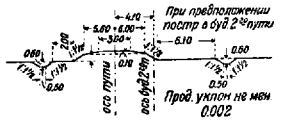
и отвода от него воды; д) насыпные бермы—площадки, устраиваемые в соответственных случаях вдоль нижних частей откосов насыпей для придания откосам большей устойчивости и для предупреждения проникновения воды к откосам и основанию насыпи; е) естественные бермы, в виде земляных полос определенной ширины, оставляемых с той же целью, что и насыпные бермы между резервом и подошвой насыпи; ж) банкеты—насыпки вдоль верхних бровок выемок с поперечным уклоном от пути для отвода дождевой воды от выемки; з) контр-банкеты—бермы, устраиваемые на косогорах вдоль нижней части откоса насыпи для большей ее устойчивости; и) кавальеры—земляные насыпи, образованные из лишней земли, вынутой при устройстве выемки, расположенные вдоль выемок и предназначенные для защиты выемок от снежных заносов (защитные валы) и для предупреждения прорыва воды с нагорной стороны к выемке. К элементам З. п. относятся также различные дренажные устройства для осушения З. п. и прилегающей к нему земляной полосы.

Насыпи должны устраиваться из надежных грунтов, по возможности однородных, не мерзлых и не изобилующих органич. веществами; следует избегать употребления грунтов, содержащих гипс, синих и серых расплывчатых глин, илистых грунтов, мелких песков, обращающихся в присутствии воды в плывуны, а также молодых торфянистых грунтов. Устройство насыпей на различного рода основаниях, на косогорах, в сырых местах, на болотах и разливах, а также способы укрепления откосов см. *Земляные работы*.

Условия устойчивости З. п. При постройке ж. д. стремятся получить ж.-д. путь без резких изменений высоты и потому размещают массы земли так, чтобы в возвышенных местах получались выемки, а грунт из них шел в пониженные места для устройства насыпей. При таком нарушении естественного быта местности новое расположение земляных масс не м. б. устойчивым, т. к. силы природы, в виде грунтовых и поверхностных вод, колебаний t° и влажности воздуха, будут стремиться привести искусственное расположение к первобытному виду. Не менее неблагоприятно влияет на устойчивость З. п. воздействие поездов в виде давления на грунт и сотрясения почвы. Для устойчивости и долговечности З. п. строители должны учесть влияние сил обеих категорий как в отношении выбора местоположения его, очертаний, способа устройства и укрепления, так и в отношении содержания и ремонта полотна. Понятно, что более глубокие выемки и высокие насыпи, при прочих равных условиях, нуждаются в более бдительном надзоре и усиленном ремонте, чем сравнительно мелкие сооружения.

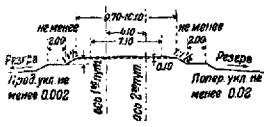
Очертания З. п. Вдоль пути глубина выемок и высота насыпей определяются для каждого места продольным профилем линии. Что касается поперечного очертания, то оно зависит от целого ряда местных условий. Главнейшее значение при этом имеют: 1) род, качество и напластование грунтов, из к-рых строится полотно, 2) обилие и направление течения поверхностных и грунтовых вод до сооружения линий и вызываемые постройкой изменения естественных условий, 3) поперечный уклон местности, 4) степень устойчивости земляных масс в районе постройки. При постройке ж. д. нередки случаи, что выбранное первоначально направление линии не может рассчитывать на достаточную прочность и устойчивость, и потому З. п. приходится переносить в более благоприятные местные условия. Если, однако, условия сооружения З. п. таковы, что нет причин опасаться сползаний или внезапных просадок слоев грунта, на к-рых основывается самое полотно, и если грунтовые и поверхностные воды не угрожают полотну размывом или разрушением, а применяемые для постройки грунты надежны, б. или м. однородны и не поддаются быстрому выветриванию, то такое полотно считают находящимся в нормальных условиях. Для таких условий установлены типы нормальных поперечных профилей полотна.

Нормальные поперечные профили З. п. Если ж. д. строится одноколейной, то насыпи и выемки устраиваются также под один путь, при чем, однако, при размещении отдельных частей полотна должна быть предусмотрена возможность удобной, без излишних затрат, постройки второго пути в будущем. Насыпи и выемки одноколейного пути на перегонах должны иметь нормальную ширину полотна по верху, в зависимости от толщины балластного слоя и принятой длины шпал, т. е. на магистралях нормального типа не менее 5,50 *м*, на магистралях облегченного типа, на пионерных дорогах и на подъездных путях—5,00 *м*, а при особо благоприятных условиях грунта—4,60 *м*. Верхней части полотна придается в середине очертание трапеции, у которой на магистралях нормального типа ширина по верху 3,00, а высота—0,10 *м*, на магистралях же облегченных, на пионерных дорогах и подъездных путях соответственно—2,70 и 0,08 *м*. При устройстве под два пути полотно д. б. по верху уширено против указан. размеров на 4,10 *м*. На фиг. 1 указано очертание насыпей малой высоты без резервов в предположении постройки в будущем второго пути правее первого (для нормальных магистралей). Соответственно этому ширина левой бермы между подошвой насыпи и бровкой кювета задана наименьшая—2,00 *м*, а правая берма оставлена шириной 6,10 *м*, с тем чтобы после присыпки на ней будущего второго пути на ширину 4,10 *м* расстояние от подошвы откоса до кювета получилось, как и слева, 2,0 *м*. На фиг. 2 приведено очертание двупутной насыпи малой высоты. Резервы должны иметь правильные уклоны в сторону от пути не менее 0,02 и вдоль пути к месту отвода воды от полотна не менее 0,002. Нормальная крутизна откосов для насыпей из обыкновенных однородных грунтов принимается в 1 (высота) : $1^1/_2$ (основание). Однако, для раз-



Фиг. 1.

личного рода грунтов полуторная крутизна откосов ограничивается определенной высотой насыпей. Свыше этого предела откосы насыпей должны уположиваться по ширине основания на $^1/_4$ высоты. Для различных грунтов установлены особые пределы по высоте насыпей как для полуторного откоса, так и для промежутков, через к-рые должно производиться уположение откосов на $^1/_4$ высоты (см. табл.).



Фиг. 2.

Крутизна откосов насыпей.

Наименование грунтов	Предельная высота верхней части насыпи, H_0 (в м)	Высота последующих частей насыпи, $H_1=H_2=H_3$ (в м)
Щебенистые	Неограниченная	—
Гравелистые, крупно- и средне-песчаные	12	10
Чистые мелкие пески и супески без примесей иловатых частиц	8	6
Суглинистые и мергелистые	7	5
Глины	6	4
Жирные глины	5	3

Таким сбразом, откосы высоких насыпей получают очертание по ломаной линии, вогнутой внутрь полотна. Для мелкопесчаных и супесчаных грунтов ломаный откос должен фактически заменяться прямым при той же ширине основания. Для прочих же приведенных в таблице грунтов ломаные откосы могут заменяться ступенчатыми (с бермами), с тем чтобы бермы имели ширину не менее



Фиг. 3.

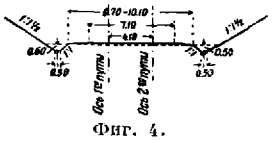
1 м и уклон в поле 0,1 и были расположены по высоте через 2—4 м. Ширина основания при этом д. б. не менее определяемой по ломаным откосам, а откосы между бермами—не круче полуторных. Поперечные очертания высоких насыпей указаны на фиг. 3. Левый откос построен применительно к данным таблицы, а правый откос—с бермами.

Резервы вдоль насыпей должны закладываться с таким расчетом, чтобы от верхнего ребра их до подошвы откоса насыпи оставалась полоса нетронутого грунта (берма), ширина которой зависит от высоты насыпи, а именно:

Высота насыпи в м	Ширина бермы a в м
До 6,00	2,00
6,00— 8,00	3,00
8,00—10,00	4,00
10,00—12,00	5,00
12,00 и более	6,00

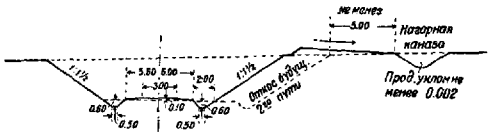
При этом для однопутного полотна на магистралях посредством уширения бермы на 4,10 м с соответствующей стороны должна быть учтена возможность устройства насыпи под второй путь. На поймах рек ширина бермы, независимо от высоты насыпи, д. б. не менее 6,00 м. Со стороны пути бровка резерва должна иметь возможно плавное очертание. Возведение насыпей должно производиться слоями, по возможности горизонтальными, на всю ширину полотна.

На фиг. 4 показан нормальный поперечный профиль выемки под 2 пути нормальной магистрали. Крутизна откосов выемок определяется свойствами и родом грунтов, в которых они возводятся. В сухих



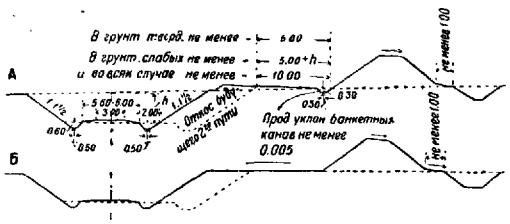
Фиг. 4.

обыкновенных грунтах нормальной крутизной откосов выемок считается полуторная. В твердых грунтах допускается бо́льшая крутизна откосов, а именно: при плотнощебеночном грунте—1 : 1, при скалистых выветривающихся породах — до 1 : 0,33 и в твердых невыветривающихся скалах—до 1 : 0,1. Если местность имеет поперечный к пути уклон, то с нагорной стороны выемка д. б. ограждена канавой достаточного сечения для отвода всего количества воды,



Фиг. 5.

которое могло бы получить доступ к полотну. На фиг. 5 указано нормальное очертание выемки без кавальера. Полоса между бровкой выемки и ребром кавальера должна быть шириною не менее 5,00 м и спланирована с уклоном в сторону нагорной канавы. На фиг. 6. приведены очертания выемки, снабженной кавальером, с банкетной канавой (А) и без нее (Б). Если полоса между откосом выемки и кавальером спланирована с уклоном в сторону последнего, то у подошвы кавальера д. б. устроена банкетная канава для отвода воды как с этой полосы, так и с внутреннего откоса кавальера. Между подошвой наружного откоса кавальера и

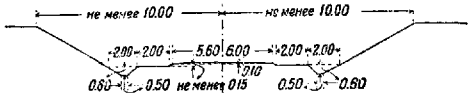


Фиг. 6.

верхним ребром нагорной канавы д. б. оставлена полка шириной не менее 1 м со скатом в канаву. В сильно заносимых снегом местах мелкие выемки глубиной менее 2,00 м должны раскрываться по типу насыпей, как представлено на фиг. 7.

Ограждение З. п. от повреждения водами. Почти при всех видах повреждений З. п. главной причиной является вода в том или ином виде. Поэтому

как при устройстве З. п., так и при поддержании его в исправности главное внимание д. б. обращено на борьбу с вредным влиянием воды. В затопляемой местности З. п. должно быть поднято выше самого высокого горизонта воды, а где развивается волнение,—не менее, чем на 0,50 *м* выше гребня волны (для пионерных дорог второстепенного значения этот подъем м. б. уменьшен до



Фиг. 7.

0,40 *м*). Для защиты ж.-д. полотна от воздействия поверхностных вод служат водоотводные сооружения—кюветы, канавы различных наименований, резервы и, в известных случаях, кавальеры. При этом ни в коем случае не должно получаться ни застоя ни подпора, к-рые позволили бы воде выйти на бровку З. п. С этою целью водоотводные сооружения должны иметь достаточные поперечные сечения и соответствующий продольный уклон. Вместе с тем полотно д. б. везде обеспечено искусственными сооружениями (мостами, трубами и пр.) достаточных отверстий для пропуска поверхностных вод с одной стороны пути на другую. Кюветы, канавы, резервы и русла должны поддерживаться в своих нормальных очертаниях путем расчистки заилений и наносов, скашивания травы и прочей растительности и немедленного исправления всяких повреждений. Особенное внимание должно обращаться на исправное поддержание бровок полотна. Всякий застой поверхностных вод в пределах З. п. должен считаться ненормальным явлением, и неотложно д. б. изысканы меры к осушению таких мест путем улучшения имеющихся водоотводов или устройства новых.

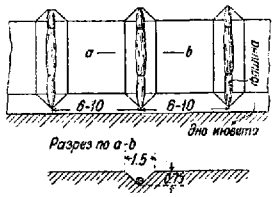
В отношении грунтовых вод должны соблюдаться следующие основные меры для обеспечения исправности и устойчивости З. п. Выходы грунтовых вод на поверхность—в виде родников, ключей и пр.—при возведении насыпей или устройстве выемок не должны засыпаться, а должны предварительно отводиться за пределы основания насыпи подземными дренами или галлереями—штольнями в зависимости от мощности. Если окажется, что потоки грунтовых вод перерезаны выемками, то д. б. приняты меры к свободному выходу их на поверхность откоса и к отводу соответствующими устройствами (дренами, лотками, трубами и пр.) в кювет. Задача эксплоатации в этом отношении заключается в том, чтобы при малейшей неисправности такого отвода грунтовых вод тотчас были выяснены причины иссякания его и приняты меры против скопления воды в теле полотна. Такого рода скрытые скопления воды в полотне всегда приводят к его повреждению—в виде оползней откосов выемок или обвалов насыпей. Если, несмотря на сухое время и правильный уклон кюветов, в них постоянно наблюдается сырость, то это служит признаком близости грунтовых вод, и для устойчивости пути и ограждения его от пучин зимой полезно заменить нормальные кюветы специальным глубоким типом, чтобы понизить уровень грунтовых вод. В тех же целях в болотистых местах проводятся глубокие водоотводные канавы как вдоль, так и поперек полотна.

Укрепление З. п. Способность грунтов сохранять приданные им при сооружении З. п. очертания весьма различна. Одни из грунтов (скальные, щебенистые, крупнопесчаные) устойчиво сохраняют свои формы, другие же (мелкопесчаные, суглинистые, черноземные) легко утрачивают их под влиянием воды и ветра. При грунтах последней категории З. п. нуждается в укреплении. Тип укрепления в каждом отдельном случае д. б. выбран в соответствии как с родом защищаемого грунта, так и с характером и величиной действующей на полотно силы. Для защиты откосов полотна против поверхностного смывания дождевой водой чаще всего применяются: сплошная или в клетку дерновка и засеивание травами или злаками. Кюветы и канавы в сухих местах и при пологих уклонах дернуются сплошь. В сырых местах, а также при крутых уклонах, целесообразным укреплением является мощение. На поймах рек и в других затопляемых местах откосы насыпей, возведенных не из камня, д. б. укреплены на 0,5 *м* выше самого высокого уровня воды. Если насыпь, сделанная не из камня, подвергается действию речного течения или ударам волн, то она должна ограждаться бермой, шириной не менее 1 *м*, на высоту 0,25 сверх наивысшего горизонта воды и гребня наибольшей волны. В таком случае укрепление устраивается по откосу бермы. Очень целесообразным видом укрепления в местах, подверженных действию волн или проточной воды, является насаждение ивовых пород в несколько рядов вдоль З. п. и мощение откосов берм в клетку с плетнями и кольями из живого ивняка.

Неисправности полотна. Грунты в дне выемок наиболее часто обнаруживают тяжелые формы неисправности. Легко разжижающиеся от поверхностных и грунтовых вод грунты в дне выемок, подверженные в зимнее время пучению, являются не только постоянным тормозом для нормального движения, но и угрозой его безопасности. Частичной мерой к исправлению этого зла может служить устройство глубоких специальных кюветов (из деревянных или иного рода рам с заборками со стороны пути и откоса), хорошо дренирующих и проводящих без застоя воду вдоль пути. Хорошо влияет также устройство поперечных прорезей, шириной не менее лопаты, до уровня дна кюветов, и заполнение этих прорезей хорошо дренирующим грунтом. Однако, вполне и на продолжительный срок такое слабое место пути м. б. исправлено лишь устройством глубоких лотков и совместной заменой всего негодного грунта между ними хорошо дренирующим слоем (песчаным или гравелистым) не менее чем на глубину промерзания. Работы по смене негодного грунта в дне выемок на однопутных линиях производятся обычно при помощи двукратных передвижек пути от постоянной оси его. После первой передвижки в сторону производится замена

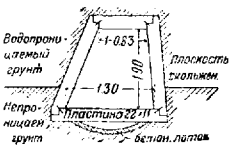
грунта в освободившейся из-под шпал другой половине дна выемки. Затем путь передвигается в противоположную сторону, и заменяется грунт во второй половине выемки. После этого путь устанавливается на постоянную ось и приводится в надлежащее положение по высоте подъемками на балласт. На двупутных линиях работы по смене негодного грунта в дне выемок производятся с временным переводом движения обоих направлений на один путь и с уборкой верхнего строения другого пути за пределы сменяемой полосы. Т. к. при эксплоатации ж. д. работы по смене грунта в дне выемок неизбежно вызывают стеснения движения поездов, то производство их является обязательным во время постройки линий во всех местах, где в дне выемок окажутся плывучие и пучинистые грунты.

Далее, очень часто встречающимися видами неисправностей выемок являются осыпи и сплывы их откосов. Повреждения откосов выемок могут вызываться следующими главнейшими причинами: ненадежностью грунта в откосах выемки; присутствием грунтовых вод в откосах выемки выше дна кюветов; неправильным устройством и содержанием частей выемки. Грунты, как уже сказано, имеют неодинаковую способность удерживать крутизну откоса; помимо того, некоторые породы грунтов (мергелистые), выдерживая хорошо крутые откосы, подвергаются сильному поверхностному выветриванию, вследствие чего нарушается связь между частицами грунта на поверхности откосов и они непрерывно осыпаются. Для предохранения кюветов в таких выемках от засорения вдоль последних устраивают бермы. По мере заполнения берм осыпями последние должны убираться за пределы выемки. Особенную опасность такие грунты представляют в глубоких выемках во время ливней. Выветрившиеся частицы откосов легко смываются потоками дождя в кюветы, где образуют грязевые заторы, которые могут послужить причиной переполнения кюветов и выхода воды на путь. Для предупреждения подобных явлений полезно устраивать на берме, ограждающей кювет, илоудержатели в виде продольных и поперечных плетней из ивовых пород, укрепляемых по ивовым кольям, возвышающимся над поверхностью берм на 0,50 — 0,60 *м*. Расстояние между рядами плетней принимается 0,50 — 1,00 *м*. По мере заиления плетни необходимо очищать. Дерновка, хотя бы и по защитному слою растительной земли, не предохраняет откосов мергелистых выемок от осыпания, т. к. проникающая через дерн поверхностная вода, смачивая поверхность мергелей, вызывает сползание дерна вместе с подсыпкой. В сухих глинистых выемках откосы должны дерноваться. Попадающая через трещины в откосы вода нарушает сцепление между частицами глины и делает ее весьма склонной к поверхностным сползаниям. Сплошная же дерновка по слою растительной земли является в таких условиях прекрасным средством защиты откосов. Независимо от свойств грунтов присутствие грунтовых вод в откосах всегда осложняет задачу исправного содержания выемки. Если грунт выемки однороден и вода в нем размещена равномерно, то для придания откосам устойчивости в большинстве случаев бывает достаточным устройство поверхностного дренажа. Наиболее простой и исправно действующей системой дренажей является устройство нормальных к длине выемки прорезей. Откосы прорезей должны сплошь одерновываться, а по дну прокладываются ивовые круглые фашины диаметром 0,10—0,20 *м*, пришиваемые к откосу ивовыми кольями (фиг. 8). Указанного вида обделка откосов выемки имеет целью осушить поверхностный слой, благодаря чему он приобретает бо́льшую устойчивость. По отношению к лежащим ниже массам грунта, более насыщенным водой, а потому менее устойчивым, этот поверхностный слой исполняет роль подпорной стенки. Фашины, прорастая в грунт, укрепляют его своими корнями и связывают отдельные части в одно целое. При большом обилии грунтовых вод указанный способ может оказаться недостаточным для надлежащего осушения грунта. В таких случаях рекомендуют делать более глубокие и частые прорези по откосу и заполнять их хорошо дренирующим материалом, например щебнем, крупным песком и пр.



Фиг. 8.

При неоднородном грунте в выемке грунтовые воды выступают на откос только по водопроницаемым прослойкам. Если пласты грунта расположены наклонно в сторону выемки, то особую опасность представляют поверхности скольжения, которые образуются на глинистых или мергелистых слоях, смачиваемых вышележащими водоносными слоями. При неблагоприятных условиях масса земли, расположенная выше поверхности скольжения, может сплыть в выемку. Самой действительной мерой для предотвращения этого является устройство продольного дренажа за откосом с верховой стороны выемки, с тем чтобы этот дренаж перехватывал грунтовые воды и отводил их за пределы выемки. Если потоки грунтовых вод особенно велики, то вместо дренажа приходится устраивать штольни. Обычный тип штольни из пропитанных пластин представлен на фиг. 9. Для наиболее свободного выхода воды из штольни, а также для предотвращения проникания воды в грунт дно штольни бетонируется в виде лотка.

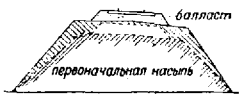


Фиг. 9.

Особую осторожность необходимо соблюдать при устройстве кавальеров над откосами выемок, т. к. эти кавальеры до известной степени являются нагрузкой, уменьшающей устойчивость откосов; в мокрых выемках при длительной дождливой погоде это может послужить причиной серьезных сплывов откосов. В таких случаях исправление откоса не может считаться вполне

надежным без соответствующей разгрузки его от кавальера. Нередко вследствие вырезки случайных сплывов на откосах верхнее ребро выемки чрезмерно приближается к кавальеру, и в таких случаях возникает опасность сплывов вследствие давления кавальера на откос. Здесь разгрузка выемки от кавальера становится безусловно необходимой. Особое внимание при этом д. б. обращено на правильный отвод воды с полосы между ребром выемки и кавальером. Если выемка пролегает по местности со значительным поперечным уклоном, то весьма важное значение получают исправность нагорной канавы и правильный сток воды по ней. Застой воды способствует прониканию ее в грунт, благодаря чему усиливаются потоки грунтовых вод и вредное влияние последних на откос выемки.

Для насыпей грунт берется из выемок или из резервов. И в том и в другом случае тело молодой насыпи составляется из разрыхленного грунта, способного в дальнейшем к уплотнению. По мере уплотнения грунта и насыпи высота последней будет постепенно уменьшаться, пока насыпь не сядет окончательно. Степень разрыхляемости грунтов при разработке различна. Для песчаных грунтов она м. б. принята 10÷20%, для глин различн. плотности—20÷35% от первоначального объема. Неизбежность осадки насыпей учитывается при постройке ж.-д. полотна т. о., что им придают по высоте и ширине несколько бо́льшие размеры, чем требуется по проекту. Для равномерной и правильной осадки необходимо употреблять по возможности однородный грунт и вести работу по всей ширине горизонтальными слоями с возможно плотной укаткой или утрамбовкой. Появление продольных трещин в молодых насыпях по откосам или на поверхности является указанием неравномерной осадки. Чтобы предупредить проникание в эти трещины воды, к-рая может нарушить сцепление частиц и послужить причиной раскола насыпи или обвала ее откосов, такие трещины должны немедленно и тщательно затрамбовываться. Если окончательно осевшая высокая насыпь обнаруживает просадку, нарушающую проектную линию пути, то выправление таких мест производят обычно посредством досыпки земляных бровок и подъемки пути на балласт (фиг. 10). Необходимо во всех таких случаях применять на досыпку исключительно хорошо водопроницаемый грунт. В противном случае для поверхностной воды, проникающей в балласт, будет создана плотина, и задержанная вода будет скопляться в насыпи, что неизбежно влечет за собою обвал насыпи. При этом обвал может произойти неожиданно, если скопление воды в теле насыпи не будет своевременно установлено. Признаками скопления в насыпи воды могут служить выпучивающиеся наружу откосы или появляющиеся зимой пучины. В смысле скопления воды в особенно неблагоприятных условиях находятся насыпи, расположенные через короткий пуль ниже глубокой мокрой выемки на сплошном с ней уклоне. В такие насыпи может поступать не только дождевая вода, выпадающая на поверхность самой насыпи, но также и та вода, которая стекает через нуль под балластным слоем по поверхности непроницаемого грунта. Во всех случаях, когда по наружным признакам или иным соображениям можно ожидать скопления воды в теле насыпи, д. б. немедленно произведено подробное обследование для установления истинной картины явлений, происходящих в насыпи.



Фиг. 10.

Помимо качеств грунтов, примененных при сооружении насыпей, и их осадки, повреждение насыпей может обусловливаться свойствами оснований или грунтов, на к-рых они возведены. Сюда относятся осадка оснований и смачивание подошвы насыпей грунтовыми водами. Если насыпь значительной высоты расположена на легко сжимаемом основании (болото, синяя глина), то полотно под воздействием поездов будет претерпевать б. или м. значительные колебания по высоте. Эти перемещения будут неблагоприятно отражаться на сцеплении частиц грунта в теле насыпи и могут легко повести к трещинам и расслоению. Проникновение воды в эти трещины не замедлит проявить свое губительное влияние в сторону дальнейшего разрушения насыпи; в этом случае трещины в насыпи д. б. также немедленно затрамбованы грунтом, однородным с телом насыпи. При близости грунтовых вод к поверхности основания расположение на нем высокой насыпи может, благодаря сильному сжатию грунта основания, поднять уровень грунтовых вод настолько, что будет смачиваться подошва насыпи. При наклонной местности и грунтах, способных к образованию зеркала скольжения, при таких условиях может возникнуть стремление насыпи скользить по основанию. При появлении признаков такого скольжения наиболее надежным средством предохранить полотно от повреждения будет осушение основания посредством открытых канав или штолен. При значительных поперечных уклонах в тех же целях применяется устройство подпорных стенок с подгорной стороны.

Основным правилом ухода за насыпями является постоянное поддержание их как по очертанию, так и по роду укреплений в строгом соответствии с проектными данными. Конечно, З. п., находящееся в нормальных условиях, требует меньше надзора, чем отдельные места его, проявившие уже признаки неустойчивости. В этом отношении особое внимание д. б. обращаемо на поддержание в исправности полотна, пролегающего по поймам рек, болотами, на горных участках.

Лит.: Бернацкий Л. Н., Условия устойчивости земляных масс, М., 1925; Технич. условия проектирования и сооружения магистральных ж. д. нормального типа, «Труды Научно-технич. комитета НКПС», вып. 8, Москва, 1927; Дубелир Г. Д. и Толстопятов В. М., Земляные работы, М.—Л., 1927; Любимов Л. Н., Пучины на ж. д. и меры к их устранению, 3 издание, М., 1926; Штини И. и Мушкетов Д., Технич. геология, Л., 1925; Hoyer W., Unterbau, Handbibl. f. Bauingenieure, hrsg. v. R. Otzen, T. 2, B. 3, B., 1923; Birk A., Erdbau, Stollen- und Tunnelbau, Leipzig, 1920; Birk A., Der Wegebau, B. 1.—Erdbau u. Strassenbau, Leipzig—Wien, 1921.

К. Миленгаузен.

ЗЕМЛЯНОЙ ОРЕХ, арахис, земляной желудь, см. *Арахидное масло* и *Спр. ТЭ.*

ЗЕМЛЯНЫЕ ПЛОТИНЫ, искусственные гидротехнич. сооружения на водных потоках или оврагах, ограничивающие сток воды и вследствие этого вызывающие поднятие уровня воды перед сооружением. Плотины устраиваются для регулирования стока с целью водоснабжения, а также для с.-х. и промышленных целей.

По цели устройства З. п. разделяются на водоудержательные, служащие для магазинирования (скопления) воды, и водоподъемные—для создания определенного подпора воды в водотоке. По способу стока воды З. п. разделяются на: а) глухие—когда плотина не имеет выпуска воды и вода не идет через гребень; б) водосливные—когда вода идет через гребень без вреда для сооружения или когда в теле плотины или в берегах образуемого ею водохранилища имеются отверстия, сбрасывающие излишки воды; в) водоспускные—когда излишек воды или вся вода водохранилища м. б. спущена из него при помощи различных систем водоспусков, устроенных как в теле З. п., так и в берегах водохранилища и снабженных затворами.

Глухая З. п. устраивается в том случае, если водохранилище, образуемое плотиной, способно вместить всю поступающую в него воду. Водосливная З. п. устраивается в том случае, если суммарный приток воды в водохранилище превышает объем его, при чем через водослив спускается излишек воды. Водоспускная З. п. устраивается, если по соображениям технического или хозяйственного порядка из образованного ею водохранилища нужно спускать не только избыточную воду, но и весь полезный запас ее. Как общее правило, З. п. устраиваются в тех случаях, когда для выпуска излишних вод и полезных попусков воды из водохранилища требуются отверстия незначительного размера и в небольшом числе.

Материалом для З. п. служат всякого рода грунты, имеющиеся вблизи работ. Лучшим земляным материалом является лёсс. Песчано-глинистые грунты с меньшим содержанием песка, или содержащие мелкий, пылеобразный песок, для возведения З. п., особенно больших, непригодны. Б. или м. нормальным составом земли для устройства З. п. является состав из 1 ч. глины и 2 ч. крупного песка. Чистые глины и чистые пески для З. п. менее пригодны, хотя примеры построек из них имеются. Для уменьшения возможности повреждения З. п. животными (суслики, кроты, мыши и т. п.) не следует для тела плотины, особенно для замка и ядра, брать породы, в которых грызуны охотно устраивают норы.

З. п. представляет тело призматическ. вида, с поперечным трапецоидальным сечением. Основные элементы З. п.: гребень плотины — верхняя площадка; откосы плотины—плоскости, ограничивающие тело плотины с низовой (сухой) и с верховой (водной) сторон; высота плотины—средняя высота насыпи; бровка—линия пересечения плоскости откоса с гребнем; длина плотины — длина гребня по оси плотины; ширина плотины — ширина гребня.

З. п. строятся различной длины, в зависимости от ширины запруживаемого водотока или оврага, и различной высоты, до 30—40 *м*. В практике заграничного строительства имеется пример З. п. высотою 73 *м* (полунамывная плотина Calaveras в Калифорнии). В практике русского строительства высота большинства З. п. не превосходит 20 *м*; ширина гребня д. б. не меньше 3 *м*, а если гребень З. п. служит проездом, то ширина его делается около 6 *м*; ширину гребня З. п. значительной высоты вычисляют точно по эмпирич. ф-лам (см. ниже). Гребню плотины, во избежание застоя воды, придают скат от середины к бровкам с уклоном в 1 : 10. Гребень плотины, во избежание повреждения от перелива воды, располагается на 1,4—2,0 *м* выше наивысшего горизонта воды перед плотиной (при работе водослива и водоспуска). Кроме того, гребень плотины д. б. выше гребня волны, во избежание переката последней через гребень. Высота максимальной волны, развиваемой в водохранилище, м. б. определена по ф-ле Стивенсона (Stephenson):

$$h = 0{,}3\sqrt{L} - 0{,}27\sqrt[4]{L} + 0{,}76\,,$$

где h—высота максимальной волны в *м*, а L—наибольшая длина водохранилища в *км*. Откосы плотины делаются в зависимости от угла естественного откоса грунта, из к-рого возводится тело З. п. Обычно водный (внутренний) откос, обращенный к воде, делается с уклоном 1 : 3, а наружный (сухой), обращенный в противоположную сторону, с уклоном 1 : $1^1/_2$ или 1 : 2. Для предохранения откосов от разрушения или в том случае, если уклон откоса, в целях экономии работ, сделан меньше угла естественного откоса, соответствующего грунту тела плотины, откосы укрепляют. Материалом для укрепления откосов служат: дерн, древесные и растительные (травянистые) посадки, фашины, плетни, дерево, камень, бетон и железобетон (см. *Откосы*, укрепление).

Рационально устроенная З. п. должна удовлетворять следующим условиям: 1) противостоять без смещения тела плотины давлению воды; 2) иметь размеры, при к-рых просачивающаяся через тело плотины вода не производила бы в нем разрушений или линия депрессии пересекала бы основание плотины, не доходя ~3—4 *м* до нижней точки низового откоса; 3) не допускать перелива воды через гребень (за исключением плотин с затопляемым гребнем); 4) не допускать разрушения плотины от волнобоя; 5) не допускать порчи тела плотины норами и ходами сусликов, кротов, мышей и т. п.

Первое условие, т. е. прочность на скольжение и опрокидывание под давлением воды, м. б. выполнено приданием основанию плотины достаточной ширины. Англ. инж. Бассель определяет эту ширину по формуле:

$$L = \frac{\gamma \cdot k}{\sigma \cdot f} \cdot H\,,$$

где H—напор воды перед плотиной в *м*, k—коэфф-т безопасности на скольжение, равный 10, γ—вес воды в единице объема, σ—вес материала плотины в единице объема,

f—коэфф. трения по основанию, равный 1,0. Многолетняя практика, кроме того, выработала для проектирования З. п. ряд эмпирич. формул; так, Люгер дает для ширины гребня b в $м$ ф-лу:

$$b = 3 + 0{,}3\,(H - 3),$$

а для ширины основания по низу—L в $м$ ф-лу:

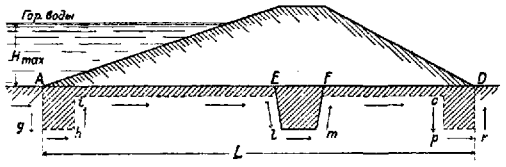
$$L = b + h\,(\operatorname{ctg}\varphi_1 + \operatorname{ctg}\varphi_2),$$

где H—напор воды перед плотиной, h—высота плотины, φ_1 и φ_2—углы откосов, верхового и низового, образуемых с основанием. По Траутуайну (Trautwine) (англ. формула), ширина гребня определяется из ф-лы:

$$b = 0{,}61 + 2\sqrt{H},$$

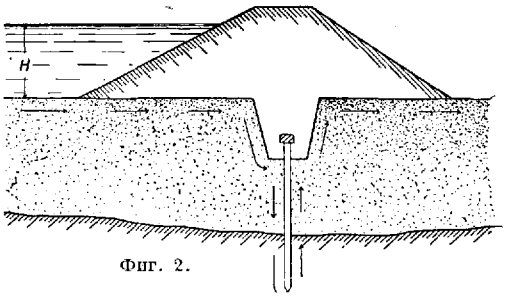
где b—ширина гребня, а H—напор воды перед плотиной. Понселе принимает $b = 0{,}7H$, а Болидер (франц. ф-ла) $b = H$, где H—напор воды перед З. п. Кроме ф-л, определяющих ширину З. п. из условий статич. расчета, необходимо также принять во внимание ф-лы, определяющие ширину основания в зависимости от физических свойств грунта основания. При проектировании обычно пользуются опытными данными англ. инж. Блея (Bligh), который считает, что плотина будет вне опасности от подмыва фильтрационной водой по линии сопряжения с основанием в том случае, если длина фильтрационного пути $L \geqslant C \cdot H$, где H—напор у сооружения, а C—коэффициент. Для C Блей дает следующие значения, подразделяя их по роду почв дна на четыре класса: а) дно реки сложено из самого тонкого песка и ила (напр. Нил), $C = 18$; б) тонкий, мелкий слюдяной песок (как в реках Гималая или Колорадо в С. Ш. А.), $C = 15$; в) крупнозернистый песок (как в центр. южн. Индии), $C = 12$; г) валуны или булыжники, смешанные с гравием и песком, $C = 9 \div 5$. Для гравия и гравелистого песка можно принимать $C = 9$, для голыша и гальки $C = 4 \div 6$, для глинистых грунтов $C = 5 \div 9$.

Если ширина З. п. по низу будет достаточной для данного грунта, т. е. $L = C \cdot H$, то линия сопряжения тела плотины с основанием будет прямая AD (фиг. 1); если же она будет меньше величины L, полученной по ф-ле Блея, то необходимо ее удлинить



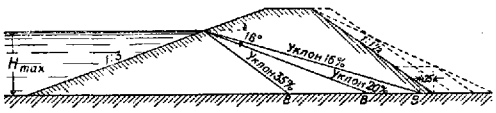
Фиг. 1.

путем устройства одного или нескольких замков ($Aghi$, $ElmF$ и $oprD$) или подсыпать добавочную берму. Замки делают в виде земляных выемок трапецоидального сечения по оси плотины, заполненных водонепроницаемым грунтом (глиной). Ширина замка д. б. в среднем не меньше 2—3 $м$, глубина замка—не меньше 1 $м$, и замок должен врезаться в материк (в водоупорную породу) не менее чем на 0,5 $м$. Длина замка делается во всю ширину оврага или водотока, при чем замок врезается в берега уступами на 0,5 $м$ выше проектируемого подпертого горизонта воды в водохранилище. Продолжение замка составляет ядро, средней толщиной в $^1/_3 H$ (H—подпор перед плотиной). Верхняя грань ядра делается не ниже высоты подпертого горизонта. Для уменьшения действия фильтрации в теле плотины, особенно в том случае, если под основанием плотины находится песчаный грунт или плывун, устраивают непроницаемые диафрагмы в виде шпунтовых рядов или стенок из кладки и бетона. Шпунтовые ряды и стенки доводят до водонепропицаемого грунта (фиг. 2).



Фиг. 2.

Детальное очертание профиля З. п. может быть рационально запроектировано в зависимости от расположения линии фильтрации (депрессионной линии). В хорошо насыпанной плотине (тщательно утрамбованной) линия фильтрации имеет уклон к горизонту в 35°, а в посредственно насыпанной (без тщательной утрамбовки) — в 20° (фиг. 3). Для плотин небольшого напора угол наклона депрессионной линии к горизонту берут в 16—20°, при чем она должна пересечь основание плотины не ближе чем в 4,25 $м$ от подошвы нижнего откоса.

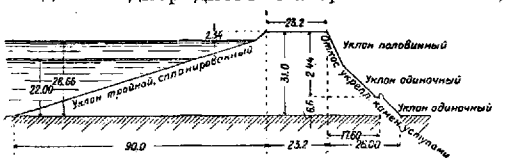


Фиг. 3.

В настоящее время все встречающиеся типы З. п. могут быть сведены по роду материалов и конструкций к следующим группам: 1) З. п., состоящие из однородного грунта по всему сечению; 2) З. п. с центральным ядром, состоящим из водонепроницаемого грунта; 3) З. п., имеющие в своем теле защитную стенку, или диафрагму, из кладки на растворе, из бетона, железа или железобетона; 4) З. п. с каменной наброской (смешанные плотины). По способу производства работ З. п. бывают: 1) насыпные, 2) намывные (гидравлич. наполнения).

З. п. из однородного грунта по всему профилю (чистый тип З. п.) распространены в Индии и в СССР. У нас они были построены еще в дореволюционное время, в целях создания водохранилищ для орошения и водоснабжения на Ю. и Ю.-В. Высота таких плотин доходит до 15 $м$, ширина гребня—до 8 $м$; водный откос имеет уклон 1:3 или 1:2 (тройной или двойной), сухой—1 : $1^1/_2$ (полуторный). Большинство плотин снабжено водосливами и частью деревянными водоспусками. Примером больших З. п.,

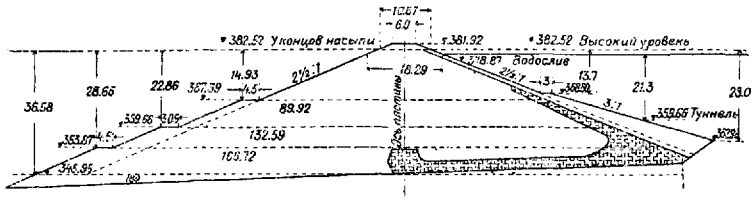
построенных за границей сотни лет тому назад из однородного материала — лёсса,



Фиг. 4.

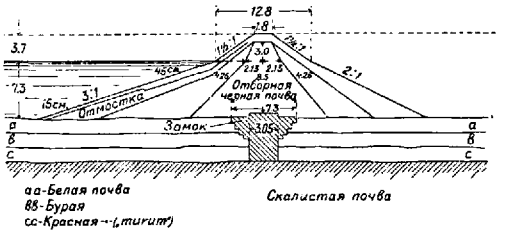
служит З. п. водохранилища Куммом (Cummum) в Индии. Поперечный профиль с размерами указан на фиг. 4. Из современных З. п. того же типа следует указать на плотину Табо (Tabeaud) в Калифорнии. Основание плотины—шиферная коренная порода. Внешний откос до середины защищен водонепроницаемым глинисто-гравелистым грунтом и каменной отсыпкой (фиг. 5).

З. п. с ядром из водонепроницаемого грунта (английский способ), возведенным из чистой мятой глины. Ядро хорошо трамбуется в виде стенки с крутыми откосами (6 : 1). Средняя толщина ядра не менее $^1/_3 h$, где h—высота плотины. Гребень



Фиг. 5.

ядра возводится выше наивысшего горизонта воды водохранилища. Иногда в ядро плотины, в целях предотвращения повреждений животными, прибавляют золы. Типовой конструкцией этого рода З. п. служит плотина Ашти (Ashti) в округе Шолапур в Британской Индии. Ядро плотины состоит из водонепроницаемой черной земли, тщательно уплотненной. Замок состоит из земляного бетона, уложенного слоями в 10 *см*; размеры и детали профиля видны из фиг. 6. З. п. с защитной стенкой, или диафрагмой, наиболее распространены в Америке, Индии и Европе; они устраиваются в

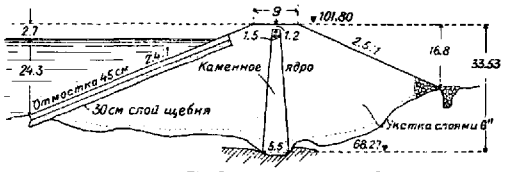


Фиг. 6.

том случае, если основание плотины на значительную глубину имеет водонепроницаемый грунт. Глиняный замок и ядро, как менее надежные, заменяются в таких З. п. стенкой из каменной кладки на растворе, бетонной, железобетонной и т. п.

Типовым примером применения диафрагмы в З. п. является плотина в долине Кротон. В центре тела плотины имеется каменное ядро из бутовой кладки, к-рое не только предупреждает просачивание, но и работает как подпорная стенка. Размеры и детали даны на фиг. 7.

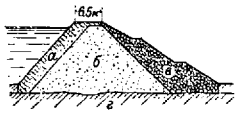
Как на пример З. п. с каменной наброской можно указать на плотину Широтрид в Германии (фиг. 8, где *а*—песчаная земля с 15% глины, *б*—глина, *в*—камень, *г*—гранитная скала). Ядро возведено из песчаной земли, насыпанной слоями в 0,20 *м* и уплотненной катками. Спереди ядра сделана присыпка из песчаной земли (85%



Фиг. 7.

песка и 15% глины) с применением гидравлич. раствора в виде порошка или молока в количестве до 20 *л* на 1 $м^3$ насыпи. Земля насыпалась слоями в 0,10 *м* с доведением слоя утрамбовкой до толщины в 0,05 *м*.

Намывные плотины (плотины гидравлич. наполнения), получившие весьма большое распространение в Америке, м. б. отнесены к типу чистых З. п. или плотин с центральным земельным ядром; постройка их, однако, в отличие от описанных выше, идет гидравлич. путем, при к-ром вода служит не только для добывания грунта для З. п., но и для его транспорта. Намывные З. п. широко применяются в горных районах с избытком воды, расположенной на значительной высоте над дном долины. Пример намывной З. п. представляет плотина Necaxa, построенная в 1909 году в Мексике (фиг. 9).



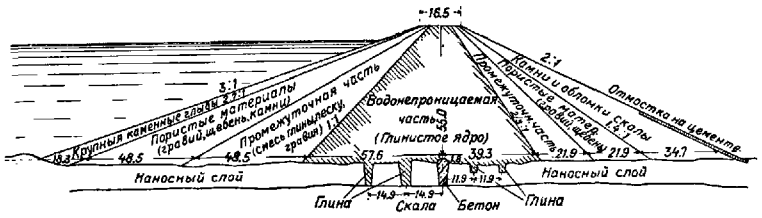
Фиг. 8.

Предварительные изыскания для устройства З. п. состоят в отыскании наиболее удобного места. Как общее правило, З. п. устраиваются в суженном месте балки или долины, ниже расширенной части или ниже слияния нескольких балок, между высокими незатопляемыми берегами, при плотном непроницаемом грунте. Затем по формулам стока выясняют максимальное количество воды, которая может быть задержана плотиной, и определяют тип земляной плотины.

Исследования в пределах водохранилища состоят гл. обр. в выяснении степени непроницаемости водохранилища и его емкости. Обнаруженные водоносные горизонты должны иметь движение к водохранилищу, а не наоборот, и определяются при помощи буровых скважин или шурфов и нивелировки и съемки. Изыскания в пределах З. п. состоят гл. обр. в выяснении степени прочности и проницаемости грунта, на к-ром д. б. основана

плотина, а также плотности того пласта или грунта, в который д. б. врезан замок. Разведочное бурение или шурфование производится по всему сечению до предполагаемого подпертого горизонта. Буровые скважины закладываются по оси плотины, на расстоянии друг от друга примерно в 4—8 *м*, а также вдоль тальвега. Скважины связываются нивелировкой, имеющей один общий репер с нивелировкой водохранилища.

Производство работ. При устройстве З. п. тело плотины, а особенно замок



Фиг. 9.

и ядро, насыпаются некомковатым материалом тонкими горизонтальными слоями толщиной 0,1—0,2 *м* и плотно утрамбовываются. Поэтому устройство плотин конной возкой более всего способствует возведению наиболее плотного земляного тела. В практике заграничного строительства при насыпке плотины употребляют круглые катки весом в 4—5 *т* для раздавливания комьев, применяют увлажнение и поливку слоев жидким гидравлич. раствором или посыпку сухим порошком гидравлич. извести или цемента. Утрамбовку или укатку ведут рубчатыми катками весом 6—10 *т* (см. *Катки*). При устройстве плотин, а особенно замка и ядра, полезно рыхлые слои увлажнять. Небольшая прибавка извести или цемента способствует более плотному соединению частиц насыпи, а потому и рекомендуется англ. и франц. строителями. Земляные работы по насыпке З. п. производятся гл. обр. в летнее время. Осенью, после осадки З. п., производится окончательная доделка (выравнивание откосов, одерновка и т. п.). При возведении З. п. следует предусмотреть осадку; поэтому насыпи следует возводить выше проектной высоты на 10—15%, с таким расчетом, чтобы после осадки гребень З. п. по оси представлял собою горизонтальную плоскость.

Для лучшего соединения тела плотины с основанием дерн под основанием плотины снимают и основание штыкуют на один штык лопаты (25—30 *см*) или вспахивают плугом, а затем уже засыпают горизонтальными слоями земли до проектного профиля. Штыковку основания иногда заменяют разработкой основания по продольному профилю невысокими уступами (0,2—0,3 *м*) с наклонными гранями (откосы 1 : $1^1/_2$) между ступенями. Если высота плотины более 8 *м* и грунт довольно слаб, то, во избежание выпучивания его в стороны от веса плотины, верхний слой грунта должен быть снят на глубину y, определяемую по ф-ле Ранкина (в *м*):

$$y = \frac{\Delta H k^2}{\delta - \Delta k^2},$$

где H—высота плотины, Δ—вес 1 $м^3$ грунта под основанием плотины (т. е. в выемке), δ—допускаемая нагрузка грунта в $кг/м^2$, а $k = \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}$ (φ—угол естественного откоса, принимаемый для естественно влажной земли равным 44°, для сухой рассыпчатой—равным 36° и для земли, насыщенной водой,—23°). Имеющиеся по основанию пни д. б. выкорчеваны, кустарник вырублен, а камни удалены. Дерн, снятый с поверхности основания, складывают ниже З. п. и в случае необходимости употребляют для укрепления откосов.

Котлован для замка роют после снятия с основания дерна. Грунт котлована, если он непригоден для насыпи тела плотины, отвозят в сторону, если же он пригоден, то складывают в стороне от основания и в соответствующее время употребляют для насыпки плотины. Вырытый котлован заполняют чистой глиной из резерва; лишь в исключительных случаях глина м. б. заменена жирным суглинком. Забивку замка ведут слоями не более 10 *см* толщины. Если земля сухая, производят поливку, беря воды из расчета ок. 30 *л* на 1 $м^2$ поверхности трамбуемого слоя.

В целях предохранения откосов от повреждения применяют укрепление их дерном, древесными посадками и засевом травами или укрепляют откосы фашинами, хворостом, деревом, камнем, бетоном и железобетоном.

Повреждения З. п. К числу главнейших повреждений новых или отремонтированных З. п. относятся: осадка их, оползание откосов и просачивание воды. Осадка З. п. влечет за собой опускание гребня и появление трещин в теле плотины. Наиболее опасными являются трещины в местах соединения с берегами. Трещины перед наступлением осенних заморозков раскапывают до основания и заделывают замками, длиною 1,5—2 *м* и шир. 0,7 *м*; ниже трещин замок углубляют на 25 *см*. Замки делают из грунта, одинакового с тем, в котором появились трещины. При опускании гребня делают подсыпку. Сползание откосов, обычно задних, обусловливается действием просачивающейся воды. Небольшие оползания, при незначительном подпоре, останавливают устройством дополнительного замка или подсыпкой земляных отсыпей в виде контрфорсов. Значительные оползания предотвращают устройством дренажа с подсыпкой откоса плотины и устройством дополнительных замков. Просачивание воды через З. п. представляет угрозу сооружению в том случае, если просачивающейся водой вымываются частицы грунта. Для устранения просачивания и связанного с этим оползания откоса устраивают вдоль плотины канаву и отводят из нее воду по дну оврага или же увеличивают толщину тела З. п. Повреждения З. п. морозами имеют место в случае, если, вследствие ранних морозов, неосевшая плотина сверху замерзает, а внизу грунт продолжает оседать, почему между замерзшим слоем и незамерзшим образуются пустоты (полости). Полости могут заполняться водой и вести к дальнейшему разру-

шению плотины. Для предотвращения появления пустот следует плотину предохранить каким-либо нетеплопроводным материалом (соломой, навозом, снегом и т. п.). Чаще всего повреждения З. п. происходят во время прохода полых вод; чтобы избежать повреждений, перед наступлением паводка расчищают водоспуски, водосливы и отводные каналы, открывают щиты и, организуя наблюдение во время ледохода, предупреждают повреждение льдом стенок водоспускных сооружений.

Лит.: Анисимов Н. И., Плотины, ч. 1—Водоудержательные плотины, 2 изд., М., 1928, ч. 2—Водоподъемные плотины, М., 1924; Попов К. В., Земляные плотины и их водопропускные сооружения, М.—Л., 1928; Неёлов Д. Д., Устройство плотин, т. 1—3, СПБ, 1884; Бассель Б., Земляные плотины, П., 1917; Wegmann E., The Design a. Construction of Dams, N. Y., 1927; Parker Ph., The Control of Water, L., 1925; Ziegler P., Der Talsperrenbau, 3 Aufl., B. 1—2, B., 1925—27. **А. Калабугин.**

ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ, искусственное перемещение земляных масс для устройства выемок и насыпей и придание им должной устойчивости и неизменяемости. З. р. являются основными работами при планировке земельных участков под строительство, при осушке и орошении, при возведении зданий, при постройке железных, шоссейных и городских дорог, при прокладке подземных сооружений, при постройке каналов и гидротехнических сооружений и т. д.

Виды грунтов и их свойства. Наиболее распространенными грунтами являются песчаные и глинистые. Песчаный грунт, состоящий из частиц кварца размером 0,05÷3 *мм*, называется песком; при размерах частиц 3÷25 *мм* он получает название гравия, при размерах 25÷80 *мм*—галькн (при округленных гранях) и щебня (при острых гранях). Глина представляет собою каолин $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ с примесью извести, магнезии, солей железа, а иногда мельчайшей кварцевой пыли и органич. веществ. Глина с примесью 30—70% песка и др. веществ называется суглинком. Песок с примесью до 30% глины и других веществ называется супесью. Глина или суглинок, содержащие от 30 до 60% углекислой извести, называются мергелем. При воздействии растительного и животного мира образуются растительные грунты (почвы), состоящие из минеральной части (скелет—зерна кварца и цементирующие их соединения глинозема, извести, железа и др.) и органич. части, называемой перегноем, или гумусом, коллоидального строения. В европ. части СССР наиболее распространенными почвами являются: на юге черноземом (материнскою породою к-рого является лёсс), содержащий 5÷15% гумуса, а на севере—дерново-подзолистые почвы, материнскою породою к-рых являются преимущественно ледниковые валунные глины, суглинки и супески, с содержанием перегноя не более 1—3%. Лёсс представляет собой атмосферную пылевую почву, образовавшуюся под действием песчаных вихрей в жарком и сухом климате. Лёсс состоит из очень мелких зерен кварца размером 0,01÷0,05 *мм* (ок. 60%), извести в виде остатков растений и моллюсков (10—20%), рассеянных листочков слюды, глины (5—10%) и иногда окиси железа (5—8%). Торф представляет собою рыхлый грунт, образовавшийся в результате разложения растений в стоячей воде. Каменистые (скальные) грунты представляют собою меловые породы, сланцы, известняки, песчаники, мрамор, гранит, кварц и т. п.

Масса грунта, ограниченная откосом, удерживается в равновесии трением и сцеплением ее частиц. Трение пропорционально нормальному давлению на поверхность скольжения и не зависит от размеров поверхности. Сцепление, наоборот, пропорционально площади поверхности скольжения и не зависит от давления. Грунт, в данном состоянии не обладающий сцеплением, удерживается в равновесии при угле, меньшем угла естественного откоса (для песка, чернозема, суглинка и глины угол естественного откоса $\varphi \cong 35°$, $\operatorname{ctg} \varphi \cong 1{,}5$; для гравия, гальки, щебня $\varphi \cong 40°$, $\operatorname{ctg} \varphi \cong 1{,}25$; для каменистых грунтов угол естественного откоса еще больше). Наличие сцепления увеличивает угол, под которым откос грунта удерживается в равновесии. Этот угол возрастает с уменьшением высоты откоса. При достаточно малой высоте грунт, обладающий сцеплением, может держаться в вертикальном откосе. Если h_0—высота, при которой откос держится вертикально, то высота h_1, при к-рой откос будет устойчивым под углом α к горизонту, может быть определена из ф-лы:

$$h_1 = \frac{h_0 \sin \alpha \cos \varphi}{2 \operatorname{tg} \left(45° + \frac{1}{2}\varphi\right) \sin^2 \frac{1}{2}(\alpha - \varphi)}.$$

Вообще говоря, земляные массы легче всего отделяются одна от другой по кривой поверхности; практически для простоты работы откосы обыкновенно делают плоскими. При значительной высоте откосов, для экономии в количестве З. р., откосы делают разной крутизны на разных высотах, так что в сечении вертикальною плоскостью откос имеет вид ломаной прямой.

Величина сцепления зависит не только от рода грунта, но и от ряда других причин, в числе к-рых важное место занимает влажность; так, напр., чистый песок во влажном состоянии может держаться в вертикальном откосе, сухой же песок рассыпается. Многие сорта глины, наоборот, в сухом виде хорошо держатся в вертикальном откосе, тогда как в присутствии влаги они расплываются. Все грунты имеют бо́льшую или меньшую скважность и в связи с этим различные влагоемкость и водопроницаемость. С увеличением влажности сцепление грунта обычно сначала немного возрастает, а затем резко падает. Увеличение влажности понижает также коэффициент трения грунта по грунту. Поэтому для устойчивости земляных сооружений, помимо достаточных откосов, необходим и надлежащий отвод воды.

Каждый естественно залегающий грунт имеет определенную плотность, но при разработке и перемещении в насыпь разрыхляется и занимает в насыпи больший объем, чем он имел в естественном залегании. Затем с течением времени происходит осадка насыпи, и степень разрыхления уменьшается. Однако, в большинстве случаев окончательная плотность грунта в насыпи не достигает

первоначальной (остаточное разрыхление). Разрыхление грунта необходимо учитывать при проектировании земляных сооружений. Величина разрыхления насыпного грунта выражается в % увеличения его объема по отношению к объему того же грунта в естественном состоянии (табл. 1).

Табл. 1.—Разрыхление грунта в % (приблизительно).

Род грунта	Первоначальное разрыхление	Остаточное разрыхление
Плывучий мелкий песок	5	0
Песок, гравий	10—20	1—2
Супесок, суглинок, мягкая глина	20—25	2—4
Мергель, растительная земля, торф	25—30	4—6
Твердые, плотные глины, твердый мергель	25—35	6—7
Щебенистые и скальные грунты	30—50	8—30

Вес единицы объема грунта зависит от степени разрыхления и большей частью также от влажности (табл. 2).

Табл. 2.—Объемный вес грунта.

Род грунта	Рыхлый, с почвен. влажностью	Утрамбованный плотный	Насыщенный водою
Торф	700—800	900—1 000	1 500—1 800
Растительная земля	1 200—1 500	1 700	1 800
Суглинок, глина	1 500	1 700	1 900
Песок, гравий	1 500—1 600	—	1 800—2 000
Камень (32—16% пустот)	1 850—2 300	—	—
Камень плотный в скале	—	2 000—2 800	—

Укрепление земляных сооружений. Для прочности и долговечности земляных сооружений необходим тщательный отвод поверхностных и грунтовых вод, а в местах непосредственного омывания водою откосы д. б. укрепляемы соответственною одеждою. Простейшею одеждою является слой растительной земли толщиной от 6 до 20 *см* с засевом травою. Для ускорения образования травяного покрова прибегают к покрытию откоса дерном сплошь или в клетку. Дернины размерами около 0,25×0,40 *м*, толщиною 6—10 *см* прибивают к откосу спицами длиною 0,20—0,30 *м*. При дерновке в клетку, в виде квадратов размерами ок. 1,25×1,25 *м*, расположенных наискось, промежутки между дерновыми лентами полезно заполнять растительною землею и засевать травою. Для укрепления очень крутых откосов, или когда требуется особая прочность дерновки, применяют кладку дерна рядами в стенку. Если вследствие отсутствия влаги нельзя рассчитывать на произрастание травяного покрова или если откос непосредственно омывается водою, одежду откоса делают в виде мостовой—одиночной или двойной. При действии волн на откос мостовая устраивается на слое щебня толщиною 0,15—0,25 *м*. При больших скоростях воды мостовую кладут в плетневых клетках (ок. 0,80×0,80 *м*) из живых ивовых кольев, переплетенных свежим хворостом. Прорастая, колья образуют очень надежные укрепления откоса. Для хорошего прорастания колья следует сажать комлем вниз в ямки, пробитые ломом, при чем нижний конец обрубают наискось острым топором. Иногда для укрепления откосов употребляют выстилки из хвороста и фашины. Для предохранения выклинивающихся слабых прослоек каменистых откосов от разрушения эти прослойки одевают каменными стенками. Отвод поверхностн. вод производится системою водоотводных канав. Канавы, отводящие воду из выемок, называются кюветами, а отводящие воду от насыпей и с верховой стороны выемок, расположенных на негоризонтальной местности,—нагорными канавами. Канавы должны иметь непрерывный продольный уклон не менее 0,002, а лучше всего—0,003÷0,005. Неукрепленные канавы даже при хороших грунтах должны иметь уклон не свыше 0,004. При значительных скоростях течения воды дно и откосы канав следует укреплять дерновкою или мостовой (табл. 3).

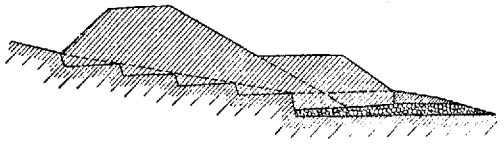
Табл. 3.—Допустимые скорости омывающей воды.

Род грунта и одежды	Допустимая скорость омывающей воды в м/сек
Грунты	
Илистый	0,10
Мелкий песок	0,25
Суглинок, супесок	0,40—0,75
Крупный песок, лёсс	0,60—0,75
Торф, гравий, хрящ	1,00—1,20
Плотная глина	1,50
Каменный	2,15
Скальный	3,10
Одежды	
Дерновка плашмя	0,60
» в стенку	1,50
Одиночная мостовая	2,15
Двойная »	3,10
Лоток из кирпичной кладки	4,00
» » бутовой кладки, бетонный лоток, двойная мостовая или каменная наброска на щебеночном основании в плетневых клетках	4,50
Деревянный лоток	6,00
Тесаный гранит	10,00

Отвод грунтовых вод, пропитывающих поверхностные слои грунта или водоносные слои на разной глубине, производится, в зависимости от местных условий, открытыми канавами или дренажем. Каждая выемка имеет способность как бы притягивать к себе грунтовые воды. При небольшом количестве грунтовых вод они в достаточной мере могут отводиться кюветами выемки. Если в кюветах скопляется слишком много воды или если необходимо значительно понизить уровень грунтовых вод, устраивают углубленные кюветы в виде деревянных, железобетонных или каменных лотков или подкюветный дренаж, располагаемый ниже глубины промерзания (в средней полосе европ. части СССР на глубине 0,8 *м*) под дном кювета. Этот дренаж делается из гончарных или цементных труб со слоем песка или щебня, толщиной 0,3 *м*, под ними. Для предохранения верхних слоев откосов выемок от сползания, особенно при таянии снега, в откосе

часто закладывают поверхностный дренаж в виде неглубоких канавок, заполненных камнем. Этот дренаж собирает воды, размягчающие откос, и отводит их в кюветы. Если в откосе выемки выклинивается водоносный слой или если требуется осушить всю толщу откоса путем образования из осушенной части откоса как бы упора для лежащих сзади масс неосушенного грунта, то прибегают к устройству дренажа, размеры и расположение к-рого зависят от местных условий (см. *Дренаж*).

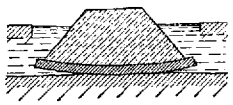
Для устойчивости насыпи необходимо прежде всего, чтобы для ее образования употреблялся доброкачественный грунт. Лучшим материалом для насыпей является сухой крупный песок благодаря его водопроницаемости и способности равномерно передавать давление на основание. Хорошим материалом для насыпей является также супесок со сравнительно небольшим содержанием глины. Такие насыпи нормально хорошо держатся в откосах $1:1^1/_2$. Хорошо держатся в откосах от $1:1^1/_2$ до 1:1 и обладают хорошею водопроницаемостью насыпи из разрушенных скальных грунтов—щебня и камня. При мелком песке, обладающем меньшею водопроницаемостью, появляется опасность пропитывания ядра насыпи водою с последующим расползанием всей насыпи; в этом случае откосы д. б. не круче 1 : 2 или 1 : 3. Мелкий песок с примесью ила безусловно недопустим для насыпей. Насыпи из глины распределяют давление на основание хуже, чем песчаные; насыпи из глины и суглинка, плотно утрамбованные, также м. б. получены устойчивыми. Не следует употреблять размоченной глины, а равно угловатых комьев, образующих пустоты, в к-рые может проникать вода, т. к. размокание ядра глиняной насыпи крайне вредно; в такой насыпи всегда возможны осадки и сплывы, и вылечить ее весьма трудно. По тем же причинам не следует употреблять для насыпей мерзлый грунт. Мергель в сухом состоянии держится хорошо, но очень гигроскопичен и способен раскисать в полужидкое тесто, которое при высыхании распадается в порошок. Поэтому сухой мергель можно употреблять для ядра насыпи, а наружные части делать достаточной толщины из глины; при малой толщине возможно скольжение откосов по ядру. Насыпи из торфа при небольшой высоте допустимы, но верх и откосы их следует покрывать песком во избежание пожара. При большой высоте насыпей откосы в верхних частях делаются более крутыми, чем в нижних (см. *Земляное полотно*). Устойчивость насыпи, кроме доброкачественности грунта, из к-рого она состоит, зависит от устойчивости и правильного устройства основания. На косогорах крутизною > 0,2, во избежание сползания насыпи, основание насыпи должно обделываться в виде уступов шириною не менее 1 *м* (фиг. 1). У основания насыпи полезно устраивать контрбанкет — продольн. призму, сечением примерно в $^1/_4$—$^1/_3$ сечения насыпи из хорошего водопроницаемого, по возможности каменистого грунта; он должен упираться в надежные слои основания, и от него должна быть отведена вода. С верхней стороны насыпи обязательно устраивается нагорная канава. Способ устройства насыпи на болоте зависит от характера болота. На мокром и разжиженном от поверхности до дна болоте грунт насыпи должен доходить почти до дна болота. Если болото имеет волокнистое строение по всей толще, то насыпь можно располагать на поверхности его, хотя осадка насыпи и будет значительна. Если же



Фиг. 1.

болото состоит из верхнего плотного, волокнистого слоя, под к-рым находится разжиженная масса, то небольшие насыпи иногда можно располагать на поверхности болота; для устройства же более высоких и тяжелых насыпей, во избежание возможного их опрокидывания, следует по обеим сторонам насыпи прорезать волокнистый слой неглубокими канавками и возводить насыпь ровными горизонтальными слоями так, чтобы она постепенно опускалась вместе с волокнистым слоем болота на дно (фиг. 2). При этом не следует перегружать края насыпи, т. к. в противном случае болотный грунт, оставшись под среднею частью насыпи, может прорвать ее.

Наибольшие трудности при возведении насыпей и устройстве выемок возникают на неустойчивых грунтах. Неустойчивость грунтов почти всегда зависит от действия воды, благодаря к-рому одни пласты сползают по другим или, размокая, расплываются. Если нельзя избежать устройства земляных сооружений в таких грунтах, то приходится предпринимать довольно сложные и дорогие работы по исправлению происходящих разрушений, а также для предупреждения их. Эти работы в большинстве случаев сводятся к устройству более или менее сложных систем дренажей для создания смежных масс осушенного грунта, к-рые были бы сами устойчивы и могли бы удерживать прилегающие неосушенные массы от движения. Иногда при этом приходится прибегать к замене части плохого грунта хорошим и к устройству каменных подпорных стенок с тщательным отводом воды. Т. к. все такие устройства связаны с большими расходами, то к ним следует приступать лишь после тщательного выяснения причин неустойчивости земляных масс и детальной разработки проектов.



Фиг. 2.

Способы разработки. Разработка грунта, т. е. копание, иногда с предварительным разрыхлением и перекладыванием в сторону или на перевозочные средства, при небольшом количестве работ производится вручную. В зависимости от грунта ручная разработка производится лопатами или ударными инструментами. Основными типами лопат являются: с а д о в а я, с прямоугольной насадкой,—для мягких и невязких грунтов и

для сбрасывания земли с вагонов; о с т р о к о н е ч н а я—для плотных и вязких грунтов; п о л ь с к а я — деревянная остроконечная лопата с железным наконечником; б а л л а с т н а я—с загнутыми краями, для сыпучих грунтов. Размеры лопат, рекомендованные XVII Совещ. съездом инж. службы пути, следующие: садовой—23×25, польской и остроконечной—23×30,5 *см*. В Америке приняты несколько большие размеры (табл. 4). Одна лопата при средних грунтах может прослужить ок. 75 рабочих дней и разработать от 375 до 500 $м^3$ грунта. При копании очень твердых грунтов необходимо их предварительно разрыхлять. Для этого употребляются кирки (фиг. 3, *а*), мотыги (фиг. 3, *б*), ломы и клинья. При легких условиях и хорошей производительности рабочий выкидывает с среднем до 600 лопат, или до 2 500—3 000 *кг/ч*; при тяжелой работе и плохой производительности—только 300—350 лопат, или 1 600—2 500 *кг/ч*. Трудность разработки грунта можно характеризовать родом инструментов, необходимых для его разработки, и условным коэффициентом, принимая за единицу, напр. (согласно новому Своду производственных строительных норм), трудность разработки легкого суглинка верхних слоев с содержанием песка около 65% (табл. 5).

Табл. 4.—Размеры американских лопат для земляных работ.

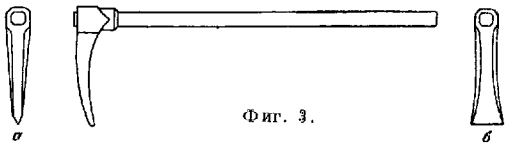
Тип лопаты	Размеры посадки: длина в *см*	Размеры посадки: ширина в *см*	Размеры посадки: вес в *кг*	Емкость лопаты в $дм^3$	Вес лопаты с средним грунтом в *кг*	Род грунта
Садовая	24—29	20—25	0,8—1,2	2,5—5,0	4,5—8,0	Мягкий
Остроконечная	28—35	24—30	1,0—1,7	4—8	6,5—11	Средние и плотные
» норм. тип.	30	25	1,2	4—5	6,5—8	Средние и плотные
Балластная от	38	30	—	8—9	11—13	Сыпучие
Балластная до	45	36	—	12—14	17—19	Сыпучие

Табл. 5.—Классификация грунтов по трудности разработки.

Род грунта	Коэфф. трудности разработки	Вес 1 $м^3$ грунта до разрыхл.	Способ разработки и необходимые инструменты
Песок, растительный грунт, супесок, чернозем, легкий суглинок	0,50—1,20	1 100—1 600	Металлические или польские лопаты
Гравий, тяжелые суглинки, жирн. глины, грунты с примесью щебня и строительного мусора	1,80—1,90	1 200—1 800	Металлические лопаты и отчасти кирки, ломы
Жирные глины и тяжелые суглинки с примесями, ломовые глины, мергель, мел, мягкие известняки, песчаники	1,90—4,00	1 700—2 300	Кирки, ломы, металлические лопаты, отчасти клинья
Скальные грунты	4,00—10,00	2 200—3 200	Кирки, ломы, клинья, молоты, подрывные работы, металлические лопаты

Суточная норма копания грунта при коэффициенте трудности разработки равном единице, с откидыванием до 3 *м* по горизонтальному направлению или до 1,5 *м* по вертикальному, составляет около 1,1 $м^3$ для естественного (неразрыхленного) грунта и около 1,8 $м^3$ для ранее выброшенного и несмешавшегося. Для надлежащей производительности работы важно, чтобы род и размер инструментов (лопаты и пр.) соответствовали характеру грунта.

При сосредоточении большого количества З. р. в одном месте выгодно применять м а ш и н н у ю разработку. Наиболее распространенным типом машины, употребляемой для копания грунта, является одночерпаковый экскаватор или паровая лопата (фиг. 4 и 5). Орудием работы экскаватора является черпак, к-рым машина копает грунт, как землекоп—лопатой. Черпак имеет стальные зубья для разрыхления грунта и откидное

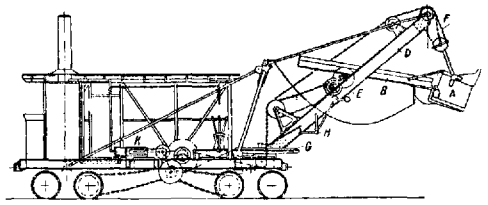


Фиг. 3.

дно для его высыпания. Черпак A с рукояткою B может занимать любое положение в пространстве, при чем рукоятка вращается около оси E, неподвижно прикрепленной к двойной укосине D. При помощи шестерни, насаженной на ось E, и кремальеры, приделанной к рукоятке черпака, последний может выдвигаться или втягиваться. Кроме того, черпак вместе с рукояткой и укосиною может вращаться около вертикальной оси MN. Для этого укосина связана с диском G, вращаемым охватывающею его цепью, концы которой наматываются на барабан паровой машины K. При помощи той же паровой машины цепью F производится поднятие и опускание черпака. Шестерня E, служащая для выдвигания и втягивания черпака, приводится в движение второю небольшою паровою машиною O, расположенною на укосине D, или при помощи ручного механизма; при опускании черпака используется также и сила тяжести черпака, умеряемая ленточн. тормозом.

Работа экскаватора производится след. обр. Укосину с черпаком обращают к разрабатываемому грунту (положение I); одновременно с этим, опуская цепь F, приводят ручку черпака сначала в вертикальное положение 1, а

затем, отпуская ленточный тормоз, освобождают шестерню *E* и дают возможность черпаку под влиянием силы тяжести опуститься в положение *2*. После этого цепью



Фиг. 4.

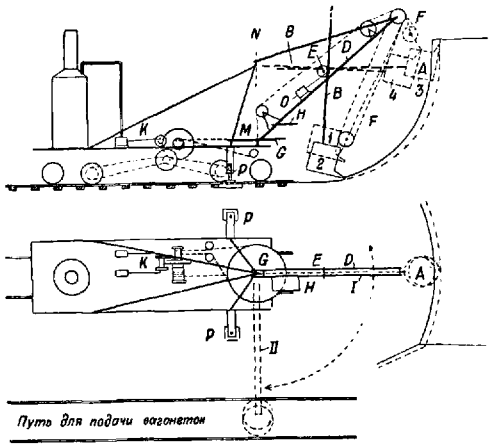
F постепенно поднимают черпак до положения *3*, все время плотно прижимая его к разрабатываемому откосу путем нажима шестерен *E* на рукоятку. Благодаря этому зубья черпака врезаются в откос, и черпак наполняется землею. Затем, отпустив ленточный тормоз, освобождают шестерню *E* и приводят черпак в положение *II*, так чтобы черпак пришелся над вагоном или вагонеткою для отвозки земли, и открывают днище черпака, дергая за особую веревку. После этого днище черпака захлопывается, и работа возобновляется в том же порядке. Одна такая операция обычно занимает около $^1/_2$ мин. Все манипуляции производятся двумя машинистами, из к-рых один находится у паровой машины *K* и управляет подъемом и поворотом черпака, а второй стоит на площадке *II* у паровой машины *O* и управляет выдвиганием и втягиванием черпака. Такой порядок обслуживания требует от обоих машинистов большой опытности и согласованности работы. По разработке всего грунта, доступного при данной стоянке, экскаватор передвигается по рельсовому пути (или по грунту, если экскаватор имеет гусеничный ход) при помощи паровой машины *K*. На новом месте экскаватор закрепляется широко раставленными домкратами *P* для придания ему боковой устойчивости. В зависимости от перерывов работы, обусловленных перестановками машины и подачей подвижного состава для отвозки земли, коэфф. использования (по времени) экскаватора бывает обыкновенно 0,45—0,50 и лишь в редких случаях достигает 0,60. Кроме того, каждый ковш подает грунт в объеме меньшем против его теоретич. емкости (0,55—0,80) вследствие промежутков между комьями и прилипания к стенкам ковша (табл. 6).

Табл. 6.—Суточная производительность одночерпакового экскаватора (в $м^3/ч$).

Наименование грунта	Емкость ковша в $м^3$				
	3	2,5	2	1,5	0,75
Песок, чернозем, легкий суглинок	180—225	150—188	120—150	80—110	44—53
Тяжелые суглинки и жирные глины	120—150	100—125	80—100	53—68	—
Скальные породы, предварительно раздробленные	60—90	50—75	40—60	—	—

Примерный вес экскаваторов, при емкости ковша в 3; 2,5; 2; 1,5 и 0,75 $м^3$, равен соответственно 85; 70; 60; 50 и 28 *т*. Небольшие экскаваторы (с ковшом 0,75 $м^3$) делаются обыкновенно на тракторном ходу. Разработка экскаваторами бывает выгодной при сосредоточенных в одном месте работах объемом не менее 150—200 тыс. $м^3$. При большой глубине выемки (не менее 5 *м*) и в тяжелых грунтах более выгодны экскаваторы с ковшами в 2—3 $м^3$ (см. *Землечерпательные снаряды*).

Стоимость работы экскаватора складывается из расходов на капитал (проценты и погашение), накладных расходов (доставка на место работ, сборка, разборка, хранение) и эксплоатационных расходов. Экскаваторы быстро изнашиваются, а потому погашение их должно происходить не более, чем в 12 лет. Заграничная практика рекомендует погашать их в еще меньшие сроки, а именно в 7 лет, а при двухсменной работе—даже в 5 лет. При этом в первые годы процент погашения должен приниматься более высоким, чем в последние. Накладные расходы составляют обычно около 20% от эксплоатационных расходов. Эксплоатационные расходы

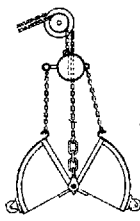


Фиг. 5.

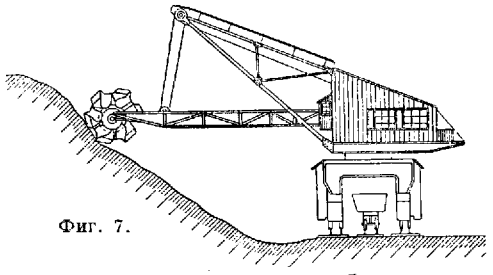
состоят из: стоимости топлива—ок. 1 *т* хорошего угля на 1 $м^3$ емкости ковша в 8-часовой рабочий день; воды, расход к-рой в 6—10 раз больше расхода угля; смазки, обтирки и пр. расходов по содержанию, составляющих 20—25% от стоимости топлива; содержания бригады (машинист, его помощник, кочегар, смазчик, ночной сторож и ок. 8 чел. путевых рабочих); ремонта машины, составляющего в рабочий сезон (ок. 175 рабочих дней) 15—18% от первоначальной стоимости экскаватора. Последний расход меньше для нового экскаватора и больше в последние годы его работы.

Кроме описанного типа одноковшевых экскаваторов с жесткою рукояткою, имеются и другие типы. Главнейшие из них следующие. Скребковые экскаваторы с ковшом, подвешенным на стальных канатах, и со стрелою до 50 *м* длины. Эти экскаваторы приспособлены для поднятия грунта с большой глубины и складывания его далеко в сторону; они применяются для рытья каналов. Грейферные экскаваторы с

грейфером (см.; фиг. 6). Этот экскаватор удобен для поднятия грунта на большую высоту, напр. при рытье глубоких котлованов. Многочерпаковые цепные экскаваторы с небольшими ковшами, емкостью не более 0,15—1,25 *м*³, образующими замкнутую цепь. Стрела этого экскаватора может выдвигаться на разную длину и принимать положение под разными углами к горизонту. Эти экскаваторы удобны для разработки глубоких откосов, которые при этом получаются совершенно правильной формы. Наконец, в колесных экскаваторах черпаки вместо цепи укрепляются на колесе диаметром от 1,5 до 6 *м* (фиг. 7). Эти экскаваторы являются универсальными машинами. Они



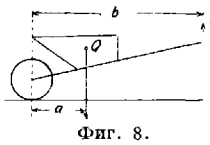
Фиг. 6.



Фиг. 7.

могут рыть откос с торца и быть опущенными в глубокую траншею. Производительность их бывает от 25 до 100 *м*³/*ч*, но есть машины, достигающие производительности 400 *м*³/*ч*.

Транспортирование грунта. Способы перемещения выкопанного грунта зависят от объема работ, дальности перемещения, рода грунта и пр. местных условий. При небольших расстояниях с успехом применяют возку тачками. Дешевизна оборудования и удобство нагрузки и выгрузки составляют достоинства тачечной возки. Недостатком ее является то, что рабочий, поддерживая оглобли тачки, часть груза, а именно $A = Q\frac{a}{b}$ (фиг. 8) должен нести на себе. Для облегчения рабочего иногда пользуются лямками, к-рые перекидываются через плечо рабочего, а в прошитые концы пропускают ручки оглобель. Для уменьшения сопротивления движению гонка тачек производится по катальным доскам 6×20÷40 *см*, на которые для уменьшения трения и износа досок полезно набивать железные полосы 0,5×8 *см*. При негоризонтальной местности катальные доски можно укладывать с уклоном до 0,04. При бо́льших уклонах необходимо прибегать к помощи крючников—пеших при уклоне не круче 0,12 и конных при уклоне не круче 0,33. При этом желательно на возможно большем протяжении делать уклоны не больше 0,04, более же крутые уклоны сосредоточивать в одном месте, делая их не



Фиг. 8.

положе 0,08. Для каждой артели тачечников в 20 чел. устраивается особый гон. Катальные доски укладываются от места свалки до разрабатываемого откоса, со специальными откосками для постановки каждой тачки. Тачки ставятся на откоски и нагружаются или самими каталями или специальными навальщиками. У места свалки обыкновенно ставят особых равневщиков. В русской тачке нормально везется около 100 *кг* земли, при весе самой тачки ок. 35—50 *кг*. Указанному весу соответствует около 0,07 *м*³ разрыхленной земли среднего веса. Продолжительность выгрузки тачки около $^3/_4$ м., продолжительность нагрузки 1—4 м. В среднем нагрузка и выгрузка продолжаются 3—$3^1/_2$ м. при нагрузке самим каталем и $1^1/_2$—2 м., если нагрузка производится особыми навальщиками, так что каталь, поставив порожнюю тачку для нагрузки, может взять другую, уже нагруженную тачку. Скорость гона тачек в среднем составляет 40—50 *м*/*мин*. Примерная производительность тачечной возки приведена в табл. 7.

Табл. 7.—Дневная производительность работы тачки емкостью в 0,07 *м*³.

При нагрузке каталями		При нагрузке навальщиками	
расстояние возки в *м*	производительн. в *м*³	расстояние возки в *м*	производительн. в *м*³
10	8,6	10	17,7
20	7,8	20	14,6
30	7,1	30	12,5
40	6,6	40	10,9
50	6,1	50	9,3
100	4,5	100	6,1
200	2,9	200	3,5
300	2,1	300	2,5

Скреперы-волокуши и колесные скреперы дают возможность применять лошадиную тягу. Лошади впрягаются спереди. Рабочий на месте нагрузки слегка приподнимает задний конец скрепера-волокуши за ручки, при чем переднее ребро скрепера врезывается в грунт, к-рый и наполняет скрепер. На месте выгрузки рабочий резко приподнимает заднюю часть скрепера; переднее ребро его зацепляется за землю, и скрепер опрокидывается. Скреперы иногда устраиваются на колесах или на полозьях. От места нагрузки до места выгрузки совок колесного скрепера находится в приподнятом состоянии (на 25—20 *см* над грунтом). Опускание совка для погрузки и опрокидывание его для выгрузки производятся при помощи особого рычага. При каждом скрепере имеется погонщик, направляющий лошадь. Нагрузка и выгрузка б. ч. производятся особыми рабочими. Скреперы-волокуши делаются обыкновенно емкостью от 0,14 до 0,2 *м*³; практически они нагружаются не более чем на $^1/_2$—$^3/_4$. Скреперы применяются при дальности возки 7—40 *м*, при чем делают оборот в $1^1/_4$—$1^1/_2$ м. и за день перерабатывают 30—50 *м*³ грунта. Для удешевления погрузки и выгрузки скреперы работают группами до 6 шт. При дальности возки 50—150 *м* применяются скреперы на полозьях или на колесах, теоретич. емкостью в 0,25—0,50 *м*³. Они могут перерабатывать в

среднем 20—60 $м^3$ грунта в день. В последнее время в Америке употребляют большие колесные скреперы емкостью 0,5—1,0 $м^3$ для тракторной тяги, при чем два-три таких скрепера припрягаются к трактору в 20HP. При дальности возки ок. 100 $м$, трактор может перевезти 150—200 $м^3$ грунта в день. Легкие супесчаные грунты могут забираться скреперами непосредственно. Плотные и щебенистые грунты требуют предварительного разрыхления, что наиболее экономично производится специальными плугами с конною или тракторною тягою.

Табл. 8.—Производительность подводы емкостью в 0,35 $м^3$.

Расстояние возки в $м$	Число оборотов подводы в 8-час. раб. день	Производительн. возки в $м^3$ в день
а) При навалке одним погонщиком		
100	25	8,8
200	22	7,7
300	19	6,6
400	17	6,0
500	15	5,3
1 000	11	3,8
1 500	8,5	2,9
2 000	6	2,1
б) При навалке погонщиком и тремя навальщиками		
100	60	21
200	45	15,8
300	35	12,3
400	28	9,8
500	25	8,8
1 000	14	4,9
1 500	10,5	3,7
2 000	8	2,8

С увеличением расстояния возки становится выгодным применять возку земли подводами. Наиболее распространенными типами подвод у нас являются грабарки, представляющие собою дроги с длинным нешироким ящиком, состоящим из неподвижного дна и двух съемных боковых стенок, снимаемых при выгрузке, и колымажки, представляющие собою дроги с поставленным на них опрокидывающимся коробом. Емкость грабарки ок. 0,5 $м^3$, колымажки—около 0,33 $м^3$. Достоинства и недостатки обоих типов уравниваются, и их можно считать равноценными. Скорость движения подводы: груженой ок. 50, порожней—ок. 90 $м$ в минуту, продолжительность разгрузки 2—3 мин., продолжительность нагрузки ок. 1,5 $м^3$ в час на одного рабочего. Число навальщиков не более 3 на подводу, кроме погонщика. Число подвод и навальщиков д. б. так рассчитано, чтобы навальщики не стояли без работы и чтобы по мере ухода груженых подвод подходили порожние. Средняя производительность подводы емкостью 0,35 $м^3$ приведена в табл. 8.

При расстояниях возки 1—3 $км$ и небольшом объеме работ иногда может с выгодою применяться возка автомобилями, которые в этом случае снабжаются опрокидывающимся назад кузовом или соединяются с подобным же прицепом. Для автомобильной возки земли в Америке применяются деревянные дороги в виде двух полос (колей) из продольных лежней по 2—3 в ряд, на шпалах, по земляному полотну.

Значительное улучшение условий земляной возки достигается при применении рельсового пути. В виду большой стоимости оборудования (путь и подвижной состав) применение возки по рельсовым путям, однако, выгодно лишь при достаточно большом объеме работ. Кроме того, рельсовые пути допускают лишь пологие уклоны. Необходимая для перемещения 1 $т$ груза сила тяги определяется ф-лой $T=f+i$, где f—удельное (т. е. на единицу перемещаемого груза) сопротивление движению по горизонтальному пути, а i—дополнительное удельное сопротивление движению на подъеме. Средние значения коэфф-та f для различных дорог приведены в табл. 9. Дополнительное удельное сопротивление движению

Табл. 9.—Величина удельного сопротивления движению по горизонтальному пути.

Характеристика пути	f
Песчаная дорога	0,15
Обычная грунтовая дорога	0,10—0,08
Плотная, сухая грунтовая дорога в хорошем состоянии	0,05
Снежная дорога (на санях)	0,035—0,02
Деревянная мостовая	0,018—0,013
Железнодорожный путь:	
узкой колеи временный, вплохом состоянии	0,015—0,013
узкой колеи временный, в хорошем состоянии	0,012—0,010
узкой колеи постоянный	0,010—0,005
широкой колеи—постоянный	0,003—0,0025

на подъеме равно тангенсу угла наклонения пути к горизонту, независимо от рода пути. Например, при крутизне подъема пути 0,03, $i=0,03$, или 0,03 $т$ на 1 $т$ перемещаемого груза. Сравнительные данные о силе тяги живых и паровых двигателей приведены ниже в табл. 10.

Табл. 10.—Сила тяги двигателей.

Род двигателя	Способ возки	Средн. вес перемещаемого грунта по горизонтальн. пути в $т$	Средн. скорость груж. хода в $м/сек$	Сила тяги в $кг$
Человек	Тачкою	0,165	1,21	—
»	В вагонетке по узкоколейному рельсовому пути	1,0	0,52	14
Лошадь	В упряжке по хорошей горизонтальной грунтовой дороге	0,5—1,0	1,31	45—82
»	В вагонетках по горизонтальному узкоколейному рельсовому пути	3,2—5,8	1,40	45—82
Паровоз узкой колеи	В вагонетках (скорость 6 $км/ч$)	130—260	1,67	1 500—3 250
Паровоз широкой колеи	В вагонах-платформах (скорость 10 $км/ч$)	770—970	2,78	8 000—10 000

Из этой таблицы видно, что рельсовые пути дают возможность применять очень мощные двигатели. Однако, это преимущество рельсовых путей м. б. рационально использовано лишь при небольших уклонах. Для практических целей рельсовые пути следует укладывать с подъемами по возможности не круче 0,01—0,02. При крутизне более 0,04 рельсовые пути практически вообще редко применимы. Влияние крутизны подъемов на силу тяги видно из табл. 11.

Табл. 11.—Влияние крутизны подъемов на силу тяги.

Типы паровозов	Скорость на предельном подъеме в км/ч	Предельный вес (в m) состава поезда Q' (вагонов и груза) и одного груза Q'' при разных предельных подъемах в ‰													
			5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	40
		Нормальная широкая колея 1524 мм														
Серия Ов, 0-4-0 сцепн. вес 52,2 m	10	Q'	1 105	955	840	745	670	605	505	430	370	325	285	215	165	105
		Q''	769	665	585	519	466	421	351	299	258	226	198	150	115	73
	15	Q'	830	715	630	560	501	459	375	315	275	235	205	150	115	65
		Q''	578	498	438	390	349	313	261	219	191	164	143	104	80	45
Серия Щ. 1-4-0 сцепн. вес 64,3 m	10	Q'	1 395	1 205	1 060	940	845	765	635	540	470	410	360	275	210	130
		Q''	971	839	738	654	588	532	442	376	327	285	251	191	146	90
	15	Q'	1 080	935	820	730	655	590	490	415	355	310	270	200	150	85
		Q''	752	651	571	508	456	411	341	289	247	216	188	139	104	59
		Нормальная узкая колея 750 мм														
Колом. з-да, 0-4-0 сцепн. вес 20,5 m	—	Q'	373	325	287	256	231	210	176	150	130	114	101	76	59	37
		Q''	261	228	201	179	162	147	123	105	91	80	71	53	41	26
Колом. з-да. 0-3-0 сцепн. вес 11,79 m	10	Q'	253	221	196	175	153	144	122	104	91	80	72	55	44	29
		Q''	177	155	137	123	111	101	85	73	64	56	50	39	31	20
З-да Крауса, 0-2-0 сцепн. вес 10,00 m	10	Q'	183	160	142	128	116	106	90	78	67	60	54	43	34	24
		Q''	128	112	99	90	81	74	63	55	47	42	38	30	24	16

При менее значительн. количестве работ и очень большой дальности возки применяется рельсовый путь узкой колеи. Наиболее распространенною является колея в 750 *мм* (стандартная); реже—колея в 600 *мм*. Узкоколейные пути делаются или переносными, в виде звеньев длиною до 5 *м*, состоящих из рельсов с прикрепленными к ним металлич. шпалами, или обычного типа на деревянных шпалах. Переносные пути удобны при небольших сравнительно работах, когда в течение работ все время приходится перекладывать пути. Для возки по узкоколейным путям обыкновенно пользуются металлич. вагонетками с опрокидывающимися кузовами, емкостью 0,75—1,5 $м^3$. При большей емкости (до 3,5 $м^3$) вагонетки делают с прямоугольными кузовами и откидными бортами. Кузовы последних вагонеток часто делают деревянными. Для избежания несчастных случаев при движении вагонеток по крутым уклонам часть вагонеток (в зависимости от уклона, до 50%) должна снабжаться тормозами. Тяга вагонеток по узкоколейным путям производится или лошадьми, к-рые при этом идут сбоку пути, или паровозами. Последние бывают или двухосными (танк-паровозы) или трех- и четырехосными с отдельными тендерами. Основные данные для наиболее распространенных в СССР типов землевозных паровозов приведены в табл. 12.

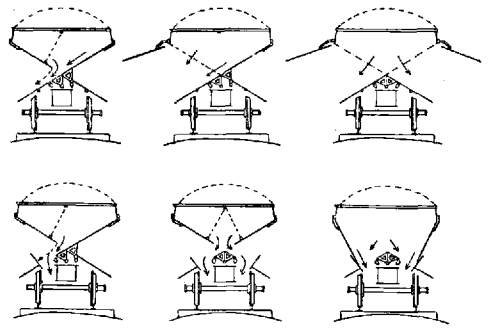
По рельсовым путям широкой колеи возка земли производится в обыкновенных платформах подъемной силы 16,5 m или в специальном подвижном составе. Простейшим типом последнего являются т. н. т р ю к и, представляющие собой укороченные платформы с высокими откидными бортами. Кроме того, существует целый ряд специальных вагонов с приспособлениями для ускорения выгрузки, как то: опрокидывающимися кузовами, створчатыми боковыми стенками и днищами и т. п. Подъемная сила этих вагонов достигает 50 m. В качестве весьма совершенного, но дорогого типа можно указать употребляемые в Америке вагоны Гудвина (фиг. 9), приспособленные для выгрузки земли внутрь или наружу колеи, на одну или на обе стороны, быстро или медленно.

Табл. 12.—Характеристики землевозных паровозов.

Характеристика	З-да Крауса 2-осный	Коломенск. з-да 3-осн.	Коломенск. з-да 4-осн.
Число и расположение осей	0-2-0	0-3-0	0-4-0
Число осей тендера	—	2	3
Средний вес паровоза в m:			
порожнего	8,0	10,12	18,5
в рабочем состоянии (сцепной вес)	10,0	11,79	20,5
Наибольший вес, приходящийся на 1 ось, в m	5,0	3,93	5,35
Сила тяги по сцеплению ($^1/_{5,5}$ сцепного веса) в *кг*	1 818	2 144	3 727
Вес тендера в m:			
порожнего	—	3,2	6,5
в рабочем состоянии	—	7,3	14,5

Установка створных частей может производиться вручную или при помощи пневматических, паровых или электрич. механизмов, при чем один рабочий может управлять выгрузкою нескольких вагонов. Специальные

приспособления подвижного состава имеют целью главным образом уменьшить затрату рабочей силы на выгрузку земли и сократить



Фиг. 9.

продолжительность ее. Большие затраты на специальный подвижной состав, однако, могут оправдаться лишь при большом количестве и при хорошей организации работ. Для этого, в частности, должны быть правильно устроены пути в местах нагрузки и выгрузки, а при большой дальности возки и работе нескольких паровозов—и разъезды на пути.

Для суждения о приблизительной стоимости перевозки грунта разными способами при различной дальности возки можно руководиться табл. 13, дающей в копейках стоимость перевозки 1 $м^3$ земли.

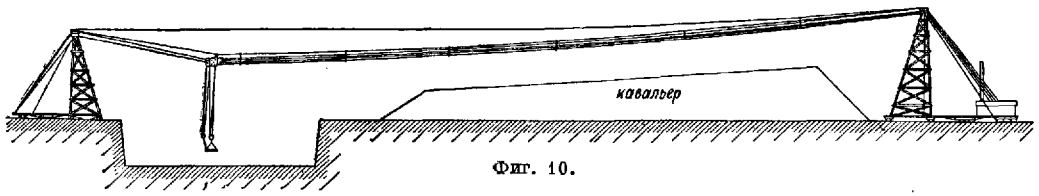
Табл. 13.—Стоимость перевозки 1 $м^3$ земли (в коп.).

Способ возки	$V:L$ (отношение объема вывозимой за стр. сезон земли в $м^3$ к длине путей в ж.м)	Стоимость при средней дальности возки l м
Тачками	—	$21+0{,}24\,l$
Конными подводами	—	$29+0{,}051\,l$
Ручными вагонетками	20 000	$40+0{,}04\,l$
Конными вагонетками	10 000	$60+0{,}011\,l$
Конными вагонетками	30 000	$37+0{,}011\,l$
Паровозною тягою	50 000	$44+0{,}0062\,l$
» »	100 000	$38+0{,}0062\,l$

Табл. 13 показывает, что тачечная возка выгодна лишь при малых расстояниях возки, менее 50—100 *м*. Возка подводами, если объем работ не велик $\left(\frac{V}{L}<10\,000\right)$, выгоднее при возке на расстояние до 750 *м*; при большом объеме работ $\left(\frac{V}{L}\cong 30\,000\right)$ конные вагонетки выгоднее подвод, и при малом расстоянии возки (500—1 500 *м*) конные вагонетки вообще являются наиболее дешевым средством возки, уступая при меньших расстояниях (200—600 *м*) и малых объемах ручным вагонеткам, а при больших расстояниях и больших объемах (50 000—100 000 $м^3/км$)—паровозной тяге.

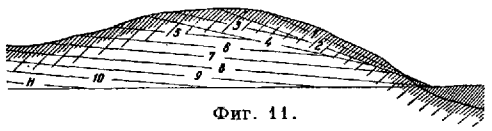
При наличии особых условий могут с выгодою применяться для перемещения земли разные специальные устройства, напр. ленточные конвейеры, иногда в комбинации с плугами и тракторами, а также различного типа канатные дороги. Пример применения канатной дороги при сооружении канала показан на фиг. 10. Здесь две башни перемещаются вдоль канала по специальным рельсовым путям. У одной расположен двигатель. Между башнями—канатн. устройство с черпаком, помощью которого грунт из канала перемещается в расположенный вдоль канала кавальер.

Производство работ. Способы разработки выемок и возведения насыпей зависят от рельефа местности, перевозочных средств и всей совокупности местных условий. Во всех случаях первейшею заботою строителя должно быть обеспечение достаточно широкого



Фиг. 10.

фронта работ для выполнения задания в требуемый срок. При разработке выемок необходимо, кроме того, обращать особое внимание на то, чтобы из разрабатываемой выемки все время был обеспечен надлежащий отвод воды. Типичными способами разработки выемок являются: продольный, разработка с головы и штольневый. При продольном способе разработка ведется сразу по всей длине выемки или по большей ее части слоями, при чем разработка постепенно углубляется (фиг. 11). Продольный способ

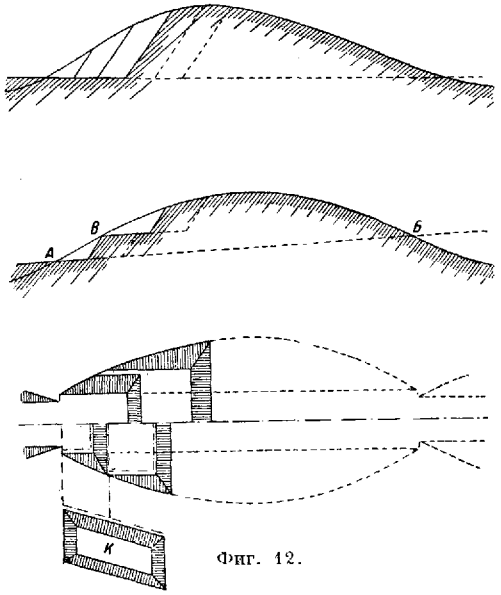


Фиг. 11.

очень удобен при возке по рельсовым путям, к-рые следует по возможности укладывать с уклонами 0,005—0,008. Опускание рабочего пути при рыхлых грунтах производят, вынимая грунт в промежутках между шпалами, а затем срывая его и под ними. Таким приемом можно путь сразу опускать на 0,5—0,7 *м*. При более плотных грунтах опускание рабочего пути производят путем перекладки его в устраиваемую рядом траншею, углубленную на 1,0—1,5 *м*. Для разъезда груженых и порожних составов у входного конца выемки должны быть устраиваемы разъезды пути.

При разработке выемки с головы работы ведутся сразу по всему поперечному сечению выемки и постепенно продвигаются в продольном направлении (фиг. 12; *К*—

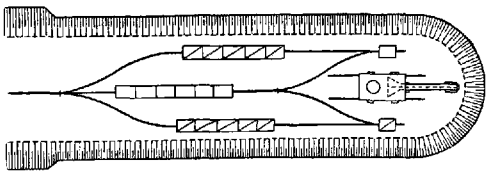
кавальер). Иногда бывает удобно работу вести в нескольких уровнях (*A*, *B*): напр., первый слой разрабатывать лишь на половину глубины выемки, а второй, *A-B*—уже на



Фиг. 12.

полную глубину. Разработка с головы чаще всего применяется, когда местность имеет вдоль оси выемки крутой уклон и когда земля из выемки отвозится в кавальер. На фиг. 13 представлен пример расположения путей при разработке выемки с головы экскаватором и при возке земли вагонетками.

При глубине выемки свыше 10 — 15 *м* с выгодою применяется штольневый



Фиг. 13.

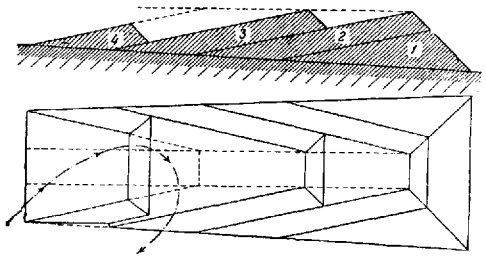
(английск.) способ разработки: рабочий путь укладывается в проектном уровне полотна выемки в штольне, обделанной деревянными крепями. Разработка грунта ведется с поверхности земли, и грунт загружается в вагонетки через вертикальные шахты, к-рые при слабом грунте также обделываются в нижних частях деревом. При штольневом способе не приходится перекладывать и опускать рабочего пути и поднимать грунт при погрузке в подвижной состав; уклон рабочего пути, а следовательно, и сопротивление движению незначительны. Эти выгоды, при достаточной глубине выемки, окупают большие расходы по устройству штольни.

При возведении насыпей прежде всего следует обращать внимание на употребление хорошего грунта, а при возведении насыпи из различных грунтов—на надлежащее взаимное их расположение, во избежание размокания ядра насыпи и образования сплывов. Затем основным правилом является возведение насыпи слоями с возможно лучшим уплотнением каждого слоя. Основными способами возведения насыпей являются: продольная отсыпка, отсыпка с головы и отсыпка с эстакады.



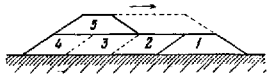
Фиг. 14.

При продольной отсыпке работы ведутся сразу на значительном участке по длине насыпи, при чем отсыпка ведется слоями. Этот способ очень удобно применять при возке тачками (фиг. 14), при чем слои *a*, *b* делаются не толще 0,6 *м*. При возке подводами слои приходится располагать наклонно (фиг. 15): подводы въезжают на насыпь по поверхности отсыпаемого слоя, у верхнего ребра его выгружаются и спускаются при

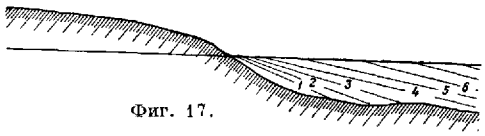


Фиг. 15.

небольшой высоте насыпи непосредственно по откосу, а при значительной высоте насыпи—по устраиваемым вдоль откосов съездам. Толщина слоев—не более 1 *м*. При таком способе работ каждый слой хорошо уплотняется, и получается устойчивая насыпь. При возке поездами, для скорейшего развития фронта работ, рельсовый путь сначала укладывается с минимальными работами, лишь бы уклон не превышал 0,03, и с этого пути ведется отсыпка слоями (фиг. 16), при



Фиг. 16.



Фиг. 17.

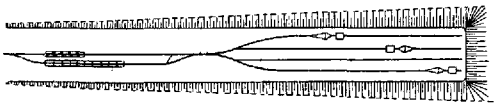
чем после окончания одного слоя путь поднимают для образования следующего слоя. При отсыпке каждого последующего слоя уклон рабочего пути смягчается, пока не достигнет наивыгоднейшей крутизны (фиг. 17).



Фиг. 18.

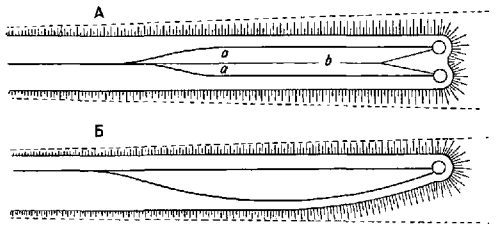
Отсыпка насыпи с головы ведется от нулевой точки насыпи, слоями во всю ширину и высоту (фиг. 18). Если возка производится вагонетками, опрокидывающимися вперед, то выгрузочные пути можно располагать по схеме фиг. 19. При возке вагонетками, опрокидывающимися вбок, устраивают на длинных брусьях у головы насыпи поворотные круги, переставляемые по мере продвижения работ (фиг. 20, А: *a* — груженые вагонетки, *b* — порожние). Иногда, особен-

но при возке грунта по ширококолейному пути, рабочий путь, во избежание частых боковых передвижек, укладывают по оси возводимой насыпи и выгрузку земли производят по обе стороны, постепенно поднимая



Фиг. 19.

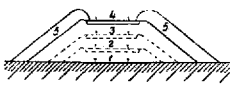
рабочий путь (фиг. 21). На однородном рыхлом грунте этот способ дает хорошие результаты при небольшой высоте насыпи. При вязких грунтах, особенно в сырую погоду, способ этот менее удобен вследствие затруднительности подъемки рабочего пути,



Фиг. 20.

а при большой высоте насыпи рыхлые боковые присыпки легко сползают по уплотненному ядру.

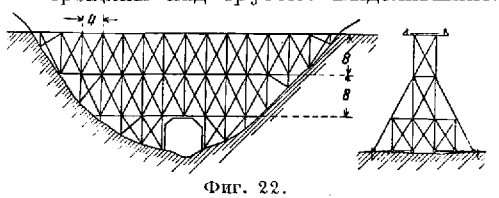
Для избежания этих дефектов высокие насыпи, при подвозке земли поездами, иногда



Фиг. 21.

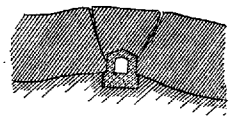
м. б. выгодным возводить с деревянной эстакады (фиг. 22); при этом земляной поезд подается на эстакаду, земля выгружается и разравнивается горизонтальными слоями, желательно с утрамбовкою. Боковые стойки, схватки и кресты эстакады по мере отсыпки насыпи вынимаются. В конце работы разбирается и проезжая часть эстакады. Основные стойки могут без вреда быть оставлены в насыпи. Препятствием для широкого пользования эстакадами является их высокая стоимость.

С особою тщательностью должна производиться засыпка искусственных сооружений (напр. мостов и труб при устройстве ж.-д. насыпи). При высоких насыпях и слабом грунте основания насыпь по обеим сторонам трубы (фиг. 23) может дать осадку, образовав трещины над трубою. Выделившийся

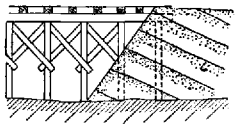


Фиг. 22.

при этом земляной клин своею тяжестью может повредить сооружение. При засыпке устоев мостов без надлежащих предосторожностей земля может повредить устои, оказывая на них чрезмерное боковое давление. Особенно легко таким путем повреждаются деревянные свайные мосты, к-рые получают продольное искривление. Поэтому при засыпке искусственных сооружений следует землю насыпать горизонтальными слоями, толщиною не более 0,4 м, желательно с утрамбовкою, а при песчаном грунте—с поливкою водою. При засыпке деревянных мостов полезно придавать слоям земли уклон от моста (фиг. 24). При высоких насыпях и слабых грунтах основания желательно сначала устроить насыпь, оставляя прогалины у искусственных сооружений, а засыпку сооружений производить после осадки насыпи с соблюдением всех предосторожностей. Сопряжение



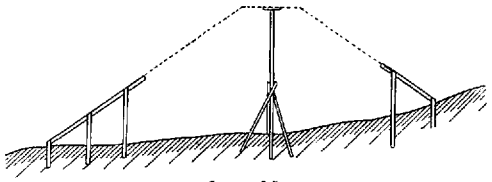
Фиг. 23.



Фиг. 24.

засыпки сооружений со старою насыпью следует делать правильными уступами, особенно при засыпке устоев мостов, во избежание сползания присыпки на устои. За устоями мостов необходимо устраивать дренаж для отвода воды.

Приступая к устройству насыпей и выемок, необходимо предварительно произвести тщательную разбивку их, т. е. наметить на местности кольями ось полотна и края откосов. Для этого производится нивелировка местности по оси сооружения. В случае надобности снимаются поперечные профили. Расчетом определяются расстояния, на которых откосы пересекаются поверхностью



Фиг. 25.

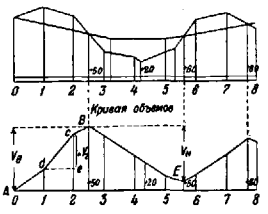
земли, и как ось сооружения, так и положение откосов будущих насыпей и выемок обозначаются особ. знаками, как показано на фиг. 25. Разбивку насыпей следует производить с запасом на осадку разрыхленного грунта насыпи. При разработке выемок надо следить за тем, чтобы не перебрать выемки. Лучше разработать выемку сначала вчерне, с небольшим недобором, а затем произвести подчистку точно по проектному профилю. Исправление переборов последующими присыпками затруднительно, ибо тонкие присыпки держатся плохо.

Распределение земляных масс. При постройке больших земляных сооружений весьма важное значение имеет правильн. распределение земляных масс. Стоимость З. р. складывается из стоимости копания грунтов и стоимости их перевозки, при чем стоимость перевозки сильно возрастает с увеличением дальности ее. Землю при образовании выемок можно или употреблять для возведения насыпей (транспортные работы) или же складывать на сторону в кавальеры, а для образования насыпей брать землю из специально закладываемых резервов.

При возке земли из выемки в насыпь каждый куб копания земли (в выемке) дает два полезных куба земляного сооружения—один куб выемки и один куб насыпи. Но при этом может получиться более далекая возка. Транспортные работы, т. е. с возкою земли из выемок непосредственно в насыпи, не всегда возможны,—напр., когда в выемке грунт плохой и не годится для образования насыпи. Иногда же, особенно при небольших насыпях и выемках и при возможности устройства вблизи резервов и кавальеров, транспортные работы оказываются невыгодными, т. к. получение двойных полезных кубов может не окупать далекой возки земли.

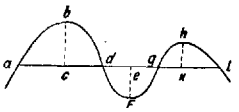
Поэтому при производстве З. р. вопрос о правильном распределении земляных масс в целях получения наименьшей стоимости работ представляется весьма важным. Задача заключается в распределении перевозки земляных масс и в определении районов применения различных способов возки (тачечной, конной, паровозной) таким образом, чтобы стоимость работ получалась при этом наименьшею.

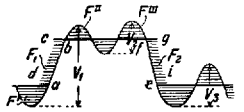
Для решения этой задачи удобно пользоваться графич. методами, в частности—кривою объемов. На фиг. 26 в верхней части изображен продольный профиль земляного полотна ж.-д. пути, т. е. сечение его по продольной оси вертикальн. плоскостью; в нижней части представлена кривая объемов, изображающая объемы земляного сооружения на том же участке, начиная от какой-либо начальной точки *0*. При этом приращения объемов выемок откладываются вверх, а насыпей—вниз. Построение кривой объемов начинается с точки *A*, соответствующей началу данного участка земляного сооружения. На ординате, соответствующей точке *1*, в каком-нибудь определенном масштабе откладывается объем части выемки, заключающейся между поперечными профилями, проходящими через точки *0* и *1*. На ординате, соответствующей точке *2*, откладывается объем выемки от начала до поперечного профиля, проходящего через точку *2*, т. е. ордината *1d* увеличивается на приращение объема выемки между профилями *1* и *2*: $\Delta V_2 = ec$. Участок кривой объемов *AB* соответствует насыпи, и ордината точки *B* в принятом масштабе изображает объем всей выемки $V_в$.. Следующий участок *BE* соответствует насыпи. Разность ординат точек *B* и *E* будет соответствовать объему всей насыпи $V_н$., а ордината точки *E*—разности между объемами выемки и насыпи. От точки *E* идет вторая восходящая часть кривой объемов, соответствующая приращению объемов второй выемки, и т. д. Таким образом, каждой точке перехода из выемки в насыпь соответствует точка перехода кривой от восходящей ветви к нисходящей и обратно.



Фиг. 26.

Если кривую объемов пересечь прямою, параллельною оси абсцисс т. о., чтобы каждая волна ее, расположенная над или под секущей линией, соответствовала двум смежным участкам выемки и насыпи, имеющим равные объемы, то при этом высоты волн (фиг. 27) *bc*, *ef*, *kh* будут соответствовать


Фиг. 27.


Фиг. 28.

объемам этих участков насыпей и равновеликих им выемок, а площади волн *abd*, *dfg*, *ghl* будут соответствовать произведениям этих объемов на средние дальности возки. Секущая линия, параллельная оси абсцисс, называется р а с п р е д е л я ю щ е ю.

В зависимости от вида кривой объемов, иначе говоря, от соотношения объемов выемок и насыпей, пределы транспортных работ м. б. определены одною или несколькими распределяющими прямыми. Последний случай представлен на фиг. 28, где пределы транспортных работ заданы тремя распределяющими прямыми. При этом земля из первой выемки, с объемом V_1 (первая восходящая линия кривой объемов), вывозится частью в насыпи, а частью в кавальер: земля из начального и конечного участков выемки вывозится в прилегающие насыпи, земля же со среднего участка выемки, соответствующего участку *ab* кривой объемов, вывозится в кавальер. Средняя дальность возки в кавальер отложена в масштабе по направлению распределяющих прямых, а потому площадь четырехугольника *abcd* представляет собою произведение из объема земли, вывозимой в кавальер, на среднюю дальность возки. Земля из второй выемки, с объемом V_2 (вторая восходящая линия кривой объемов), целиком употребляется для образования прилегающих к выемке участков насыпей. Земля из третьей выемки, с объемом V_3, вывозится частью для образования прилегающей слева насыпи, а частью—в кавальер. При данном на фиг. 28 расположении распределяющих прямых только часть большой насыпи, соответствующей второму нисходящему участку кривой объемов, образуется из земли, вывозимой из прилегающих выемок. Для образования же средней части насыпи земли из выемок не хватает, и приходится возить землю из резервов. Средние дальности возки земли из резервов на рисунке отложены в масштабе по направлению распределяющих прямых, и площадь четырехугольника *efgi* представляет собою произведение из объема земли, которая получается для второй насыпи из резервов, на среднюю дальность возки.

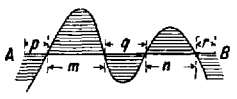
При проектировании распределения земляных масс задача заключается в том, чтобы на кривой объемов так расположить распределяющие прямые, иначе говоря, так установить границы участков транспортных и нетранспортных работ, чтобы стоимость земляных работ, учитывая их объем и дальность возки земли, была наименьшей. Если назовем через F', F'', F''', ... площади отсекаемых распределяющими прямыми волн кривой объемов, представляющие собою произ-

ведения объемов на средние дальности перевозки для транспортных работ, а через F_1, F_2, F_3, ... — площади четырехугольников, представляющих собою произведения объемов на соответствующие средние дальности перевозки для нетранспортных работ, то наивыгоднейший случай, в смысле работы перевозки (произведение объема З. р. на среднюю дальность перевозки), будет при таком положении распределяющих прямых, когда

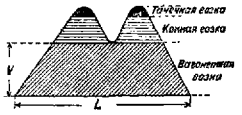
$$\sum(F'+F''+F'''+...)+\sum(F_1+F_2+F_3+...)=min.$$

Для каждой распределяющей прямой в отдельности наивыгоднейшее расположение будет (фиг. 29) при $m+n=p+q+r$.

Для того чтобы получить наименьшую стоимость З. р., надо выбрать еще наивыгоднейшие в каждом случае способы перевозки и определить количество работ, относящихся к каждому способу перевозки. На фиг. 30 представлен пример такого распределения З. р. по способам перевозки, при чем надо



Фиг. 29.



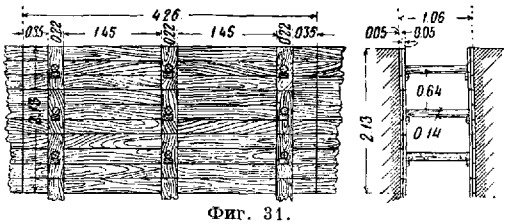
Фиг. 30.

помнить, что применение перевозки по рельсовым путям оправдывается только в тех случаях, когда $\frac{V}{L}$ удовлетворяет условиям, указанным в табл. 13. (ст. 453).

Из изложенного видно, что вопрос о правильном распределении земляных масс имеет большое значение для получения наименьшей стоимости З. р. и притом является довольно сложным. В виду этого к возведению каждого крупного земляного сооружения следует приступать лишь после детальной разработки проекта распределения земляных масс, а также способов разработки и перевозки земли.

Лит.: Дмоховский В. К., Проектирование и расчет земляных работ, 3 изд., М.—Л., 1928; Дубелир Г. Д. и Толстопятов В. М., Земляные работы, М.—Л., 1927; Радкевич М. И., «Железнодорожное дело», М., 1914, *9—10*; Handb. Ing., 4 Aufl., T. 1, B. 1, 1924; Goering A., Massenermittelung, Massenverteilung u. Transportkosten der Erdarbeiten, 5 Aufl., B., 1907. **В. Толстопятов.**

Особые виды земляных работ. Сюда относится прежде всего копание земли из рвов, шириной не менее 1,4 *м*, в отвесных стенках, для прокладки всякого рода подземных трубопроводов, кабелей и пр. Этот вид работ наиболее часто и в больших размерах имеет место на городских улицах, по к-рым пролегают все подземные сооружения для обслуживания зданий, как то: водопровод, канализация, газовое и электрическ. освещение и пр.; здесь копание более затруднительно и оценивается дороже в виду узкости траншей и тесноты от распорных лесов, удерживающих стенки от обвалов. Устройство распорных лесов показано на фиг. 31. Другим видом З. р. является копание земли в жидком, пропитанном водой грунте, в плывунах и пр.; при таких работах требуется принятие технических мер для борьбы с водой: забивка шпунтов в один ряд или два, с глиняным заполнением между рядами и откачкой воды из котлованов и рвов внутри ошпунтованного пространства. В весьма водопроницаемых грунтах с большим успехом применяется осушка грунта для З. р. путем специальных водоотсасывающих установок, состоящих из ряда трубчатых фильтров, опущенных в



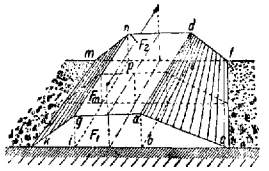
Фиг. 31.

грунт на определенную глубину и соединенных между собой на поверхности трубопроводами с насосом для откачки. Откачка должна производиться во все время производства работ, т. к. при приостановке откачки котлован немедленно заполняется грунтовой водой до первоначального уровня.

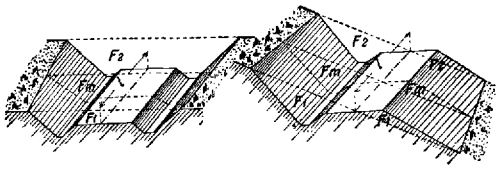
Учет и обмер земляных работ. В зависимости от плотности грунта, трудности копания и применения тех или иных инструментов при производстве работ, грунты разделяются на следующие категории: а) плывучие грунты, разжиженные водой и вынимаемые с помощью черпаков; б) грунты, легко отделяемые железными или деревянными, с железным лезвием, лопатами, как то: сыпучий песок, растительная земля; в) более плотные, но поддающиеся отделению лопатами (штыковка) глинистые грунты и растительные земли, напр., грунты, смешанные со щепой и щебнем; г) грунты, требующие предварительного отделения и разрыхления ломами, кирками, топорами,—вязкие глины, торфяной грунт с корнями, мергели с отдельными камнями; д) грунты, составляющие переходную ступень к твердым каменистым породам, как то: выветривающиеся горные породы, слои мягкого песчаника небольшой мощности, к-рые поддаются разрыхлению тяжелыми кирками, ломами и клиньями; е) осадочные каменные породы мощных напластований, как то: твердые кварцевые песчаники, сланцы и др., к-рые еще могут отделяться от породы стальными клиньями под ударами кувалды, но для к-рых с успехом могут применяться и подрывные работы динамитом или порохом; наконец, ж) изверженные породы кристаллического строения, как то: граниты, гнейсы, базальты, сиениты, диабазы и пр., которые поддаются дроблению лишь путем буровых и подрывных работ.

При определении уроков для копания одной кубич. единицы земли принято обмерять ее в плотном теле, т. е. в занимаемом ею объеме до выемки; если же количество работ определяется по объему насыпи, т. е. меньшей плотности земли, то необходимо внести поправки на разрыхление. Однако, такие поправки всегда могут служить предметом недоразумений; при массовых работах, конечно, возможно производство предварительных опытов для установления степени разрыхления. В Урочном положении и урочных нормах принято считать объем перерабатываемой земли в плотном теле и вводить градации по плотности и трудности копания.

Для определения количества земли, подлежащей переработке, или уже переработанной, необходимо при составлении предварительных проектов и смет и для расчета за произведенные работы составить чертежи, к-рые выражали бы выемки и насыпи в геометрических фигурах, определение объема которых поддается подсчету. На фиг. 32 представлена насыпь, ограниченная двумя перпендикулярными к ее оси плоскостями F_1 и F_2 (профили), отстоящими друг от друга на расстоянии l; она м. б. разложена на следующие геометрические фигуры: две усеченные пирамиды *abcdef* и *gikmnp* и призмообразное среднее тело *abigdepn*; таким же образом разбивается на составные геометрич. элементы и выемка под полотно дороги с двумя кюветами (фиг. 33). На фиг. 34 представлена разбивка



Фиг. 32.



Фиг. 33.

Фиг. 34.

выемки и насыпи для дороги, расположенной на косогоре. Наконец, возможен случай, когда земляное сооружение всем своим сечением переходит из выемки в насыпь, проходя через нулевую линию в месте выхода из выемки в насыпь. Однако, такой способ определения земляных масс, в виду его сложности и кропотливости, неприменим, хотя и дает более близкие к действительности результаты. На практике широкое распространение получил способ средних профилей, заключающийся в том, что объем земли получается от умножения средней арифметической площади F_m для площадей двух смежных поперечных профилей F_1 и F_2 на расстояние l между ними: $V=\frac{F_1+F_2}{2}\,l=F_m l$. Этот способ расчета применим и в случаях, когда на одном и том же профиле имеют место насыпь и выемка; при этом, однако, насыпь и

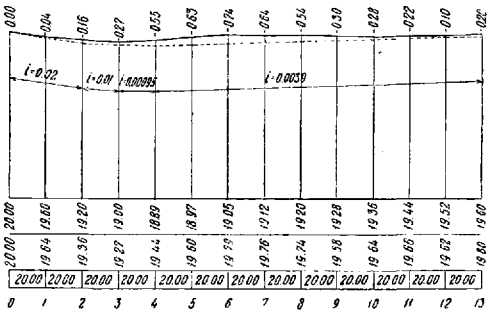
Табл. 14. — Сводка вычислений объема насыпи (выемки).

Номера профилей	Площадь в $м^2$	Средн. площ. в $м^2$	Расстоян. между профилями в $м$	Объем в $м^3$
0 1	0 26	13	50	650
1 2	26 43	34,5	50	1 725
2 3	43 32	37,5	50	1 875
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .

выемка д. б. подсчитаны отдельно. Для случая перехода насыпи в выемку между двумя поперечными профилями формула объема принимает вид: для насыпи $V_{нас.}=\frac{F_1 l_1}{2}$, а для выемки $V_{в.}=\frac{F_2 l_2}{2}$, где l_1 и l_2—расстояния от соответственных профилей до места перехода насыпи в выемку. Площади поперечных профилей м. б. вычислены или определены планиметром. Обычно все вычисления земляных масс для наглядности и облегчения проверки сводят в таблицу (табл. 14). Этот способ расчета земляных масс весьма прост, но страдает нек-рой неточностью. По Винклеру, для местностей сравнительно ровных и с незначительными уклонами более точные результаты дает ф-ла

$$V=\frac{l}{6}(F_1+4F_m+F_2),$$

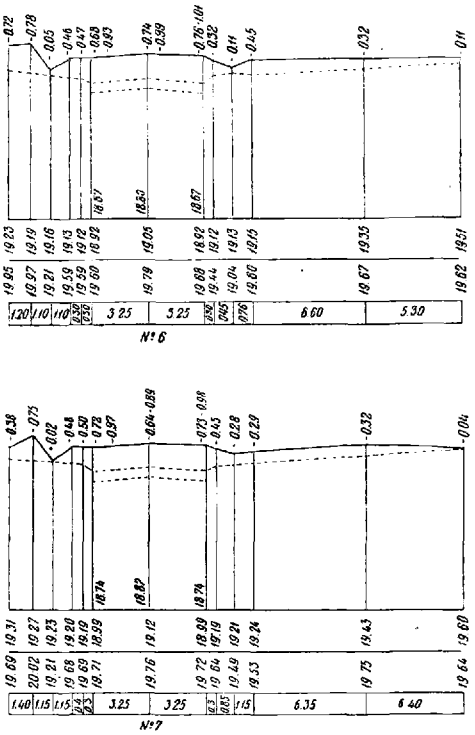
в к-рой F_m—действительная площадь среднего профиля, l—расстояние между профилями F_1 и F_2, при чем $l_1=l_2=\frac{l}{2}$. Чем ровнее поверхность земли между профилями, тем подсчет земляных масс ближе к действительности; поэтому для получения большей точности существенное значение имеет правильный выбор мест и количества профилей, снимаемых с натуры. Для этого профили д. б. засняты в местах переломов и изгибов поверхности земли, в углублениях и на возвышенностях и в других характерных местах; в местностях со значительными уклонами профили должны чаще следовать друг за другом, и на самих профилях также д. б. отмечены все характерные точки поверхности. На фиг. 35 и 36 представлены типовые продольный и поперечные профили для проектирования и подсчета З. р. при замощении



Фиг. 35.

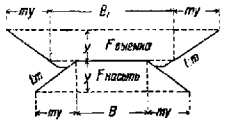
городского проезда. Для таких чертежей приняты следующие масштабы: для планов 1:500; для продольных профилей: а) для горизонтальных расстояний 1 *см* на 10 *м*, б) для вертикальных расстояний 1 *см* на 1 *м* (искажение в 10 раз); для поперечных профилей: а) для горизонтальных расстояний 1 *см* на 2 *м*, б) для вертикальных расстояний 1 *см* на 1 *м* (искажение в 2 раза). Для расчета земляных масс в ж.-д. строительстве приняты те же приемы, как указано выше, однако, вследствие типового характера железнодорожного полотна как в насыпи, так и в выемке (фиг. 37) установлены упрощенные способы определения площадей и объемов. При сравнительно ровной поверхности и общем уклоне не более 1:10 площади поперечных профилей определяются из ур-ия: для насыпи $F_{нас.}=By+my^2$ и для выемки $F_{в.}=B_1y+my^2+2g$, для к-рых имеются готовые таблицы, вычисленные при различных высотах и глубинах насыпей и выемок, взятых по оси полотна; или же площади определяют графически из т. н. масштаба профилей (фиг. 38), в к-ром отрезки горизонтальных линий представляют собой площади профилей насыпи и выемки для различных высот,

выраженные в каком-либо условн. масштабе (напр. 1 *мм* на 2, 3 или 4 *м*²). Графический способ определения площадей дает вполне

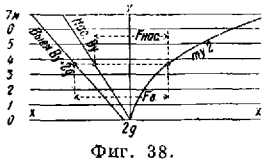


Фиг. 36.

достаточную точность. Для местностей с большей, чем 1:10, покатостью необходимо вводить поправки. Объем земляных масс по



Фиг. 37.



Фиг. 38.

площадям поперечных профилей определяется или аналитически, из уравнения

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l,$$

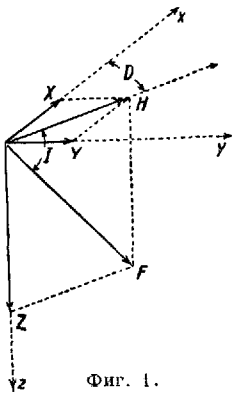
или графически, при помощи профиля площадей и профиля масс, при чем графич. способом устанавливается также рациональное распределение масс, распределение работ и способы перевозки.

Лит.: Krüger R., Leitfaden d. Erd- u. Strassenbau, Lpz., 1904; Handb. Ing., 4 Aufl., T. 1, B. 1, 1924; Goering A., Massenermittelung, Massenverteilung u. Transportkosten d. Erdarbeiten, 5 Aufl., B., 1907; Treiber H., Neues Verfahren zur schnellen u. genauen Bestimmung d. Erdmassen bei Erd- und Strassenbauten, Strassburg, 1917; Taschenbuch für Bauingenieure, hrsg. v. M. Foerster, B. 2, Erdbau, 5 Aufl., Berlin, 1929.

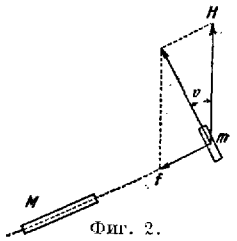
Э. Кнорре.

ЗЕМНОЙ МАГНЕТИЗМ, отдел геофизики, изучающий магнитное поле земли. Пусть напряженность магнитного поля в данной точке изображается вектором $\boldsymbol{F}$ (фиг. 1). Вертикальная плоскость, содержащая этот вектор, называется плоскостью магнитного меридиана. Угол D, заключенный между плоскостями географич. и магнитного меридианов, носит название склонения. Различают склонения восточное и западное. Принято отмечать восточные склонения знаком плюс, западные—знаком минус. Угол I, образованный вектором $\boldsymbol{F}$ с плоскостью горизонта, называется наклонением. Проекция H вектора $\boldsymbol{F}$ на горизонтальную плоскость называется горизонтальной составляющей, а проекция Z на вертикальную прямую обозначается термином вертикальная составляющая.

Основными приборами для измерения элементов З. м. являются в настоящее время магнитный теодолит и различные системы инклинаторов. Назначение магнитного теодолита—измерение горизонтальной составляющей магнитного поля и склонения.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Горизонтально расположенный магнит, могущий вращаться около вертикальной оси, устанавливается под действием магнитного поля земли своей осью в плоскости магнитного меридиана. Если его вывести из этого положения равновесия и предоставить затем самому себе, то он начнет совершать колебания около плоскости магнитного меридиана с периодом T, определяемым ф-лой:

$$T = \pi \sqrt{\frac{K}{MH}},$$

где K—момент инерции колеблющейся системы (магнит и оправа) и M—магнитный момент магнита. Определив из специальных наблюдений величину K, можно по наблюденному периоду T найти значение произведения MH. Затем помещают магнит, период колебания к-рого определен, на некотором расстоянии от другого, вспомогательного магнита, тоже имеющего возможность вращаться около вертикальной оси, и ориентируют первый магнит так, чтобы центр второго магнита оказался на продолжении магнитной оси первого. В таком случае на вспомогательный магнит будет кроме H действовать и поле магнита M, к-рое м. б. найдено по ф-ле:

$$f = \frac{2M}{R^3}\left(1 + \frac{a}{R^2} + \frac{b}{R^4} + \ldots\right),$$

где R—расстояние между центрами обоих магнитов, $a, b, \ldots$—нек-рые постоянные. Магнит выйдет из плоскости магнитн. меридиана и станет по направлению равнодействующей этих двух сил. Не изменяя относительного расположения частей установки, находят такое положение отклоняющего магнита,

при к-ром названная равнодействующая будет перпендикулярна к нему (фиг. 2). Измеряя для этого случая угол отклонения v, можно из соотношения $\sin v = \frac{f}{H}$ найти значение отношения $\frac{H}{M}$. Из полученных значений MH и $\frac{H}{M}$ определяют горизонтальную слагающую H. В теории З. м. имеет распространение единица, обозначаемая символом γ, равная 0,00001 гаусса. Магнитный теодолит можно применять в качестве д е к л и н а т о р а, прибора для измерения склонения. Совмещая визирную плоскость с направлением магнитной оси подвешенного на нити магнита, приводят ее в совпадение с плоскостью магнитного меридиана. Чтобы получить отсчет на круге, соответствующем наведению визирного приспособления на географич. север, достаточно сделать наведение на какой-либо объект, истинный азимут к-рого известен. Разность отсчетов географического и магнитного меридианов и дает величину склонения.

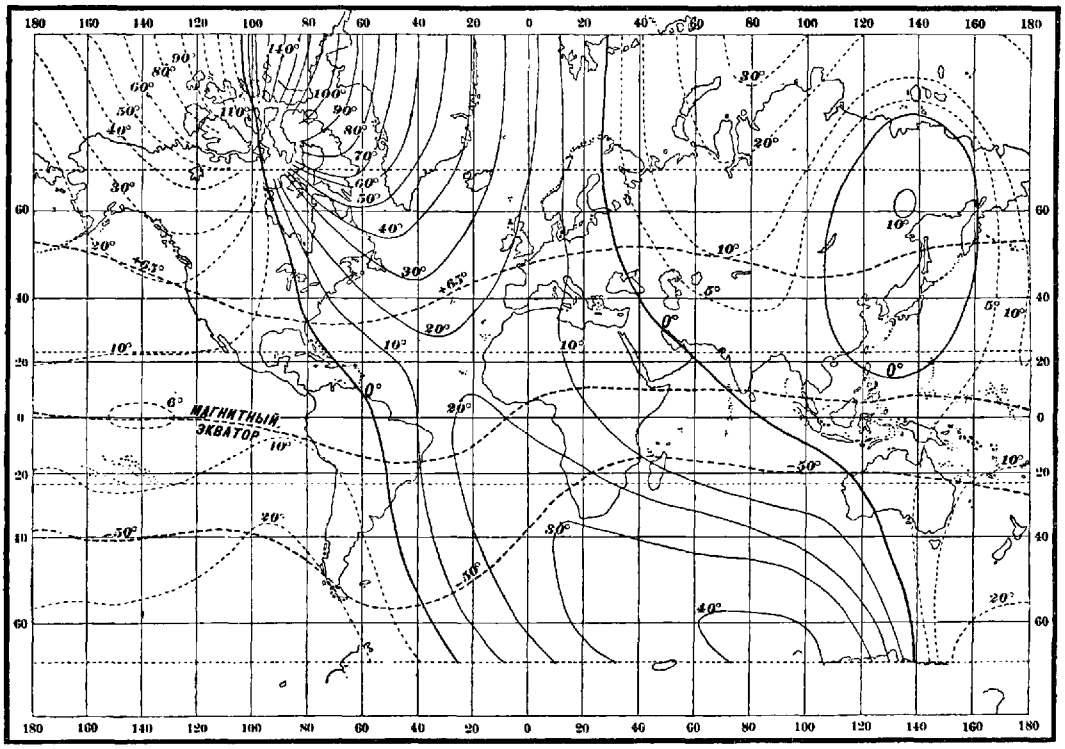
Инклинатор—прибор для измерения I. Современная магнитометрия имеет два типа приборов для измерения наклонения—и н к л и н а т о р ы с т р е л о ч н ы й и и н д у к ц и о н н ы й. Первый прибор имеет магнитную стрелку, вращающуюся около горизонтальной оси, помещенной в центре вертикального лимба. Плоскость движения стрелки совмещается с плоскостью магнитного меридиана; в таком случае в идеальных условиях магнитная ось стрелки в положении равновесия совпадет с направлением магнитного напряжения в данном пункте, и угол между направлением магнитной оси стрелки и горизонтальной линией даст величину I. В основу конструкции индукционного инклинатора (з е м н о г о и н д у к т о р а) положено явление индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле. Существенной особенностью прибора является катушка, вращаемая около одного из своих диаметров. При вращении такой катушки в магнитном поле земли в ней не появляется эдс лишь в том случае, когда ее ось вращения совпадает с направлением поля. Это положение оси, отмечаемое отсутствием тока в гальванометре, на который замкнута катушка, отсчитывается на вертикальном круге. Угол между направлением оси вращения катушки и горизонтом будет углом наклонения.

Упомянутые выше приборы являются в настоящее время наиболее распространенными. Следует упомянуть особо о магнитном теодолите Оглоблинского, определяющем значение $\frac{H}{M}$ методом компенсации H полем магнита, для которого определяется период колебания.

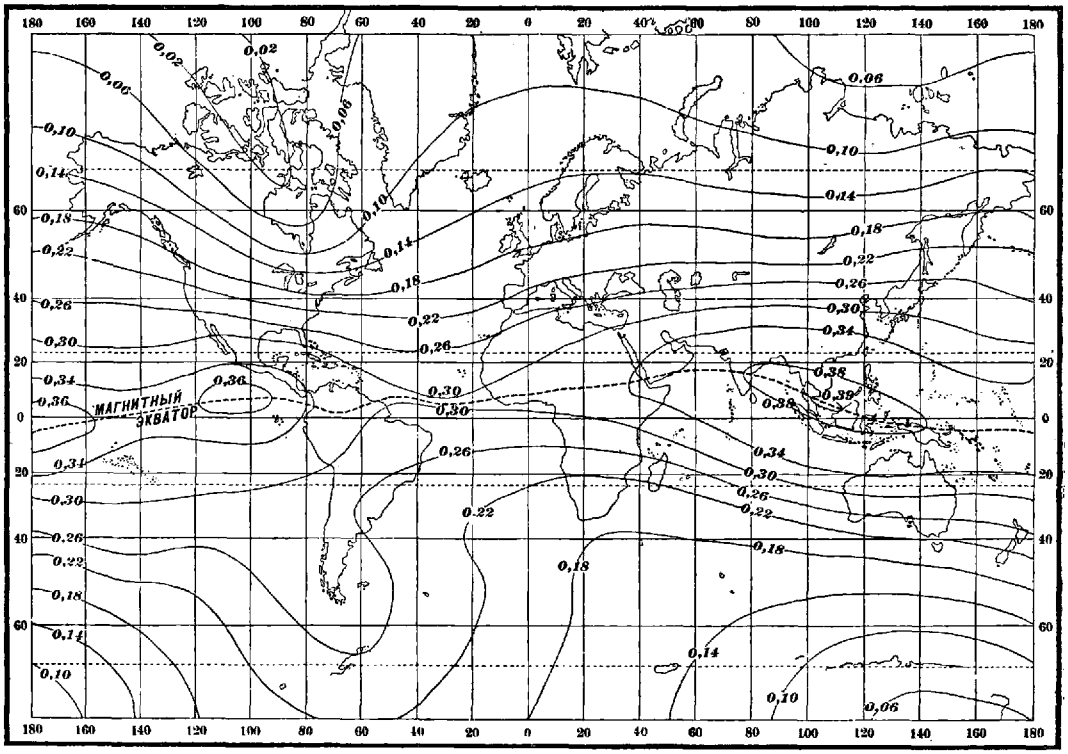
В последнее время начинают применяться т. н. электрическ. методы измерения H, при к-рых отклонения производятся не с помощью отклоняющего магнита, а с помощью магнитного поля катушек. Для достижения той точности, к-рая требуется от магнитных измерений (0,2—0,02 ‰ полного напряжения), рабочий ток сравнивается с током от нормальных элементов (компенсирование по методу потенциометра).

Измерения, сделанные в различных пунктах земной поверхности, показывают, что магнитное поле меняется от пункта к пункту. В этих изменениях можно заметить нек-рые закономерности, характер к-рых лучше всего уясняется из рассмотрения т. н. магнитных карт (фиг. 3 и 4). Если нанести на топографич. основе линии, соединяющие точки равных значений какого-либо элемента З. м., то такая карта представит наглядную картину распределения этого элемента на местности. Соответственно различным элементам З. м. имеются карты с различными системами изолиний. Эти изолинии носят специальные названия, смотря по тому, какой элемент они изображают. Так, линии, соединяющие точки равных склонений, носят название и з о г о н (линия нулевых склонений получила название а г о н и ч е с к о й линии), линии равных наклонений—и з о к л и н и линии равных напряжений—и з о д и н а м. Различают изодинамы горизонтальной, вертикальной составляющей и т. д. Если построить такие карты для всей поверхности земного шара, то на них можно заметить следующие особенности. В экваториальных областях наблюдаются наибольшие значения горизонтальной силы (до 0,39 гаусса); по направлению к полюсам горизонтальная составляющая убывает. Противоположный характер изменений имеет место для вертикальной составляющей. Линия нулевых значений вертикальной составляющей называется м а г н и т н ы м э к в а т о р о м. Точки с нулевыми значениями горизонтальной силы называются м а г н и т н ы м и п о л ю с а м и земли. Они не совпадают с географич. и имеют координаты: сев. магнитный полюс—70,5° с. ш. и 96,0° з. д. (1922 г.), южн. магнитный полюс—71,2° ю. ш. и 151,0° в. д. (1912 г.). В магнитных полюсах земли пересекаются все изогоны.

Детальное исследование магнитного поля земли обнаруживает, что изолинии идут далеко не так плавно, как это дается общей картиной. На каждой такой кривой имеют место искривления, нарушающие плавный ход ее. В нек-рых областях эти искривления достигают настолько крупных значений, что приходится данный участок выделить в магнитном отношении из общей картины. Такие районы носят название аномальных, и в них можно наблюдать значения магнитных элементов, во много раз превышающие нормальное поле. Исследование м а г н и т н ы х а н о м а л и й выяснило их тесную связь с геологич. структурой верхних частей земной коры, гл. обр. в отношении содержания в них магнитн. минералов, и вызвало к жизни особую отрасль магнитометрии, имеющую прикладное значение и ставящую своей задачей применение магнитометрич. измерений к горной разведке. Такие аномальные районы, имеющие уже в настоящее время большое промышленное значение, находятся на Урале, в Курском округе, в Кривом Роге, в Швеции, в Финляндии и в др. местах. Для исследования магнитного поля таких областей разработана специальная аппаратура (магнитометр Тиберга-Талена, локальвариометры и т. д.), позволяющая быстро получить нужные результаты измерений.

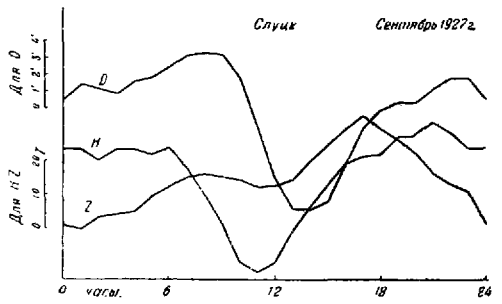


Фиг. 3. Изогоны и изоклины: · · · · · линии равного восточного, —— линии равного западного склонения, - - - - - - линии равного наклонения.



Фиг. 4. Изодинамы.

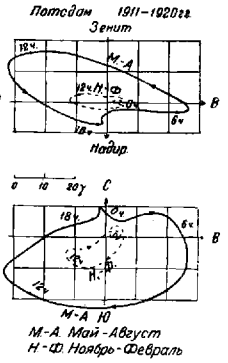
Изучение магнитного поля земли в каком-либо одном пункте обнаруживает факт изменений этого поля с течением времени. Детальное исследование этих временных вариаций элементов З. м. привело к установлению их связи с жизнью земного шара в целом. В вариациях находят свое отражение вращение земли около оси, движение земли по отношению к солнцу и еще целый ряд явлений космического порядка. Изучение вариаций ведется специальными магнитными обсерваториями, снабженными, кроме точных приборов для измерений элементов магнитного поля земли, еще специальными установками для непрерывной записи временных изменений магнитных элементов. Такие приборы носят название в а р и о м е т р о в, или м а г н и т о г р а ф о в, и служат обычно для записи вариаций D, H и Z. Прибор для записи вариаций склонения (в а р и о м е т р D, или у н и ф и л я р) имеет магнит с прикрепленным к нему зеркальцем, свободно висящий на тонкой нити. Вариации склонения, заключающиеся в поворотах плоскости магнитного меридиана, заставляют подвешенный таким способом магнит поворачиваться. Брошенный из специального осветителя луч, отразившись от зеркальца магнита, дает перемещающееся световое пятно, к-рое оставляет след в виде кривой на светочувствительной бумаге, навернутой на вращающийся барабан или опускающейся вертикально. Линия, прочерченная лучом, отраженным от неподвижного зеркальца, и отметки времени позволяют по полученной магнитограмме найти изменение D для любого момента времени. Если закручивать



Фиг. 5.

нить, вращая верхнюю точку ее прикрепления, то магнит выйдет из плоскости магнитного меридиана; надлежащим закручиванием можно поставить его в положение, перпендикулярное первоначальному. В новом положении равновесия на магнит, с одной стороны, будет действовать H, с другой—момент закрученной нити. Всякое изменение горизонтальной слагающей вызовет изменение положения равновесия магнита, и такой прибор будет отмечать вариации горизонтальной составляющей (в а р и о м е т р H, или б и ф и л я р, если магнит подвешен на двух параллельных нитях). Запись этих вариаций ведется таким же образом, как и запись изменений склонения. Наконец, третий прибор, служащий для записи вариаций вертикальной составляющей (в е с ы Л л о й д а, в а р и о м е т р Z), имеет магнит, колеблющийся, подобно коромыслу весов, около горизонтальной оси. Надлежащим перемещением ц. т. с помощью передвижного грузика магнит этого прибора приводят в положение, близкое к горизонтальному, и устанавливают обычно так, чтобы плоскость движений магнита была направлена перпендикулярно плоскости магнитного меридиана. В таком случае положение равновесия магнита определяется действием Z и веса системы. Изменение первой величины вызовет некоторый наклон магнита, пропорциональный изменению вертикальной составляющей. Эти изменения наклона регистрируются, подобно предыдущему, фотографич. путем и дают материал для суждений о вариациях вертикальной составляющей.

Если подвергнуть кривые, записанные магнитографами (м а г н и т о г р а м м ы), анализу, можно найти на них целый ряд особенностей, из которых прежде всего бросится в глаза отчетливо выраженный суточный ход. Положение максимумов и минимумов суточного хода, а равно и их значения изо дня в день меняются в небольших пределах, и поэтому для характеристики суточного хода составляются нек-рые средние кривые за какой-либо интервал времени. На фиг. 5 даны кривые изменения D, H и Z для обсерватории в Слуцке за сентябрь 1927 г., на которых хорошо заметен суточный ход элементов. Наиболее наглядным способом изображения вариаций является т. н. в е к т о р н а я д и а г р а м м а, представляющая движение конца вектора $\boldsymbol{F}$ с течением времени. Две проекции векторной диаграммы на плоскости yz и xy даны на фиг. 6. Из этой фиг. видно, как отражается на характере суточного хода время года: в зимние месяцы колебания магнитных элементов значительно меньше, чем в летние.



Фиг. 6.

Кроме вариаций, обусловленных суточным ходом, на магнитограммах иногда замечаются резкие изменения, достигающие нередко весьма больших значений. Такие резкие изменения магнитных элементов сопровождаются рядом других явлений, как то: полярных сияний в арктич. областях, появлением индуцированных токов в телеграфных и телефонных линиях, и т. д., и называются м а г н и т н ы м и б у р я м и. Между вариациями, обусловленными нормальным ходом, и вариациями, вызванными бурями, существует коренное различие. В то время как нормальные изменения протекают для каждого пункта наблюдений по местному времени, вариации, причиной к-рых являются бури, протекают одновременно для всего земного шара. Это обстоятельство указывает на различную природу вариаций обоих типов.

Стремление объяснить наблюдаемое на земной поверхности распределение элементов З. м. привело Гаусса к построению матема-

тической теории геомагнетизма [1]. Изучение элементов З. м. со времени первых геомагнитных измерений обнаружило существование т. н. векового хода элементов, и дальнейшее развитие теории Гаусса заключало среди прочих задач и учет этих вековых вариаций. В результате работ Петерсона, Неймайера и других исследователей имеется теперь ф-ла для потенциала, учитывающая и этот вековой ход.

Среди гипотез, предложенных для объяснений суточного и годового хода геомагнитных элементов, надо отметить гипотезу, предложенную Бальфур-Стюартом и развитую Шустером. По мысли этих исследователей, в высоких электропроводящих слоях атмосферы под термич. действием солнечных лучей возникают перемещения газовых масс. Магнитным полем земли в этих движущихся проводящих массах индуцируются электрич. токи, магнитное поле к-рых и проявляется в виде суточных вариаций. Эта теория хорошо объясняет уменьшение амплитуды вариаций в зимние месяцы и выясняет превалирующую роль местного времени. Что касается магнитных бурь, то ближайшее исследование показало их тесную связь с деятельностью солнца. Выяснение этой связи привело к следующей общепризнанной в настоящее время теории магнитных возмущений. Солнце в моменты наиболее интенсивной своей деятельности выбрасывает потоки электрически заряженных частиц (напр. электронов). Такой поток, попадая в верхние слои атмосферы, ионизирует ее и создает возможность протекания интенсивных электрич. токов, магнитное поле к-рых и является теми пертурбациями, к-рые мы называем магнитными бурями. Такое объяснение природы магнитных бурь хорошо согласуется с результатами теории полярных сияний, развитой Штермером.

Лит.: [1]) Булгаков Н. А., Теория земного магнетизма Гаусса и ее современное значение в науке, СПБ, 1911; Крылов А. Н., О земном магнетизме, П., 1922; Лейст Э. Е., О географическом распределении нормального и анормального геомагнетизма, «Ученые записки Моск. ун-та», М., 1899, *16*; Пасальский П. Т., Об изучении распределения магнетизма на земной поверхности, Одесса, 1901; Оглоблинский Н. Н., Новый универсальный теодолит для определения элементов земного магнетизма, СПБ, 1913; Матуссевич Н. Н., Исследование нового универсального теодолита сист. Н. Н. Оглоблинского, Л., 1927; «Труды особой комиссии по исследованию Курской магн. аномалии», М., 1919—26; Gauss C. F., Allgemeine Theorie d. Erdmagnetismus, «Resultate d. Beobachtungen d. Magnetischen Vereins», Göttingen, 1839; Schmidt Ad., Erdmagnetismus, Enzyklopädie d. Mathem. Wissensch., B. 6, T. 1—Geodäsie u. Geophysik, A, H. 4, Lpz.—B., 1918; Nippold A., Erdmagnetismus, Erdstrom u. Polarlicht, B.—Lpz., 1921; Lamont J., Handbuch d. Erdmagnetismus, B., 1849; Angenheister G., Die physikalische Natur d. erdmagnetischen Feldes, «Physikal. Ztschr.», Lpz., 1925, B. 26; Bartels J., Erdmagnetismus, Erdstrom u. Polarlicht, Handbuch d. Geophysik, hrsg. v. B. Guttenberg, B., 1927—29; Mascart E., Traité de magnétisme terrestre, P., 1900; «Res. of the Depart. of Terrestrial Magnetism», Carnegie Inst., Wsh.; «Terrestrial Magnetism a. Atmospheric Electricity», Wsh. **А. Заборовский.**

ЗЕНИТНАЯ АРТИЛЛЕРИЯ, специальные орудия, установленные для стрельбы по воздушному флоту. Воздушными целями для З. а. могут служить привязные аэростаты, дирижабли и гл. обр. самолеты.

Самолет как аэроцель обладает следующими качествами: 1) быстроходностью—при средней скорости самолета 180 *км/ч* (50 *м/сек*) и средней скорости артилл. снаряда до 400 *м/сек* последний летит лишь в 4—8 раз быстрее самолета; 2) поворотливостью, т. е. способностью быстро изменять направление движения в пространстве и находиться лишь в течение очень малого промежутка времени в пространстве, поражаемом З. а.; 3) малой поверхностью уязвимых частей, благодаря чему самолет выбывает из строя лишь в случае повреждения двигателя, органов управления или ранения самого пилота. Кроме трудностей стрельбы, создаваемых указанными свойствами аэроцелей, нужно еще иметь в виду трудность определения расстояний до них, трудность наблюдения результатов стрельбы, а также изменяемость самой траектории снаряда при стрельбе под большими углами возвышения.

Исходя из этих свойств аэроцелей, к З. а. могут быть предъявлены следующие требования: 1) полный вертикальный обстрел (угол возвышения до 90°) и полный горизонтальный обстрел в 360°; 2) орудие д. б. особенно скорострельным, т. к. время обстрела м. б. ничтожно малым; дистанционные трубки должны устанавливаться автоматически; 3) для сокращения времени полета снаряда и увеличения вероятности поражения цели противосамолетное орудие должно сообщать своим снарядам возможно бо́льшую начальную скорость—до 1 200—1 500 *м/сек*; 4) калибр орудия определяется в зависимости от дальности, с к-рой желают поразить появившуюся цель; при современных условиях З. а. не должна допускать суда воздушного флота снижаться ниже 5 000—6 000 *м* и ближе 12 *км* по дальности; 5) конструкция орудия должна обеспечивать возможно большую автоматичность стрельбы; прицел д. б. устроен так, чтобы автоматически учитывалось влияние угла местности; наведение по вертикали и горизонтали должно исполняться двумя независимыми наводчиками; 6) снаряд, применяемый для орудий З. а., должен причинять цели максимальное разрушение.

В зависимости от высоты нахождения аэроцели характер огня З. а. бывает различен; поэтому для аэроцелей до 1 000 *м* требуются пулеметы и орудия малого калибра (ок. 37—40 *мм*), для аэроцелей до 2 000 *м*—орудия среднего калибра (ок. 75—80 *мм*), до 6 000 *м* и больше—среднего и крупного калибров (88—105 *мм* и даже 120—130 *мм*). В настоящее время за границей на вооружении приняты все три калибра (см. табл. 1).

Из характеристики нек-рых зенитных орудий, приведенной в табл. 2, видно, что досягаемость зенитных орудий значительна как по высоте, так и по горизонтальной дальности, при чем орудия имеют круговой обстрел. В последнее время сконструированы орудия с досягаемостью по высоте до 10 000 *м*. Начальная скорость снаряда 600÷800 *м/сек*, но имеются уже зенитные орудия с начальной скоростью снаряда $v_0 = 965$ *м/сек*.

К снарядам, применяемым в орудиях З. а., также предъявляются особые требования: снаряды должны давать наибольшее количество поражающих частиц пробивной способности, с наибольшим углом их разлета и с наибольшей площадью насыщения. Для наибольшей

Табл. 1.—Калибры зенитной артиллерии иностранных армий.

Страны	Малый калибр	Средний калибр	Крупный калибр
Англия	40-*мм* автоматич. пушка Виккерса	3-дм. зенитная пушка	4-дм. зенитная пушка марки V
Германия	37-*мм* автоматич. пушка, 20-*мм* автоматич. пушка Беккера	76,2-*мм* и 77-*мм* зенитные пушки	88-*мм* и 105-*мм* зенитные пушки
Италия	37-*мм* автоматич. пушка	75-*мм* «СК» и 76-*мм* зенитные пушки	102-*мм* зенитная пушка
С.Ш.А.	37-*мм* автоматич. пушка, тяжелый пулемет Браунинга кал. 5 лн.	3-дм. зенитные пушки образца 1917, 1918 и 1923 гг., 75-*мм* зенитная пушка образца 1917 г.	4,7-дм. зенитная пушка образца 1920 г.
Франция	Временно-зенитный тяжелый пулемет; вводится автоматич. орудие малого калибра	75-*мм* зенитная пушка	105-*мм* зенитная пушка

Табл. 2.—Характеристика некоторых зенитных орудий.

Калибр и образец орудия	Нач. скор. v_0 в *м/сек*	Наиб. досягаемость по высоте в *м*	Наиб. гориз. дальность в *м*	Максим. угол возвышения в градусах	Гориз. обстрел в градусах	Число выстрелов в мин.	Вес снаряда в *кг*	Вес системы в *кг*	Тип установки
40-*мм* автоматическ. пушка Виккерса	610	2 200	7 160	80	360	200	0,925	7 370	1) Тумбован, на автомобиле 2) На лафете, конной тяги
3-дм. англ. зенитная пушка	610 (760)	6 300	10 000	∽ 90	360	20	7,272 5,681	— —	1) На автомобиле 2) На стационарной установке
3-дм. америк. зенитная пушка 1917 г.	793	8 200	11 670	85	360	15	6,854	14 417	1) На автомобиле 2) На стационарной установке
76,2-*мм* зенитная пушка Путиловского з-да, обр. 1915 г.	588	5 500	9 000	75	360	25	6,560	9 925	1) Тумбовая 2) На автомобиле 3) На платформе 4) Корабельная
105-*мм* герм. зенитная пушка	720	8 000	14 000	80	360	8	—	18 225	На прицепке трактора
4,7-дм. америк. зенитная пушка обр. 1920 г.	793	9 000	18 260	80	360	10	20,450	19 070	1) На прицепке трактора 2) Самоходная, на гусеничном тракторе

точности стрельбы З. а. должно учитываться влияние проходимых снарядом слоев атмосферы различной плотности на траекторию снаряда. Чем лучше устройство снаряда в отношении обтекания воздуха, в отношении распределения масс и чем меньше угол, образуемый при полете осью фигуры снаряда с касательной к траектории, тем меньше сказывается влияние сопротивления воздуха. До настоящего времени снарядом для орудий средних и крупных калибров З. а. служит шрапнель и бризантная граната с дистанционной трубкой. Для орудий малого калибра применяется дистанционный снаряд осколочного типа, трацирующий снаряд и ударный снаряд—трасер, обозначающий свой путь дымовой линией, что облегчает ведение стрельбы.

Для решения задачи поражения З. а. воздушной цели необходимо знать положение цели, дальность, курс, скорость и высоту полета цели; вероятность попадания в цель зависит от технич. организации стрельбы. Координаты цели (высота, дистанция, азимут, угол местности) устанавливаются дальномером-высотомером (см. *Дальномер*). Приборы для определения необходимых для стрельбы баллистич. данных (поправок) м. б. заменены таблицами или графиком.

В армии С. Ш. А. принята следующая схема организации стрельбы батареи 75-*мм* зенитных пушек. Высота цели определяется стереоскопич. дальномером-высотомером; в то же время теодолитом определяются азимут и угол местности. Эти данные передаются на центральный автоматический вычислитель, который автоматически определяет будущее положение цели и необходимые баллистич. поправки на ветер и начальную скорость. Азимут, угол возвышения и установка трубки электрически сообщаются орудиям и появляются в виде постоянно меняющихся светящихся цифр на особых дисках у орудий. Трубки устанавливаются на автоматич. приборе, светящиеся цифры к-рого также авто-

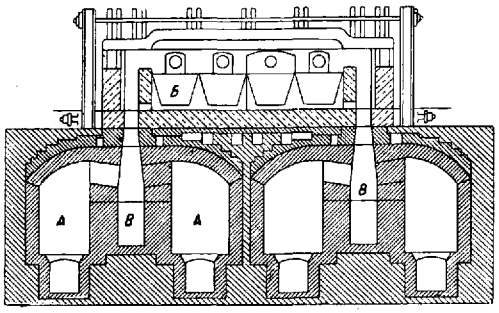
матически меняются в зависимости от полученных на центральной станции данных.

Лит.: Агокас Е., Противосамолетная артиллерия, ч. 1, Л., 1927; Виноградов Н., Тактика зенитной артиллерии, Москва, 1928; Трунов В., О стрельбе по кораблям воздушного флота, М., 1922; Barnes C. M., Antiaircraft Ordnance Yesterday, Today, Tomorrow, «Army Ordnance», Wsh., 1925, *32*; Mettler C. G., Antiaircraft, ibid. **А. Знаменский.**

ЗЕРКАЛО, гладкая поверхность тела, отражающая падающие на нее лучи света по определенным направлениям; промышл. значение З. получили в виде отполирован. стеклянных пластинок различных размеров, покрытых с одной стороны тонким отражающим слоем металла. В настоящее время при изготовлении З. в качестве отражающего слоя преимущественно применяется серебро и в редких случаях—золото и платина. Производство З. распадается на две главные операции: 1) производство зеркального стекла и 2) покрытие этого стекла слоем металла.

Производство зеркального стекла. Шихта для зеркального стекла состоит из песка, соды, извести и обесцвечивающих веществ—мышьяка и селена. Все материалы, идущие на варку стекла, д. б. сухими и по возможности не содержать солей железа, придающих стеклу нежелательную зеленоватую окраску. Необходимым условием для получения хорошего стекла является тщательное измельчение и перемешивание между собой составных частей шихты. Хорошие зеркальные стекла по анализу имеют след. соотношение окислов: кремнезема 72,1%, окиси натрия 12,2%, окиси кальция 15,7%, окиси железа и алюминия—следы. Состав, соответствующий такому содержанию окислов, следующий (в вес. частях): песка белого 100, соды 32, извести 38, мышьяка 0,4 и селена 0,007.

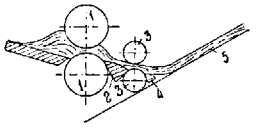
Тщательно изготовленная из доброкачественных материалов шихта засыпается в стеклоплавильную печь, где и



Фиг. 1.

превращается под влиянием высоких $t°$ в жидкую стекольную массу. Для изготовления небольших тонких З. применяется способ выдувания стекла, как и при изготовлении оконного стекла. Для получения З. больших размеров и из толстого стекла (толщиной от 5 до 12 *мм* после обработки) выдувной способ заменен прокаткой стекла. В виду того, что от зеркального стекла требуется весьма высокая степень чистоты и отсутствие каких бы то ни было пороков (свили, камней, пузырей и «мошки»—мелких пузырьков, заполненных газами и воздухом), плавка зеркального стекла в настоящее время производится почти исключительно в горшковых печах. Такая печь показана на фиг. 1, где *А*—регенераторы, заполненные насадками из шамотных кирпичей; *Б*—горшки, *В*—камеры для спуска стекла в случаях разрыва горшка. Горшки применяются самых больших размеров, вместимостью до 1 500 *кг*. После окончания варки стекла к печи подводят литейный стол, при помощи подъемного крана вынимают из печи горшок и выливают содержимое его на стол; из небольших горшков стекло вычерпывается особыми ложками.

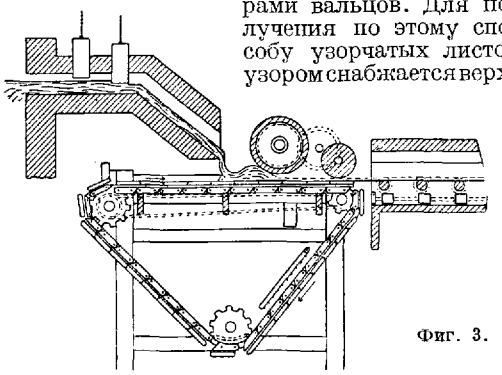
Прокатка стекла может производиться двумя основными способами, из которых каждый имеет несколько вариантов. По первому способу, стекло на литейном столе прокатывается по длине его при помощи катка, при чем литейный стол может быть подвижным или неподвижным; в первом случае каток, раскатывающий стекло на столе, совершает лишь вращательное, во втором—вращательное и поступательное движения. По второму способу, стекло прокатывается в лист между двумя парами вальцов. Здесь опять-таки могут быть два варианта: а) вальцы делают передвижными, и готовый лист ложится на неподвижный приемный стол; б) вальцы только вращаются, стол же продвигается по мере того, как на него ложится лист. Применяемый при первом способе чугунный или стальной литейный стол составляется из 10—12 продольных гладких строганых частей. Длина его 9 *м*, ширина—5 *м*, вес—70 *т*. С двух боков стола прикрепляются планки, соответствующие той толщине, к-рую должен иметь лист; в то же время эти планки служат направляющими для катка. В других устройствах каток снабжается двумя ребордами, являющимися ограничителями ширины и толщины листа. Первое устройство лучше, т. к. стекло подвергается только вертикальному давлению, во втором же—стекло получает еще и боковой сдвиг, к-рый при прокатке толстого стекла нередко нарушает правильную поверхность листа. Преимущество же второй конструкции состоит в том, что лист после прокатки м. б. сдвинут и в сторону, чему в первой конструкции мешают боковые планки. Для изготовления узорчатого стекла стол снабжают соответствующей гравировкой. Нормальная толщина листов, прокатываемых на неподвижном столе, 4÷8 *мм*. По окончании прокатки листы с подвижных литейных столов передаются в откальную печь; при неподвижных столах листы необходимо передвигать на промежуточный подвижной стол, с к-рого они сдвигаются в печь. Необходимость такой перегрузки является недостатком этого способа, особенно при изготовлении тонких листов, к-рые легко м. б. повреждены, а в узорчатых листах м. б. смят рисунок.



Фиг. 2.

В последнее время типы машин для прокатки стекла между вальцами строятся с подвижным столом и с неподвижным прокатным приспособлением (схема на фиг. 2). Стекло наливается в приемник, установленный впереди первой пары вальцов *1*; прокатанный предварительно между ними лист спускается по

наклонной плоскости *2* ко второй паре вальцов *3* меньшего диаметра, между к-рыми он прокатывается до окончательной толщины, и через вторую наклонную плоскость *4* попадает на подвижной приемный стол *5*, на котором по окончании прокатки отвозится к откальной печи. Приемный стол покрывается гладко отполированными и хорошо выравненными шамотными плитами. Все части машины, соприкасающиеся с горячим стеклом, снабжаются водяным охлаждением. Толщина листов регулируется расстоянием между центрами вальцов. Для получения по этому способу узорчатых листов узором снабжается верхний из второй пары валиков. При этом способе рисунок на листе получается сверху и не м. б. смят при передвижении листа.

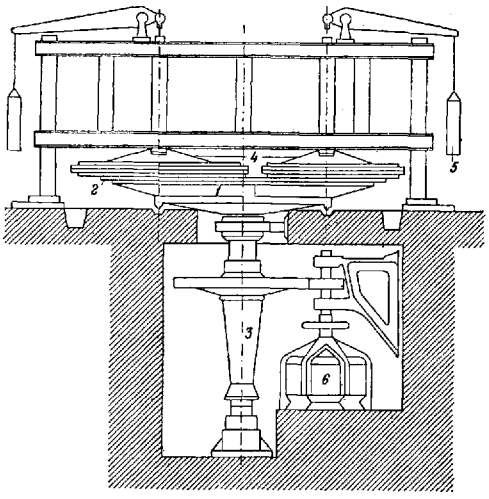


Фиг. 3.

Непрерывная прокатка стекла, протекающего постоянной струей из ванной печи, является проблемой, для разрешения к-рой проделано много опытов. Бо́льшая часть проектов подобных устройств сводится к тому, что стекло непрерывно течет из ванны в ковш, помещающийся в особой, открытой снизу, нагревательной камере. При литье ковш опрокидывается, и его содержимое выливается на стоящий непосредственно под ним подвижной литейный стол, к-рый затем откатывается под вальцы. Удачным разрешением проблемы является установка Форда для производства зеркального стекла для автомобилей (фиг. 3): струя стекла, непрерывно вытекающая из жолоба ванны и регулируемая заслонками, прокатывается в ленту и проводится через тоннельн. откальную печь в одну операцию.

О т к а л к а (отжиг) листов зеркального стекла производится с целью устранения вредных напряжений в толще и на поверхности листа, получающихся при быстром охлаждении стекла во время его прокатки. Неотожженное стекло чрезвычайно хрупко и негодно к употреблению. Откальные печи устраиваются двух типов. Печи более старой конструкции представляют собою камеры до 8 *м* длины и 4 *м* ширины. Топку делают боковую или со стороны, противоположной входному отверстию печи. Под печи выстилается шамотными полированными плитами, образующими ровную горизонтальную поверхность. Когда листы уложены в печь, ее закрывают и замазывают. Охлаждение листов зеркального стекла производится в течение 4—6 дней. Современные откальные печи строятся по типу тоннельных с охладительным каналом, доходящим до 100 *м* длины при ширине от 4 до 6 *м*.

Для получения правильного отражения зеркальное стекло должно иметь совершенно плоские и строго параллельные друг другу поверхности. Это достигается в результате трех операций. Первая операция—г р у б а я ш л и ф о в к а на шлифовальном станке (схематич. чертеж на фиг. 4) при помощи крупного песка и воды. Шлифуемый лист *2* укладывается на круглый чугунный или железный стол *1* диам. до 10 *м*, предварительно залитый тонким слоем гипса. После этого стол по рельсовому пути вдвигается под станок, соединяется с валом *3* и поднимается с рельсов вверх вместе с валом при помощи гидравлич. подъемника до соприкосновения с шлифовочными стальными полосами, прикрепленными к вращающимся кругам *4*. Нажатие кругов регулируется противовесом *5*. Стол приводится в движение электромотором *6*. Шлифовочные круги приводятся во вращение трением между листом и шлифовочными полосами; иногда для вращения кругов применяют особую систему зубчатых колес. После обработки поверхность стекла под микроскопом представляется покрытой сетью довольно глубоких царапин и полос. Вторая операция—т о н к а я ш л и ф о в к а на тех же машинах, но при помощи мельчайшего песка или наждачного порошка. После этой обработки поверхность стекла делается равномерно матовой. Третья операция—п о л и р о в к а, которая восстанавливает прозрачность и блеск стекла. Полировка производится на полировочном станке войлочными кругами при помощи мелкого порошка пемзы и мумии. Полировочный станок в общем сходен по



Фиг. 4.

устройству с шлифовальным станком. Для шлифовки кромок зеркального листа служат особые фацетные станки с шлифовальными кругами или цилиндрами из специальных камней.

С. Херсонский.

Покрытие стекла металлом. Для получения доброкачественного З. необходимо, чтобы слой металла, покрывающий стекло, был достаточно плотным и непрозрачным. Серебряный покровный слой испытывается следующим образом: если направить на З. лучи солнца или другого яркого источника света,

то покровный слой должен просвечивать с синеватым оттенком. Следует отметить, что ультрафиолетовые лучи солнца проходят через зеркало.

Процесс серебрения З. состоит в том, что из раствора азотнокислого серебра восстановлением получают металлич. серебро, которое в виде мельчайших частиц осаждается на стекле. При увеличении в 300 раз заметно кристаллич. строение этих частиц. Минимальная толщина слоя, покрывающего стекло, равна $5{,}1 \cdot 10^{-8}$ *мм* (по И. Естерману и С. Стерну). В качестве восстановителей применяют виноградный сахар, винную к-ту и ее соли, ацетон, формальдегид. Чем быстрее желательно провести процесс серебрения, тем тщательнее д. б. произведена подготовка стекла, т. е. его очистка и удаление жирных пятен. Применяемые для серебрения материалы д. б. химически чистыми. Аммиак и едкое кали д. б. совершенно свободны от углекислоты и хлора. Применяемая вода д. б. дестиллированной и также свободной от углекислоты. При серебрении больших дорогих зеркал процесс проводят при подогревании, применяя в качестве восстановителя калиевую соль винной кислоты.

Раствор для серебрения приготовляется следующим образом. Азотнокислое серебро растворяют при нагревании в 15—25%-ном растворе аммиака (уд. в. 0,940). Затем приготовляют раствор виннокислого калия в воде и добавляют его к первому раствору до тех пор, пока не получат белый осадок виннокислого серебра. Этот осадок растворяют, добавляя аммиак; полученный раствор фильтруют, и после двухдневного хранения его в темноте и на холоду он готов для работы. Стекло до серебрения предварительно (для удаления жирных пятен) промывают концентрированным раствором едкого кали и раствором хлористого олова и обмывают обычной водой, а затем дестиллированной. Стол, на к-ром производят серебрение, имеет ряд труб, по к-рым проводится пар, а также стоки для отвода использованного раствора. При помощи резиновых прокладок стекло на таком столе укладывают горизонтально. Чтобы удержать жидкость на стекле, его по краям обкладывают воском. Затем выливают раствор серебра на стекло слоем в 3 *мм* и включают отопление; пар, проходя по трубам в течение 10 мин., нагревает поверхность стола и стекло до 50°. Жидкость начинает дымиться и приобретает красновато-бурый оттенок. Через 20 мин. серебрение заканчивается. Оставшуюся жидкость с поверхности стекла удаляют при помощи резиновых губок и поверхность ополаскивают водой. В некоторых случаях процесс серебрения производят повторно. В помещении, где происходит серебрение, следует поддерживать равномерную температуру ок. 30°. Слой серебра покрывают сначала защитным слоем лака, состоящего из сирийского асфальта, растворенного в бензине, а затем—обычным масляным лаком. Описанный выше способ изготовления зеркал требует небольшого количества раствора серебра и дает очень мало ила (грязи). Получаемые отходы собираются и могут быть снова использованы для переработки.

Другой метод серебрения З. открыт д-ром Боте и практически осуществлен проф. Беттгером. В качестве восстановителя применяется виннокислое серебро. Восстановитель готовят следующим образом: 7,5 *г* азотнокислого серебра растворяют в 60 *г* дестиллированной воды, затем растворяют 6 *г* сегнетовой соли (виннокислого калия-натрия) в 3 *л* воды и при кипячении к раствору добавляют понемногу, все время помешивая, азотнокислое серебро. Кипячение длится 10 мин. Полученный раствор фильтруют; он содержит виннокислое серебро. Затем 7,5 *г* азотнокислого серебра растворяют в 60 *г* дестиллированной воды. К раствору приливают нашатырный спирт до появления коричневого осадка окиси серебра, к-рый растворяется новыми порциями нашатырного спирта. Добавляют 720 *г* дестиллированной воды и раствор фильтруют. Для серебрения берут равные части обоих растворов; смесь наливают на стекло слоем в 12 *мм*. Через 10 мин. серебрение заканчивается. Этот метод не требует подогрева стекла.

Массовое изготовление небольших зеркал производится след. обр.: в деревянный обитый резиной ящик устанавливается на ребро большое количество сдвоенных стекол; в ящик наливают взятые в равных объемах растворы: а) 40 *г* едкого кали (свободного от углекислоты и хлора) в 1 *л* воды; б) 40 *г* азотнокислого серебра в 1 *л* воды; в) 70 *см*^{3} аммиака в 1 *л* воды; г) 25 *г* сахара в 750 *г* воды и 50 *см*^{3} алкоголя. Через 10—15 минут серебрение заканчивается.

Применение сахарного раствора в качестве восстановителя было предложено Либигом. Раствор для серебрения по этому способу приготовляется следующим образом: берут 100 об. ч. раствора азотнокислого аммония (25%-ной крепости, уд. в. 1,115), 140 об. ч. раствора азотнокислого серебра (10%-ного), 750 об. ч. раствора едкого натра (3,5%-ного, уд. в. 1,050), получают 990 об. ч. раствора «А». Этому раствору дают 3 дня отстояться. Для изготовления восстановителя растворяют 50 *г* сахара в воде и кипятят в течение часа с 3,1 *г* винной кислоты. Все это разбавляют 500 *см*^{3} воды (раствор «а»). Затем 2,857 *г* виннокислой окиси меди растворяют в воде и добавляют едкого натра; этот раствор также разбавляют 500 *см*^{3} воды (раствор «b»); затем 100 об. ч. раствора «а», 100 об. ч. раствора «b» и 800 об. ч. воды дают 1 000 об. ч. восстановительной жидкости «В». Для серебрения берут: 50 об. ч. раствора «А», 250—300 об. ч. дестиллированной воды (20—28°) и 10 об. ч. восстановительной жидкости «В». При таком методе на 1 *м*^{2} З. расходуется лишь 3—3,5 *г* серебра.

В СССР серебрение производится следующим образом. Сперва очищают стекло мелом или мумией, начисто его вытирают и кладут на подводочный стол. До начала серебрения обливают поверхность стекла 10%-ным раствором хлористого олова и морской губкой вытирают досуха. Для серебрения применяется раствор азотнокислого серебра, едкого натра и аммиака и в качестве восстановителя раствор обычного сахара (100 *г* на 1 *л* воды) с прибавлением 10 *г* химически чистой серной к-ты на 1 *л* воды. К первому

составу добавляют 7—8% восстановительного раствора и смесь выливают на поверхность стекла слоем в 2—3 *мм*. В помещении поддерживается темп-ра в 20—25°. Через 2—3 мин. серебро осаждается; остаток раствора сливается, грязь смывается водой, и стекло сушится. Для большей белизны З. процесс серебрения повторяют. Слой серебра покрывают защитным слоем, состоящим из смеси свинцового сурика и сикатива в скипидаре. **И. Китайгородский.**

З о л о ч е н и е стекла производится по преимуществу сухим путем посредством обжига в муфельных печах или же по способу Бетгера. В последнем случае растворяют 1 *г* чистого золота в царской водке на водяной бане, выпаривают раствор досуха, чтобы освободить его от избытка к-ты, и затем растворяют в воде до получения объема в 120 *см*³. Отдельно от золотого раствора приготовляют щелочный раствор (6 *г* едкого натра на 100 *см*³ дестиллированной воды). Восстановителем служит раствор 2 *г* крахмального сахара в 24 *см*³ дестиллированной воды, разбавленный 24 *см*³ алкоголя и таким же количеством альдегида уд. в. 0,87. Восстанавливающая жидкость каждый раз перед употреблением д. б. заново приготовлена. Предварительная обработка стекла—такая же, как и при серебрении. Раствор для золочения составляется из 64 об. ч. золотого раствора, 16 об. ч. раствора NaOH и 1 об. ч. восстановителя. По прошествии 5 минут золото начинает осаждаться в виде блестящего слоя, который так же, как и серебряный, покрывают впоследствии слоем предохранительной краски и сурика.

Лит.: Ш у р И. С., Стеклотехника, Харьков, 1927; S t a h l E. J., Dekorative Glasmalerei, Lpz., 1915; C r e m e r F., Die Fabrikation d. Silber- u. Quecksilberspiegel, 3 Aufl., Wien—Lpz., 1922; H e s s e K., Die Glasveredelung, Lpz., 1928; «Diamant» (Glasindustrie-Ztg), Lpz. **С. Херсонский.**

ЗЕРКАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, угломерные инструменты, содержащие зеркала или призмы с полным внутренним отражением. Употребление зеркал позволяет совмещать одновременно в поле зрения обе визируемые точки, между которыми измеряется угловое расстояние. Этим устраняется необходимость визировать каждую точку в отдельности, благодаря чему для инструмента не требуется неподвижной установки и его можно держать просто в руках. З. п. употребляются гл. обр. на море и в случаях, когда установка инструмента на штативе затруднительна. Устройство З. п. обычно таково, что одна из визируемых точек наблюдается прямо поверх края зеркала, а другая—после отражения от двух зеркал, плоскости к-рых образуют между собой угол, равный половине измеряемого. Вращение одного из зеркал позволяет менять угловое расстояние между визируемыми точками, которое измеряется удвоенным углом поворота зеркала при помощи дуги или круга.

В астрономии такими приборами являются *секстант* (см.) и отражательный круг. В геодезии З. п. употребляются для разбивки на местности углов или для провешивания прямых под определенными углами. Предназначенные для этой цели З. п. делаются обычно так, что позволяют строить только угол определенной величины, чаще всего в 90°. Такие приборы называются *экерами* (см.).

Особый вид З. п., применяемых в геодезии, позволяет одновременно визировать в двух взаимно противоположных направлениях, что требуется для нахождения промежуточной точки данной прямой, или, как говорят, чтобы в о й т и в л и н и ю. Простейший инструмент этого рода—з е р к а л ь н ы й к р е с т. Он состоит из двух взаимно перпендикулярных зеркал, расположенных одно над другим. При пользовании этим прибором наблюдатель становится лицом по направлению перпендикуляра к заданной линии, держит зеркальный крест вертикально на высоте глаз и, перемещаясь вперед и назад, находит такое положение, при к-ром отраженные в зеркалах концы данной линии представляются ему лежащими в одной вертикальной плоскости. Положение прибора определяет тогда искомую точку. См. *Оптические приборы*.

Лит.: В и т к о в с к и й В., Топография, М., 1928; H a m m e r E., Lehrbuch d. element. prakt. Geometrie, Lpz.—B., 1911; I o r d a n W., Handbuch d. Vermessungskunde, B. 2, Stg., 1914. **А. Михайлов.**

ЗЕРНИСТАЯ СТРУКТУРА, строение металлов-сплавов, характеризуемое присутствием в них неправильно ограничен. зерен — кристаллитов. Металлы и сплавы подобно другим кристаллическ. веществам застывают из отдельных центров кристаллизации и по застывании образуют конгломерат кристаллов с б. или м. искаженной внешней формой, так как одни кристаллы препятствуют другим образовать правильные кристаллы. При микроскопич. исследовании металлов на шлифах наблюдаются сечения этих кристаллов и обнаруживаются границы между ними. З. с. бывает резче всего выражена в металлах, состоящих из однородных кристаллов, т. е. в чистых металлах и в сплавах, образующих твердые растворы и химич. соединения; в других сплавах она маскируется вследствие неоднородности получающихся зерен. Т. к. почти все металлы кристаллизуются в правильной системе, то зерна получаются равноосные, округлые или полиэдрические; размеры их колеблются от микроскопических до видимых невооруженным глазом, в зависимости от природы металлов и от скорости застывания. Почти всегда при медленном охлаждении получаются крупные зерна (крупнозернистая структура), при быстром—мелкие (мелкозернистая структура). Горячая механическ. обработка металлов сопровождается измельчением зерен и вытягиванием их в направлении истечения металла; но первоначальные размеры и равноосность зерен м. б. легко восстановлены соответственной последующей тепловой обработкой металла. При холодной механич. обработке зёрна также вытягиваются и отчасти измельчаются, но первоначальные размеры и форма их м. б. восстановлены только последующим нагревом металла до б. или м. высокой $t°$. При этом происходит рекристаллизация, сопровождающаяся исчезновением деформированных зерен и появлением новых равноосных зерен иногда очень значительных размеров.

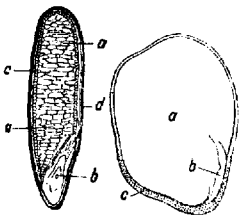
Величине зерен, отчетливости их очертаний и степени вытянутости придается очень большое значение при исследовании метал-

лов. Техника предпочитает пользоваться металлами, состоящими из мелких и слабо очерченных зерен: при таком строении металлы обнаруживают наибольшую статич. и динамич. прочность. Вытянутость зерен также является фактором, определяющим свойства металла: в направлении вытянутости механические качества оказываются более высокими, чем в направлении перпендикулярном к нему. З. с. в металле не может быть уничтожена никакой механической или термической обработкой, как и самый металл не может быть получен в аморфном состоянии.

Лит.: Jeffries Z. and Archer R., The Science of Metals, N. Y., 1924. **М. Окнов.**

ЗЕРНО, плоды зерновых злаков, зерновых бобовых и некоторых других с.-х. растений, служащие для пищи и корма после предварительной обработки (размол, дробление, обрушивание). Как З., так и продукты его первичной обработки называют зерновыми продуктами. Из зерна путем перемалывания получается мука (см. *Мукомольное дело*). Обрушенное, иногда дробленое З., используемое для пищи человека, называется крупой (см. *Крупяное производство*). Реже З. называют и семена других растений, используемые как промышленное сырье (лен, подсолнечник, клещевина и др.).

С ботанической стороны З. злаков (фиг. 1) представляет собою односемян. плод (зерновку). Оно состоит из белкового тела *a* (эндосперм), прилегающего к зародышу *b* с одной семянодолей и покрытого семен. оболочкой *c* и плодовой оболочкой *d*. У пшеницы, ржи, кукурузы и других зерновых злаков такой плод—голый (настоящий плод), не сросшийся с околоплодником; у ячменя и овса З. срастается с околоплодником, образующим пленку, к-рою окружено З. (ложный плод). Тип строения З. злаковых хлебов называют белковым. У бобовых З. (семя) выпадает при созревании из оболочки плода (боба), в которой обычно заключено несколько зерен. Эндосперм в семенах бобовых отсутствует; он используется зародышем еще при наливе зерна, и питательные вещества откладываются здесь внутри 2 семянодолей *a*. Семя (фиг. 2—разрез зерна конского боба) состоит из зародыша *b*, находящегося между двумя семянодолями *a*, между которыми помещаются корешок и зачаток стебля (перышко). Все семя заключено в одну семенную оболочку *c*.



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Химический состав и свойства З. Химический состав З. отличается как для различных групп растений, так и в пределах сортов одного растения. Даже в этих пределах химич. состав З. не постоянен, а изменяется в зависимости от природных условий (климата, почвы) и от приемов культуры (удобрения, обработки и пр.). Обычно химич. состав З. различных с.-х. растений характеризуют средними цифрами, приведенными в табл. 1 (по Вольфу и др.).

З. злаков отличается от З. бобовых меньшим содержанием белков и бо́льшим содержанием безазотных экстрактивных веществ (крахмала); наиболее богаты белками из бобовых—З. лупина, из злаковых—З. пшеницы; последнее место занимает З. риса. Содержание жира всего выше у З. сои, к-рую можно отнести и к *масличным растениям* (см.); последнее место по % жира занимает рис. По содержанию крахмала рис занимает первое место, а последнее место—лупин и соя. Высокое содержание клетчатки в З. полбы, овса, ячменя объясняется присутствием пленок, а в З. проса—твердой плодовой оболочкой (у гречихи необрушенной оболочка содержит 42,5% клетчатки). Вообще клетчатка содержится гл. обр. в плодовой оболочке. В состав золы входят соединения P_2O_5, K_2O, MgO, CaO, SiO_2, в том числе на P_2O_5 приходится до 50% и на K_2O—до 30%; CaO и SiO_2 находятся гл. обр. в оболочках.

Табл. 1.—Химический состав зерна различных с.-х. растений (в %).

Наименование растений	Вода	Зола	Белковые вещества	Клетчатка (сырая)	Безазот. экстр. вещест.	Жир (сырой)
Пшеница	14,4	1,7	13,0	3,0	66,4	1,5
Рожь	14,3	1,8	11,0	3,5	67,4	2,0
Полба	14,8	3,7	10,0	16,5	52,5	1,5
Ячмень	14,3	2,2	10,0	7,5	63,5	2,5
Овес	14,4	3,7	12,0	9,7	55,2	6,0
Кукуруза	14,4	1,5	10,0	5,5	62,1	6,5
Просо	14,0	3,0	12,7	9,5	57,6	3,2
Рис	14,0	0,5	7,7	2,2	75,2	0,4
Гречиха (обрушенная)	13,2	1,4	13,0	1,6	66,5	3,0
Горох	13,2	2,4	22,4	6,4	52,6	3,0
Чечевица	12,5	3,2	23,6	4,9	53,7	2,1
Фасоль	14,0	3,2	23,1	3,8	50,0	2,8
Соя	10,0	2,9	33,0	4,2	30,0	18,0
Лупин	12,8	3,5	35,4	13,8	29,7	5,3

Безазотные экстрактивные вещества на $^9/_{10}$ состоят из крахмала. Из белковых веществ в З. злаков присутствуют гл. обр.: альбумины (извлекаются водой), глобулины (извлекаются HCl), глиадин (извлекается спиртом) и глютенин (извлекается раствором щелочей). Три последние объединяются под общим названием клейковины. Клейковина и соотношение в ней между глиадином и глютенином определяют хлебопекарные свойства З. (см. *Хлебопечение*). Белки бобовых относятся гл. обр. к глобулинам.

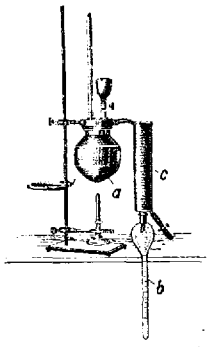
Зерно как товар характеризуется рядом свойств, связанных с его качеством: цветом, блеском, запахом, однородностью, влажностью, абсолютным весом, натурой, сорностью, всхожестью, пленчатостью, мучнистостью. Определение этих свойств производится при помощи несложной аппаратуры; первоначально эти свойства ориентировочно определяют органолептически (наощупь, наглаз и по обонянию).

Цвет З. связан с его сортовой разновидностью и часто кладется в основу классификации сорта (например просо—белое, желтое, черное, красное). Отсутствие блеска указывает на неблагоприятные свойства зерна.

З а п а х З. должен быть свежим, свойственным нормальному запаху данного З. Посторонний запах указывает неблагоприятные свойства З.: излишнюю влажность (затхлый запах), на грибные поражения (запах плесени, селедочный), наличие вредных насекомых (клещевой запах); запах мышей или крыс, сорных примесей (полынь, дикий лук) часто портит З. и продукты его переработки.

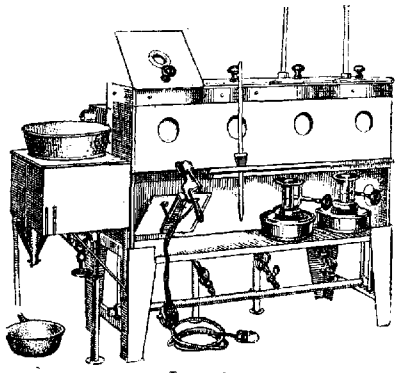
О д н о р о д н о с т ь З. по его внешним признакам (цвет, форма, размер, запах) имеет большое значение, а отсутствие такой однородности указывает на несортированность и нечистосортность З.

В л а ж н о с т ь З. (содержание в нем воды) имеет большое значение при его хранении; во влажном З. развиваются биологич. процессы, вызывающие распад органич. вещества с выделением CO_2 и воды. Влажное З. легко поражается плесневыми грибками. Повышенная влажность препятствует правильной оценке, напр., абсолютного веса и натуры З. Определение влажности З. производится или весовым методом или путем отгонки воды из З. (метод Гофмана). При весовом методе определяются потери веса при высушивании небольшой навески З. (ок. 6 *г*). Высушивание производится или до постоянного веса, в обычном сушильном шкафу при 105°, или в особом аппарате Тринклера. В первом случае З. сушится до постоянного веса, сначала в неразмолотом, а затем в размолотом состоянии. Вся операция занимает до 20 час. времени, т. к. испарение влаги происходит крайне медленно. Аппарат Тринклера отличается от обычного сушильного шкафа тем, что в нем нагретый воздух циркулирует и т. о. ускоряет испарение воды. Сушка З. в нем продолжается 40 мин. при 130°. Последнее время стали пользоваться аппаратом Форне, в к-ром сушка производится при 160°. Определение производится очень быстро, но менее точно. Метод Гофмана (фиг. 3) заключается в помещении измельченной навески З. в резервуар с маслом *a*, t° которого доводится до 180°, и в отгонке воды вместе с толуолом или с толуоло-скипидарной смесью (жидкостями, не смешивающимися с водой). Количество отогнанной воды узнается по шкале, нанесенной на трубке *b*, куда после охлаждения в холодильнике *c* стекает вода. Срок определения 15÷20 мин. У нас аппарат Гофмана применяется обычно в видоизменении Головченко. Броун-Дювалем построен аппарат (фиг. 4), основанный на методе Гофмана, позволяющий делать сразу по нескольку определений и упрощающий некоторые детали операции.



Фиг. 3.

А б с о л ю т н ы м в е с о м З. называется вес 1 000 З.; определяется он путем отсчета из средней пробы и взвешивания по 300 З.; среднее из трех определений после деления на 3 и умножения на 10 и дает величину абсолютного веса. Абсолютный вес имеет большое значение, указывая на полновесность и хороший налив З.; особенно важен этот признак при использовании З. как посевного материала, т. к. развитие всходов в


Фиг. 4.

значительной мере зависит от запаса пищи, которым может располагать семя и к-рый сконцентрирован в З.

Н а т у р а З.—вес определенного объема З. Эта характеристика широко применяется для определения товарных свойств З. в хлебной торговле, хотя и носит совершенно условный характер как связанная с рядом свойств З. (влажностью, абсолютным весом, засоренностью, формой, пленчатостью и др.). Говоря об изменении натуры, мы не знаем, вызвано ли оно улучшением или ухудшением свойств З. Некоторые авторы указывают на связь между натурой З. и абсолютным весом; по исследованиям Вилера и др., эта связь далеко не всегда имеет место; еще меньше оснований дает натура для суждения о химич. составе З., его засоренности и пр. Хотя, т. о., натура З. ни в коем случае не может дать представления о его качестве, тем не менее по ней можно производить, напр., расчет размеров зернохранилищ и выходов муки при помоле. Определение натуры производится на *пуржах* (см.), состоящих из весов, сосуда с определенными весом и объемом и особого приспособления для равномерного наполнения этого сосуда З. Натура З. выражается числом *кг/гл* или числом *г/л*. Кроме того, в различных государствах существуют местные обозначения натур З.: в Германии—числом голл. фн. в амстердамском мешке; во Франции—числом кило в шарже; в Англии—числом английских торговых фн. в англ. бушеле или квартере; в С. Ш. А.—числом англ. фунтов в америк. бушеле; в Турции—числом «ока» (1,282 *кг*) в «киле» константинопольском (36,11 *л*).

С о р н о с т ь З. выражается весом в % различных примесей к З., отнесенным к весу взятой пробы З. Разность между весом взятого образца и весом выделенных примесей (также взятым в %) называется ч и с т о т о й З. Состав примесей к З. обычно связан с его происхождением. Часть примесей (обрывки соломы, мякины, нек-рые сорняки) легко отделить от З. при его очистке на обычных *зерноочистительных машинах* (см.); нек-рые же виды сорных трав имеют семена, с трудом отделимые от некоторых видов З. Такими специфич. засорителями являются,

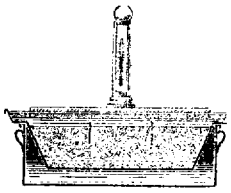
напр., костер ржаной (Bromus secalinus) для ржи, овсюг (Avena fatua) для овса, гречиха вьюнковая (Polygonum convolvulus) для гречихи, и др. Семена этих засорителей отделяются от З. только при очень тщательной очистке, иногда на специальных машинах. Сорность З. сильно понижает его товарную ценность: засоренное З. часто совершенно непригодно как посевной материал, т. к. посев способствует дальнейшему размножению сорняков на полях. Кроме того, сорность портит З. и как пищевой и кормовой продукт и может сделать его иногда совершенно негодным для корма (куколь, дикий лук, опьяняющий плевел, спорынья и др.). До войны 1914—18 гг. исключительно высокая засоренность русского экспортного З. (5—6% для пшеницы, 7—8% для ячменя) значительно понижала его цену на мировом рынке. Экспортное З. последних лет имело значительно более низкую сорность (в среднем 1,5% для пшеницы и 2,5% для ячменя).

Определение сорности или чистоты З. производится путем разбора небольшой навески З. (для проса 25 *г*, для зерновых хлебов 50 *г*, для кукурузы, гороха и риса 100 *г*) на особой пластинке молочного стекла в деревянной рамке, при помощи деревянного или стального шпателя. Полезно в целях ускорения работы пользоваться для выделения части примесей ситами (Ноббе, Фогля) и ячеистыми поверхностями. Выделенные примеси делятся на фракции. I. Сорная примесь: а) мертвый сор, состоящий из минеральных (песок, пыль и пр.) и мертвых органических (мякина, зерновые пленки, пустые зерна и пр.) примесей; б) сорные семена. II. Вредная примесь (ядовитые семена, повилика, головня, спорынья и др.). III. Зерновая примесь—поврежденные З. анализируемого растения и З. культурных растений, близких к данному виду (в пределах, не превышающих определенных норм). Такая классификация примесей установлена в СССР; в друг. странах она применяется с различными изменениями. Для определения мелких семян сорняков приходится пользоваться лупами.

Всхожесть З., имеющая исключительно важное значение при оценке З. как посевного материала, выражается в процентах. Вместе с чистотой всхожесть характеризует т. н. хозяйственную годность посевного материала, вычисляемую по ф-ле:

$$\text{хоз. годность} = \frac{\text{всхожесть} \times \text{чистота}}{100}.$$

Всхожесть находится в зависимости от возраста З., от условий хранения З. и в частности от влажности, при которой оно хранилось, а также от повреждений грибковыми вредителями и насекомыми. Всхожесть З. определяется проращиванием отобранного числа З. (обычно двух проб по 100 З.) на влажном ложе (фильтровальной бумаге, песке, реже на специальных глиняных пластинках) в термостатах (фиг. 5). Количество семян, проросших через определенный срок (зерновые хлеба и бобовые прорастают в течение 10 дней), указывает их всхожесть. Проращивание ведется при переменной $t°$—днем более высокой, ночью при комнатной. Если проращивается З., используемое как посевной материал или для приготовления солода, то помимо всхожести определяют еще энергию прорастания и иногда т. н. силу роста. Первая величина показывает, насколько дружные всходы дает З. и определяется по количеству семян, проросших в первые три дня у пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, проса, гороха, чечевицы или в первые четыре дня у овса, гречихи, фасоли. Силу роста предлагают определять закладкой З. для проращивания под слой стерилизованного кирпичного щебня в 3—4 *см* и подсчета через определенный срок проростков, пробившихся через этот слой. Эта величина указывает, насколько сильными будут всходы и смогут ли они пробиться через слой почвы после посева.



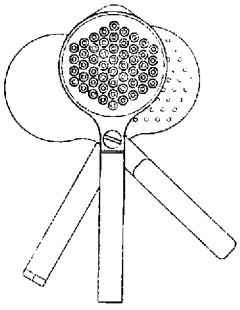
Фиг. 5.

Пленчатость З. овса определяется путем выдавливания семени овса из окружающих его пленок в пробе из 250 З. овса. Процент (по весу) пленок от первоначального веса 250 З. и дает величину пленчатости. Кормовое достоинство овса η в % определяется по формуле:

$$\eta = \frac{\text{чистота} \times \text{содержание вылущенных семян}}{100}$$

и указывает на % содержания в образце чистых голых семян овса. Труднее определять пленчатость у ячменя, семя к-рого прочно срослось с пленками. Для отделения их, пробу З. ячменя (50 шт.) обрабатывают в стеклянной колбе слабым водным раствором аммиака при $t°$ 80°; затем отделившиеся пленки сушат и взвешивают, как и у овса.

Мучнистость и стекловидность З., связанные с их химич. составом, указывают: первая—на повышенное содержание в З. крахмала, а вторая—на богатство З. белковыми соединениями. Эти свойства З. грубо определяются на-глаз, или более точно—просмотром в особом приборе (см. *Диафаноскоп*) при сильном проходящем свете, или по поперечному разрезу зерна; такой разрез делается сразу для 50—100 З. при помощи особого ножа, двигающегося между двумя металлическими пластинками, куда закладывается зерно (фаринотóм, фиг. 6).



Фиг. 6.

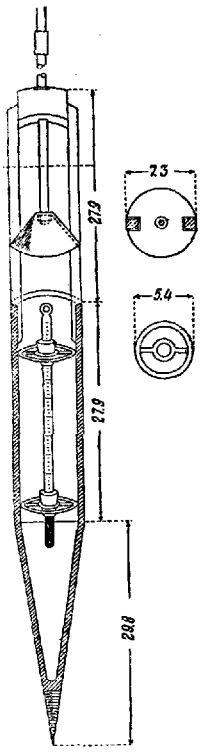
Помимо указанных свойств, учитывают наличие в З. вредителей из мира насекомых, их личинок, выделений и т. п. При анализе З. большое значение имеет то, откуда взята проба для анализа, к-рая д. б. средней для партии З. Пробы берутся из вагона, мешка и т. д. при помощи щупов: простых (фиг. 7) или более сложного устройства (фиг. 8). Вес пробы не д. б. меньше 1 *кг*. Если пробы берутся из большой однородной партии З., напр. нескольких вагонов, то следует брать не меньше одной пробы из

каждого вагона. После сличения проб и установления их однородности их смешивают и получают генеральную пробу, вес которой доходит иногда до нескольких десятков *кг*. Из генеральной пробы выделяется средняя проба весом не менее 1 *кг*. Для выделения этой средней пробы пользуются делительными досками или аппаратами Вельчипольского (фиг. 9) или Гусева; из средней пробы берутся образцы для отдельных определений. Операция выделения проб носит ответственный характер, т. к. при неудачном взятии пробы, не характеризующей средних свойств данной партии З., весь последующий анализ ее оказывается сделанным впустую.

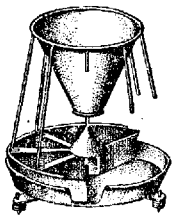


Фиг. 7.

Главнейшие зерновые культуры относятся к двум ботанич. семействам—злаков (Gramineae) и бобовых (Leguminosae); отдельно приходится упомянуть о гречихе, принадлежащей к семейству гречишных (Polygonaceae). З. из семейства злаков называют обычно зерновыми хлебами, или зерновыми злаками. К ним относятся: пшеница, полба, рожь, ячмень, овес, кукуруза, просо и рис. Эти растения издавна являются основным пищевым фондом человечества.



Фиг. 8.



Фиг. 9.

Пшеница (настоящая) делится на 4 ботанич. вида: твердая пшеница (Triticum durum), обыкновенная, или мягкая (T. vulgare), польская (T. polonicum) и английская (T. turgidum). К пшеницам же обычно относят и полбы (T. Spelta, T. monococcum, T. dicoccum), отличающиеся от настоящих пшениц пленчатыми З. (у настоящих пшениц З. голое). В культуру пшеница вошла издавна: 5 000 лет тому назад она в Китае считалась обычным культурным растением; первоначально в Азии и в Африке в культуру вошла полба, позднее—настоящая пшеница. В настоящее время пшеница возделывается во всех умеренно-теплых и субтропич. районах *обоих полушарий*.

Основные мировые районы производства пшениц: 1) сев. часть С. Ш. А. и южн. часть Канады (Сев.-Америк. район), 2) южн. часть СССР, Болгария и Румыния (Черноморский район), 3) Аргентина, 4) Австралия, 5) сев. часть Индии. Помимо этих основных районов, пшеницы занимают значительную часть посевной площади во Франции, Германии (в ю.-з. части), Испании, Италии, балканских государствах, Венгрии, сев. части Китая, Манчжурии, Японии и сев. Африке. Под пшеницей находится до $^1/_4$ всей посевной площади земного шара. Мировой урожай ее в среднем достигает 100 млн. *т*. Основными экспортерами пшеницы являются: Канада, С. Ш. А., Аргентина, СССР, Румыния, Австралия и Британская Индия; основными импортерами: Англия, Германия, Бельгия и Италия.

В СССР озимые пшеницы возделываются гл. обр. на Украине (в зап. и ю.-з. ее частях), в Крыму и на С. Кавказе; яровые—в Поволжьи, Приуральи, Центрально-Черноземной полосе, на Украине (в ю.-в. части), Северном Кавказе (в сев. части), в Западной Сибири и Казакстане.

Пшеница широко используется для хлебопечения, производства макарон, крахмала и т. д. Она является одним из основных пищевых продуктов человечества. Мировое производство ее все время возрастает и за последние 40 лет увеличилось почти вдвое.

Различные сорта мягких пшениц сводят к следующим разновидностям:

Безостые, гирки	Белоколосые	1. Белозерные	(v. albidum)
		2. Красно-зерные	(v. lutescens)
	Красноколосые	3. Белозерные	(v. alboru-brum)
		4. Красно-зерные	(v. milturum)
	Черноколосые	5. Красно-зерные	(v. nigrum)
Остистые, усатки	Белоколосые	6. Белозерные	(v. graecum)
		7. Красно-зерные	(v. erythro-spermum)
	Красноколосые	8. Белозерные	(v. erythro-leucon)
		9. Красно-зерные	(v. ferrugi-neum)
	Черноколосые или синечерноколосые	10. Красно-зерные	(v. fuligino-sum)

Из безостых форм наиболее распространены у нас v. lutescens и v. milturum. К первой относятся полтавки, улыки, белоколоски—яровые формы с полустекловидным зерном. Сюда относятся также нек-рые селекционные сорта Саратовской опытной станции и распространенные в Канаде и С. Ш. А. сорта «Маркиз» и «Китченер». Из озимых форм имеются селекционные сорта Московской, Харьковской, Саратовской опытных станций, а также знаменитые сквереды с крупным булавовидным колосом. К группе v. milturum относятся яровые красноколоски, голоколоски и гирки, распространенные на юге европейской части СССР и в З. Сибири, селекционные сорта—з.-сибирские, одесские и харьковские; встречаются и озимые формы (селекционные сорта Московской и Восточно-степной опытных *станций*). *Менее распространена* v. *alborubrum*, к к-рой принадлежит сорт сандомирка, отличающийся высокими хлебопекарными свойствами. Из остистых мягких пше-

ниц наибольшее значение имеют разновидности v. erythrospermum (из яровых форм—русак, из озимых—крымка, седоуска, банатка, земка, кооператорка, украинка, дюрабль), меньшее—v. ferrugineum (яровые пшеницы С.-В. и Сибири; озимые: Кубани—кособрюховка и нек-рые селекционные сорта Харьковской и других опытных станций), v. caesium (селекционная пшеница З.-Сибирской опытной станции № 111, высокого хлебопекарного достоинства) и v. graecum (туркестанские пшеницы). Твердые пшеницы, являясь экспортным фондом СССР, имеют для нас наибольшее значение, т. к. они наиболее высоко ценятся на мировом рынке вследствие повышенного содержания в них белка, к-рое значительно превышает приведенные в табл. 1 средние числа. Твердые пшеницы идут гл. обр. для производства макарон и галет. З. твердых пшениц отличается от З. мягких большей угловатостью, а также более глубокой, неопушенной бороздкой. Наиболее распространенные сорта твердых пшениц: гарновка, арнаутка и кубанка.

Пшеница является растением довольно требовательным к почве и климату, поэтому под посевы пшеницы обычно отводят лучшие почвы. Озимые пшеницы лучше всего удаются по пару, яровые мягкие—после пропашных культур, твердые—по травяному пласту. Пшеницы отзывчивы на удобрение (за исключением засушливой полосы) и хорошо окупают его. Наилучшие результаты дают навозное удобрение и фосфор; при снижении цен на минеральные азотные удобрения применение их в нечерноземной полосе будет также выгодным. Пшеницы сильно страдают от неблагоприятных метеорологическ. условий (яровые—от засухи, озимые—от неблагоприятных перезимовок), от грибковых вредителей и насекомых. Селекционная работа с ними ведется на ряде опытных станций (Саратовская, Харьковская, Одесская, Московская, З.-Сибирская и др.), к-рые уже дали ряд сортов более устойчивых в культуре. Представляется возможным и целесообразным расширение посевов озимой пшеницы к северу (в нечерноземной полосе).

Рожь (Secale cereale) отличается от пшеницы более узким зерном и способностью к самоопылению, вследствие чего рожь дает массу сортов. Культура ржи была известна в Риме и широко распространилась у славян и гуннов. Происхождение ведет повидимому от сорной ржи, встречающейся и теперь в посевах пшеницы и ячменя в ю.-з. Азии и Закавказьи. Культура ржи, в отличие от пшеницы, сосредоточена в немногих районах. Основной район возделывания ржи—Европа, в частности С.-Европейская низменность (СССР, Германия, Польша, Бельгия, Голландия и Дания). На Европу приходится $^{9}/_{10}$ мирового урожая ржи, достигающего 40 млн. *т*. В последнее время наметился второй ржаной район: в С. Ш. А. и в Канаде. За время войны 1914—18 гг. производство ржи в Канаде увеличилось в 12 раз, а в С. Ш. А.—в 3 раза. Основными экспортерами ржи являются СССР, С. Ш. А. и Канада, импортерами—Англия, Швеция и Норвегия. В странах В. Европы, гл. обр. СССР, и Германии, культура ржи является одной из основных продовольственных культур. Солома, в основном, используется для подстилки скоту, а в С. Ш. А. идет также на переработку.

Рожь имеет как озимые, так и яровые формы; в культуре распространены гл. обр. первые. Яровая рожь (ярица) сеется в Забайкальи, В. Сибири и других районах, где культура озимой ржи затруднена из-за неблагоприятной (сухой) осени или суровой зимы. Существующие у нас сорта ржи получены или из ввезенных немецких сортов (петкузская, шланштедтская, пробштейнская и др.) или путем улучшения местных сортов ржи (вятка, ивановская и др.). Рожь является одной из наименее прихотливых культур; дает урожаи и на мало плодородных почвах, где пшеница не родится; на удобрения отзывчива (лучше всего на навоз). Наиболее высокие урожаи дает после культурных паров. На тяжелых бесструктурных почвах иногда страдает при перезимовке, но значительно реже, чем озимая пшеница. По отношению к вредителям является тоже достаточно стойкой культурой. Селекционной работой (Вятской и других опытных станций) выведены сорта с сильно повышенной урожайностью.

Ячмень (Hordeum vulgare), как и пшеница,—старейшее культурное растение: зерна его встречаются в гробницах Древнего Египта и в остатках свайных построек, найденных в Швейцарии. Он отличается от других хлебов краткостью своей вегетации (85—125 дней), вследствие чего культура его проникает далеко как на С., где короткое лето не допускает культур других хлебов, так и в сухие районы Ю. Главные районы возделывания находятся в умеренном поясе Европы и в С. Америке. По мировой продукции ячменя на первом месте стоит СССР, затем С. Ш. А., Индия, Япония, Испания и Италия. Мировое производство ячменя в два с лишним раза меньше, чем ржи. Главные импортеры ячменя—Германия и Дания.

Ячмени по форме колоса делятся на двурядные (два ряда зерен на колосе), четырехрядные и шестирядные. З. двурядных ячменей отличаются большим содержанием крахмала, и их используют гл. обр. для пивоварения. Кроме того, голые двурядные ячмени идут на крупу (гималайские ячмени); шестирядные ячмени используются как пищевой и кормовой продукт. Из ячменя готовят крупы (см. *Крупяное производство*); для печения пористого хлеба мука ячменя не годится.

В СССР культура ячменя распространена гл. обр. на С. и С.-В. (больше всего в Вятской губ.), где он имеет большое значение как продовольственная хлебная культура; реже ячмень возделывается здесь на корм или для пивоварения. В Зап. области (Смоленский окр.), УССР и БССР сеют пивоваренные сорта ячменя. На Ю. ячмень возделывается как кормовой продукт и для экспорта, на С. Кавказе, кроме того, и как пищевой продукт; здесь встречаются и озимые формы ячменей. Посевы ячменя распространены также в сев. Сибири и в горных районах Кавказа. Будучи мало требовательным к климату, ячмень хорошо отзывается на

внесение под него удобрения. В сев. губерниях часто считают целесообразным отводить под него лучшие участки и класть навоз. Пивоваренные сорта ячменя рекомендуется удобрять калийными удобрениями, способствующими большому накоплению крахмала. При использовании ячменя на корм лучше всего предварительно подвергать его дроблению на особых зернодробилках и зерноплющилках.

Большую потребность в З. ячменя испытывают страны с развитым свиноводством и скотоводством. Для этой именно цели и ввозят его Германия и Дания.

О в е с (Avena sativa) культивировался издавна в Европе кельтами и германцами—его зерна попадаются в остатках свайных построек. От диких форм (A. fatua, A. strigosa) отличается тем, что его колоски не осыпаются. Культура овса распространена в ряде районов с умеренным и влажным климатом. Овес сеется гл. обр. в странах, окружающих сев. часть бассейна Атлантич. океана, как на европейском, так и на сев.-америк. континенте (СССР, Англия, Германия, Франция, Норвегия, Польша, прибалтийские страны, С. Ш. А. и Канада). Помимо этого, культура овса широко распространена в горных районах средней и южн. Европы и в Ю. Америке (Лаплата и Патагония). Основная масса мирового урожая овса собирается С. Ш. А., Канадой и СССР (2/3 мирового урожая), следующее место занимает Аргентина. До войны 1914—18 годов основными экспортерами овса были Россия и Аргентина, после войны выдвинулись С. Ш. А. и Канада.

З. овса, как и его солома, используется гл. обр. как сильный кормовой материал; помимо этого, из З. овса готовят крупу и толокно; в нек-рых районах Норвегии, Ирландии и Шотландии овес используется и для хлебопечения (лепешки, тонкие хлебцы—пористого хлеба не получается).

Овес принадлежит к метельчатым злакам с пленчатым плодом; по форме метелки овес делят на две группы: метельчатые овсы—A. diffusa (с разбросной метелкой) и одногривые—A. orientalis (цветоножки направлены в одну сторону). В СССР встречаются главным образом метельчатые овсы, к-рые по цвету пленок и наличию остей делятся на четыре подгруппы:

Белые пленки	Без остей	(v. mutica)
	С остями	(v. aristata)
Желтые пленки	Без остей	(v. aurea)
	С остями	(v. Krausei)

К подгруппе v. mutica принадлежат шатиловский овес и ряд селекционных сортов Немерчанской, Мироновской и Московской опытных станций; к подгруппе v. aristata—свалефский сорт «Победа», Диппе, Лигово и др.; к подгруппе v. aurea — свалефский сорт «Золотой дождь», ряд немецких овсов, распространенных у нас (Лоховский, Пфлюг, Лейтовицкий, желтый Штрубе и некоторые селекционные сорта УССР); к подгруппе v. Krausei — селекционные сорта Мироновской и З.-Сибирской опытных станций. Значительно реже встречаются у нас овсы с черными пленками группы diffusa, а также одногривые овсы. Все разводимые в СССР сорта овса яровые; озимые овсы встречаются в Англии, в южной Европе, реже в Германии—они очень чувствительны к морозам.

В СССР овес возделывается по всей умеренной полосе, от границы с Польшей до Томской губ.; полоса возделывания расположена в Европе между 50 и 55° с. ш. и в Азии между 55 и 60° с. ш. Главных районов возделывания овса два: один—бассейн Камы и отчасти Волги (Татарская АССР), другой—Центр.-Черноземная область (к Ю. от нее посевы овса сокращаются). Овес не заходит на С. и Ю. так далеко, как ячмень,—препятствием этому служит его более растянутый вегетационный период (до 140 дней).

Овес считается растением мало требовательным к почвенным и климатич. условиям; в пределах указанной зоны он хорошо растет на почвах самых различных типов. В силу этого и в силу относительной дешевизны овса под него реже применяют удобрения, чем под другие культуры. Овес лучше удается после пропашного растения, при повторной культуре он сильно страдает от сорняков. Из болезней чаще всего поражается *головней* (см.).

П р о с о (различные виды Panicum) известно с глубокой древности как самый распространеннейший злак в Европе и в Азии (у иберов и кельтов); в дальнейшем оно подверглось в Европе вытеснению кукурузой (на Ю.) и картофелем (на С.). В Европе культура проса распространена гл. обр. в СССР, Италии, Венгрии, отчасти Чехо-Словакии; в Азии—в средней части Сибири, Туркменистане, Манчжурии и др.

Культурные проса делятся на две основные ботанич. группы: с обычной метелкой—обыкновенное просо (P. miliaceum) или со сжатой колосообразной метелкой—итальянское просо, бор, кунак, гоми (P. italicum). Обыкновенное просо по форме метелок делится на три формы: развесистое (effusum), пониклое (contractum) и комовое (compactum). По цвету З. различают просо: белое, желтое, красное, серое, бурое и каштановое. В европ. части СССР (Заволжье и черноземная полоса) возделывают гл. обр. сорта обыкновенного проса, используемые на крупу (пшено). В В. Сибири, Закавказьи, Румынии и Ср. Азии возделывается итальянское просо. Помимо крупы, оно используется иногда и на муку (печение лепешек); также из него готовят напиток—бузу.

Просо довольно требовательно к климату и к почве; очень хорошо родится по поднятому вспаханному травяному пласту. В этом случае З. проса содержат повышенный процент азота. Просо дает вкусную крупу. Как товарные сорта известны п л а с т о в ы е проса. Вегетационный период длится 60—100 дней. Благодаря развитой корневой системе просо довольно стойко по отношению к засухе; вследствие медленного развития растения (до образования вторичных корешков) просо сильно страдает от сорняков, для борьбы с которыми иногда (в засушливых районах) прибегают к широкорядным посевам. Переработка зерна проса на крупу заключается в его обрушивании (отделении плодовых оболочек); эта операция производится на особых просорушках.

Близко к просу стоят различные виды сорго (Sorghum), возделываемые в странах с сухим климатом (джугара в Средней Азии, гаолян в Манчжурии, дурра в Африке). Благодаря развитию корневой системы сорго хорошо справляется с засухой и дает высокий урожай. Помимо названных, в других районах (южн. Европа, С. Ш. А.) различные виды сорго возделываются как *кормовые растения* (см.), а нек-рые виды—для технич. целей (изготовления метелок и добывания сахара).

Кукуруза, или маис (Zea Mays), возделывалась издавна в юж. части америк. континента, откуда культура кукурузы была перенесена в Европу. В настоящее время кукуруза по величине ее мирового урожая стоит на третьем месте после пшеницы и риса. Около $^3/_4$ мирового сбора кукурузы дают С. Ш. А. (около 70—75 млн. *т*), где культура кукурузы широко распространена (район, ограниченный бассейном Великих Озер и реками Огайо и Миссури). Помимо С. Ш. А., в Новом Свете кукуруза в большом количестве возделывается также в Мексике, Аргентине и Бразилии. В Европе культура кукурузы получила широкое распространение вокруг бассейна Средиземного моря: в СССР, Румынии, Югославии, Италии, Болгарии, отчасти Испании.

З. кукурузы используется и как пищевой и как кормовой продукт. В первом случае из кукурузной муки готовят лепешки или кашу, реже просто поджаривают З.; для печения пористого хлеба мука кукурузы непригодна. Во втором случае кукуруза скармливается животным (мулам, лошадям, коровам, свиньям) или целыми початками или в виде З., иногда дробленого. З. кукурузы используют также и для технич. производств—крахмального, декстринового, винокуренного. При размоле из З. кукурузы обычно выделяют зародыши, с высоким содержанием жиров, наличие к-рых вызывает прогоркание муки. Из этих зародышей выделяют масло, используемое в пищу или для выделки суррогата резины (С. Ш. А.). Помимо культуры на З., кукурузу выращивают также и для использования на корм в зеленом виде, как сено и как силос—см. *Кормовые растения* и *Силосы*.

Кукуруза—растение с широкими листьями, цветы ее раздельнополые, плоды (зерна) сидят на мясистом, позднее высыхающем цветоложе, образуя с ним т. н. початок. К почве кукуруза мало требовательна; вследствие более продолжительного, чем у других зерновых злаков, вегетационного периода, она занимает более южные площади. Возделываемая на З. кукуруза требует раздельного стояния растений, вследствие чего ее относят к группе пропашных растений, при культуре к-рых необходимы междурядная обработка, прореживание, мотыжение и окучивание. У сортов, образующих боковые побеги, необходимо периодическое обламывание их (пасынкование). Благодаря развитой корневой системе и сравнительно с другими яровыми хлебами более растянутому в течение лета потреблению влаги, кукуруза легче переносит засуху и в засушливых районах. Введение ее в культуру делает хозяйство более устойчивым. Надо указать еще на слабую повреждаемость кукурузы вредителями. Для посева, уборки и молотьбы кукурузы пользуются особыми сеялками листер, уборочными машинами и молотилками.

Все сорта кукурузы делятся на 5 групп: 1) кремнистая кукуруза (v. indurata)—с округлыми, равномерно окрашенными зернами (чинквантино, спасовская, безенчукская, король Филипп, бессарабская и др.); 2) зубовидная, или конский зуб (v. indentata), со сплющенными зернами, имеющими вдавленность сверху (Лиминг, Броунконти, Миннезота № 23 и др.); 3) мягкая (v. amylacea)—с З., богатыми крахмалом (Айворикинг); 4) сахарная (v. saccharata)—с морщинистым полупрозрачным зерном (главным образом огородные сорта); 5) лопающаяся (v. everta)—с роговидным З., лопающимся при нагревании.

В СССР культура кукурузы получила распространение в южной части Украины и особенно на С. Кавказе и в Закавказьи. Агрономич. мероприятия предусматривают более широкое введение культуры кукурузы в области Н. Поволжья и вообще продвижение ее в черноземной полосе к С., путем подбора сортов с более коротким вегетационным периодом.

Рис (Oryza sativa) издавна разводился на Ю.-В. Азии, откуда его культура распространилась в Переднюю Азию, а затем по средиземноморскому побережью. В настоящее время основной район возделывания риса—Азия, где только Китай и Британская Индия вместе производят до $^3/_4$ мирового сбора риса. Рис занимает значительную часть посевной площади в Японии, Французском Индо-Китае, Сиаме и Голландской Индии. Помимо этого, рис возделывается: в Старом Свете—в Италии, Испании и СССР (Дальне-Восточный край, Закавказье и ср.-азиатские республики); в С. Ш. А., Бразилии и Аргентине. Мировой сбор риса превышает 100 млн. *т*; производящие рис страны Ю.-В. Азии являются в то же время основными потребительницами риса. Для населения этих стран, составляющего до $^1/_3$ населения всего земного шара, рис—главный источник питания. Основные экспортеры риса—Индия и Индо-Китай, откуда рис импортируется в Европу, Америку и Австралию. Япония и Китай также ввозят значительные количества риса.

Рис употребляется в пищу после обрушивания, очистки и полировки, к-рые производятся на рисоочистительных з-дах, часто находящихся вне районов производства риса (Германия, Голландия). Очищенное З. риса употребляется в пищу в разваренном виде (вареный рис, плов, пудинги и пр.). Благодаря богатству крахмалом рис используют также для винокурения, получения крахмала и сахара.

Рис—метельчатый злак, с грубо-пленчатым зерном; сорта риса обычно делят на две группы: 1) горный (суходольный) рис, культивируемый без затопления почвы, и 2) болотный рис, требующий для своего произрастания затопления почвы проточной водой. Вторая группа является более

урожайной и дает З. более высокого качества. Признаками для ботанич. классификации сортов риса служат наличие и окраска остей, цвет и форма зерновки. В силу продолжительности вегетационного периода (4÷6 месяцев) и большой суммы $t°$ (3 500—4 000°) культура риса приурочена к районам с теплым и влажным климатом. Только более скороспелые сорта (с вегетационным периодом в 3—3,5 мес. и суммой $t°$ ок. 2 500°) м. б. продвинуты в новые районы. К почве рис мало требователен; болотные сорта риса культивируют обычно на тяжелых глинистых почвах, чтобы уменьшить расход влаги. В ряде стран (гл. обр. Азии) рис выращивают в виде рассады и затем высаживают на поля. Культура с пересадкой крайне трудоемка. Лучшим сортом риса на мировом рынке считается каролинский рис (С. Ш. А.). Кроме обыкновенного риса, в Китае, Японии и на о-ве Ява возделывается еще клейкий рис (Oryza glutinosa), З. к-рого разваривается в тягучую тестообразную массу; клейкий рис весьма пригоден для винокурения.

Гречиха (Fagopyrum) происходит из Ср. Азии, откуда занесена в Европу; главное количество З. гречихи собирается в СССР, Франции, С. Ш. А. и Канаде, меньшее количество—в Германии, скандинавских государствах и др. Гречиха—растение из сем. гречишных, с широкими листьями; цветы мелкие, розовые (F. esculentum) или зеленовато-желтые (F. tataricum). Наиболее распространена обыкновенная гречиха (F. esculentum), встречающаяся с З. крылатым и бескрылым; из них первая возделывается гл. обр. на востоке, вторая—на западе. Татарская гречиха (F. tataricum), с З., трудно отделимым от оболочки, возделывается гл. обр. в Сибири и во Франции; на рынке З. ее расценивается низко.

З. гречихи в обрушенном состоянии идет на крупу. Различают ядрицу (с цельными З., отделенными от оболочки), белогорку, продельную и смоленскую с раздробленным зерном. З. гречихи используют также на муку и как кормовой материал. К почве и климату гречиха нетребовательна; благодаря короткому вегетационному периоду (11—12 недель) культура ее идет далеко к северу. В З. Европе гречиха сеется иногда пожнивно. Гречиха чувствительна к весенним заморозкам, от к-рых страдает при раннем посеве. Помимо культуры на З., ее сеют иногда на зеленое *удобрение* (см.) и зеленый корм.

Зерновые бобовые дают З. с высоким содержанием белков, по своим питательным свойствам значительно более ценное, чем З. злаков. Площадь под культурой зерновых бобовых сравнительно невысока; в мировом зерновом балансе эта группа играет количественно очень небольшую роль. Расширение площади под посев зерновых бобовых представляется крайне важным как в целях увеличения продукции с. х., так и потому, что эта группа растений обогащает почву азотом и служит хорошим предшественником для других культур.

Горох (Pisum) возделывается всюду и представляет собою растение с белыми (P. sativum) или красно-фиолетовыми (P. arvense) цветами и крупными шаровидными З. Обыкновенный горох вкуснее гороха других сортов и используется в пищу в цельном виде или в виде муки. Иногда его убирают недозрелым (зеленый горошек). Полевой горох, или пелюшка (P. arvense), возделывается на З. или для получения травяной кормовой массы (сено, зеленый корм и др.). В виде З. он используется также как кормовой материал. В СССР его культура распространена гл. обр. на западе (пелюшка), на С.-В. и В. европ. части Союза и в зап. части Сибири. Горох мало требователен к климату и предпочитает (P. sativum) более плодородные почвы, особенно отрицательно реагируя на кислые почвы. Разводится чаще как полевая культура, реже (особенно—ценные сорта) как огородная. Угловой горох, разводимый на Ю. Европы (в Испании, Италии, Франции, Румынии) и у нас на Ю.-В., относится к чинам (Lathyrus sativus) и отличается от настоящего гороха угловатым зерном и крылатым бобом; идет в пищу.

Чечевица (род Ervum). В культуре встречаются два вида чечевицы: обыкновенная (E. lens) и французская (E. ervillia) чечевица. Обыкновенная чечевица—растение с плоским З. и белыми мелкими цветами. З. чечевицы мельче, чем З. гороха. По величине З. различают крупносемянную (продовольственную) и мелкосемянную (кормовую) чечевицу. Чечевица возделывается в самых различных районах земного шара. В СССР главные районы возделывания—Центрально-Черноземн. область, Поволжье, сев. Украина. До войны 1914—18 гг. Россия занимала первое место по экспорту чечевицы, теперь это место заняла Бразилия. Чтобы устранить потери в стоимости экспортной чечевицы от ее засоренности, в настоящее время решено организовать у нас более тщательную сортировку чечевицы.

Чечевица требует более мягкого климата, чем горох, так как не переносит заморозков; к почве она менее требовательна. Наиболее ценится З. крупнозерных сортов, т. н. тарелочных чечевиц. Французская чечевица, с треугольными семенами и светлофиолетовыми цветами, возделывается в Ср. Азии и Закавказьи; используется на корм скоту, реже в пищу человека.

Фасоль, или турецкие бобы (Phaseolus vulgaris),—растение с крупными тройчатыми листьями, белыми или лиловыми цветами и крупным З., пестрым или одноцветным. Разводится в небольшом количестве в Китае, Великобритании, Бельгии, СССР, Болгарии, Венгрии, Голландии и Канаде. По форме куста сорта фасоли делят на коловые (вьющиеся) и кустовые (развивающиеся без подпорок). З. и бобы используются как пища; мука ее применяется на В. для косметич. и лекарственных целей. Из З. фасоли и молодых бобов изготовляют консервы. Фасоль более требовательна к почве и климату, чем другие бобовые; хорошо отзывается на удобрение (особенно фосфорно-калийное), возделывается как в полевой, так и в огородной культуре. Кроме обыкновенной фасоли, на З. культивируются

еще нек-рые виды: 1) маш (Ph. Mungo)—в Ср. Азии и Закавказьи; имеет мелкие зеленые З., используемые в пищу; высевается также как кормовая трава и на зеленое удобрение; 2) тепари (Ph. acutifolius) возделывается главным образом в Америке, хорошо переносит засуху.

Близко к фасоли стоит коровий горошек (Cowpeas, Vigna Catjang, V. sinensis), разводимый гл. обр. в С. Ш. А. на З., на зеленый корм и удобрение; мало требователен и очень засухоустойчив. Надо упомянуть также о возделываемых в тропич. странах Азии и Америки зерновых бобовых: вигна (Vigna sesquipedalis, V. melanophtalmus), спаржевая фасоль, ляблаб (Dolichos Lablab), лобия (D. Lubia), каян (Cajanus indicus), лима (Phaseolus lunata).

Бобы конские, или русские (Vicia faba),—растение с крупными листьями и бело-черными цветами; возделывается в небольшом количестве всюду. В СССР конские бобы возделываются почти исключительно в зап. части УССР. Различные сорта конских бобов возделываются как в полевой, так и в огородной культуре. З. бобов идет для приготовления супа, каши, а иногда как суррогат кофе; в пищу идут также зеленые бобы. Нек-рые сорта сеют в смеси с другими однолетними травами на корм (мешанки) или на зеленое удобрение. Мука из З. бобов используется в медицине и как корм.

Нут, или бараний горох (Cicer arietinum), имеет З. неправильной округлой формы. Возделывается в Индии, Турции, Персии, на Ю. Европы, в Африке; в СССР—на Кавказе и в ср.-азиатских республиках. Белосемянное З. нута используется как З. обыкновенного гороха и, кроме того, как суррогат кофе и на муку; темносемянное З. идет на корм скоту. На зеленый корм нут не годен, т. к. зеленые части его содержат много яблочной и щавелевой к-т (последняя иногда добывается из нута). Благодаря своей устойчивости против засухи и вредителей нут считается подходящим растением для нашего Ю.-В.

Вика (Vicia) относится обычно к *кормовым растениям* (см.). З. ее также иногда скармливают скоту. Различные сорта вик м. б. возделываемы в различных климатич. и почвенных условиях.

Лупин (род Lupinus) разводится обычно на зеленое удобрение. З. его очень богато питательными веществами и в то же время очень горько и содержит алкалоид, вследствие чего может быть скармливаемо скоту только после предварительного вымачивания или запаривания.

Соя, или масличный боб (Soja hispida), разводится гл. обр. в Китае, Японии, Корее, СССР (ДВК). Соя—растение с крупными тройчатыми листьями и лиловыми цветами. З. сои похоже на З. бобов. По своей питательности З. сои могут конкурировать с мясом, т. к. содержат жира не меньше, чем хорошее мясо, а белков почти в два раза больше. В Китае и Японии соя служит одним из главнейших пищевых средств. В пищу З. сои идет в вареном или поджаренном виде. Из З. сои в Китае готовят искусственное молоко, сыр, сою и пр., оно служит также масличным растением (см. *Бобовое масло*). Масло сои используется как в пищу, так и для технических целей.

Помимо культуры на З., сою можно сеять для получения кормовой массы, а также на зеленое удобрение. В последнее время к культуре сои проявлен большой интерес. Она широко вводится в культуру в С. Ш. А. и в ряде колониальных стран. С. Ш. А. за 5 лет (1920—25 гг.) увеличили площадь под посевами сои в 10 раз (с 65 до 650 тыс. *га*). У нас культура сои возможна по климатич. условиям, кроме дальне-восточного Приморья, в Закавказьи и Ср. Азии; более скороспелые сорта удаются также на С. Кавказе и Нижнем Поволжьи. Соя мало требовательна к почве и удобрению и удается даже на легких малоплодородных почвах; американцы широко применяют ее на зеленое удобрение (б. ч. пожнивно) для улучшения таких почв. Сорта сои обычно группируют по цвету ее З. (желтые, белые, зеленые, бурые, черные бобы). Соя является великолепным предшественником для других сельскохозяйственных растений.

Торговая классификация З. имеет очень большое значение, т. к. наличие ее значительно упорядочивает торговые операции с З. На торговом рынке обращаются партии З. резко различного качества, и при отсутствии определенных стандартов З. возможны частые недоразумения и злоупотребления. Такая картина господствовала в дореволюционное время на нашем рынке. Исключительное по своей засоренности, русское З. котировалось на мировом рынке по ценам, значительно пониженным сравнительно с мировыми ценами. Для внутреннего рынка отсутствие стандартных норм вызывало торговлю З. по образцам, не всегда соответствующим партии, к-рую они д. б. представлять. Ликвидация кустарничества, постройка элеваторов требовали одновременного создания единых норм для оценки З. В то же время разработка таких норм всегда сопряжена с большой трудностью, в виду множественности тех признаков, к-рые должны регулироваться определенными нормами. Трудность построения классификации связана с выделением небольшого числа признаков, позволяющих сделать разбивку З. на отдельные группы. В настоящее время в СССР для широкой практики (при хлебозаготовках и пр.) пользуются группировкой З. по категориям (по величине натуры) и по состоянию (по засоренности и влажности). Наркомторгом СССР утверждены (1929 г.) следующие нормы категорий и состояний З.

В качестве вредных примесей указываются для зерна ржи: спорынья и головня, для пшеницы—те же примеси и угрицы, для овса—куколь и оньяняющий плевел, для ячменя и проса—головня. По отношению к З. отдельных культур вводятся нек-рые дополнительные признаки: 1) пшеница, в к-рой имеется примесь ржи в количестве 10—25%, называется суржистой, а если эта примесь превышает 25%—суржей; 2) для фасоли группировка по натуре (категории зерна) заменяется группировкой по цвету (белая и цветная), по форме (округлая и удлиненная) и по размеру; для гороха—

Табл. 2. — Нормы категорий и состояний зерна.

Наименование растений	Категории зерна в г/л			Чистота зерна, примесей в %				Влажность зерна в %			
	Высоконатурное, свыше	Среднее натурное	Низконатурное, ниже	Чистое, до*	Средней чистоты*	Низкой чистоты*	Сорное, свыше*	Сухое, до	Средней сухости	Влажное	Сырое, свыше
Рожь	710,5	671—710,5	671	1 1	1—2 1—2	2—3 2—3	3 3	14	14—15,5	15,5—17	17
Пшеница:											
озимая	772,5	735—772,5	735	1 4	1—2 4—7	2—3 7—10	3 10				
яровая мягкая	772,5	735—772,5	735								
яровая твердая	778	740—778	740	1 2	1—2 2—4	2—3 4—6	3 6				
суржистая	756,5	714—756,5	714								
Ячмень	608	559—608	559	2 2	2—3 2—4	3—4 4—6	4 6	14,5	14,5—16	16—18	18
Овес	466,5	412,5—466,5	412								
Просо	765	728—765	728	2	2—4	4—6	6	13,5	13,5—15		
Гречиха	602	553—602	553	1 1	1—2 1—2	2—3 2—3	3 4	14	14—15,5	15,5—17	17
Кукуруза	—	Нет	—	2	2—4	4—6	6	14	14—17	17—20	20
Фасоль	—	—	—	0,5 2	0,5—1 2—4	—	1 4				
Горох (кроме серого)	—	—	—	1 2	1—2 2—4	—	2 4	14	14—16	16—18	18
» серый	—	—	—	1 4	1—2 4—7	—	2 7				

* Числитель дроби обозначает % сорной примеси, знаменатель—% примеси зерновой.

группировкой по цвету (белый, зеленый, желтый и серый), для чечевицы—группировкой по месту происхождения (северная и южная) и по выровненности.

Помимо указанных стандартных норм, имеется полная классификация З., применяемая при подборе стандартных партий З. По этой классификации, утвержденной Наркомторгом, З. делятся на типы, подтипы и классы. Деление на т и п ы основывается на т. н. типичных признаках; сюда относят род и вид растения, характер вегетации растений (озимые и яровые формы), цвет З., стекловидность и другие признаки. У нек-рых растений принимаются во внимание только отдельные из указанных признаков; у других эти признаки заменяются общим характером происхождения З. (северные или южные). Деление типа З. на п о д т и п ы происходит в зависимости от района происхождения З. Дальнейшее деление подтипа на к л а с с ы связано уже не с типичными, а т. н. нетипичными признаками, куда относят натуру, сорность, влажность и пр. Эти величины не являются чем-то постоянным; они могут значительно варьировать не только в пределах одного и того же типа, но даже в зависимости от того или иного сочетания метеорологич. условий и способов культуры и сильно изменяются в различные годы. З., по своим признакам подходящее к одному из классов, называется к л а с с о в ы м З. З., обладающее определенными пороками, перечисленными в нормах Наркомторга, называют д е ф е к т и в н ы м З. Основания к отнесению данного образца к дефективному З. различны у разных культур. Для ржи, пшеницы и ячменя такими признаками считаются: а) наличие (одновременно) запаха полыни и горького вкуса, б) наличие затхлого запаха, в) изменение внешнего покрова и внутренних качеств З. в результате его перегрева, г) наличие проросших, загнивших или заплесневших З. (свыше 15%). Для овса, проса, гречихи, кукурузы, фасоли, вики и других зерновых признаки те же (за исключением первого).

Если З. не является дефективным, но по его натуре, сорности и влажности выходит за пределы норм, установленных для данного класса, то З. называют в н е к л а с с о в ы м. Отдельно выделяют группу ч и с т о с о р т н о г о З., причем таковым называют З., представляющее собою однородный сортовой материал, а не смесь З. нескольких ботанич. разновидностей, какою обычно является крестьянское беспородное З.

Чистосортным З. признается З., на к-рое имеется соответствующее удостоверение от селекционных или контрольносеменных учреждений (а п п р о б а ц и я З.). Такое З. используется как посевной материал и расценивается выше среднего товарного З.

При приемке (покупке) больших партий З. устанавливают кондиции (условия), которым должно удовлетворять сдаваемое З. При наличии твердой классификации З. подробные кондиционные условия заменяют указаниями класса З. Если сдаваемое З. не соответствует кондициям, то оговариваются скидки (р е ф а к ц и я) в цене его, если З. будет доставлено худшего качества, или надбавки (б о н и ф и к а ц и я), если З. окажется более высокого качества, чем это указано

Табл. 3. — Стандарты зерна для главнейших зерновых культур.

Наименование растений	Типы	Подтипы	Классы * по натуре: вес 1 л в г по классам	Классы * по количеству примесей: сорной	Классы * по количеству примесей: зерновой	Классы * по влажн.: не ниже
Рожь	I. Северная	1) Прикамская 2) Сибирская 3) Сев.-Западная 4) Центр.-земледельческая 5) Украинская 6) Сев.-Кавказская 7) Поволжская	1) 710,5—721,5 2) 699 —710,5 3) 688 —699 4) 671 —688 5) 654,5—671	Чистое З. » » Средн.-чист. З. » » » » » »		Средней сухости
	II. Южная					
Пшеница	I. Яровая красная	1) Средне-Волжская 2) Приуральская 3) Зап.-Сибирская 4) Вост.-Сибирская 5) Сев.-Кавказская 6) Украинская	1) 772,5—783 2) 761,5—772,5 3) 751 —761,5 4) 735 —751 5) 719 —735	См. классы риж		
	II. Яровая твердая	1) Заволжская 2) Сев.-Кавказская 3) Донская	1) 778 —788,5 2) 767 —778 3) 756,5—767 4) 740 —756,5 5) 724,5—740	См. классы риж		
	III. Озимая красная стекловидная	1) Крымская 2) Сев.-Кавказская 3) Южно-Украинская	См. классы типа I			
	IV. Озимая красная нестекловидная	1) Украинка 2) Кособрюховка	См. классы типа I			
	V. Озимая белозерная	—	См. классы типа I			
	VI. Яровая белозерная	1) Стекловидная 2) Мучнистая	См. классы типа I			
	VII. Суржистая (ржи 10—25%)	—	1) 756,5—767 2) 745,5—756,5 3) 729,5—745,5 4) 714 —729,5 5) 698 —714	См. классы риж		
Ячмень	I. Пивоваренный (только высокий средненатурный)	1) Сев.-западный 2) Юго-восточный	1) 608—625 2) 592—608 3) 575—592 4) 559—575 5) 543—559	См. классы риж		
	II. Обыкновенный	—				
Овес	I. Сортовой (культурного овса не менее 80%)	—				
	II. Перерод (культурного овса не менее 30%, черного до 5%)	—	1) 466,5—484 2) 448,5—466,5 3) 430,5—448,5 4) 412,5—430,5 5) 394,5—412,5	См. классы риж		
	III. Обыкновенный (черного овса до 10%)	1) Центр.-земледельческий 2) Украинский 3) Прикамский 4) Сибирский				
Просо	I. Желтое (блапжевое)	—	1) 765 —780,5 2) 754,5—765 3) 744 —754,5 4) 728 —744 5) 712,5—728	См. классы риж		
	II. Красное	1) Оренбургское 2) Центр.-земледельческое 3) Южное				
	III. Белое					
	IV. Черное					
Гречиха	—	—	1) 602 —619 2) 586 —602 3) 569,5—586 4) 553 —569,5 5) 536,5—553	См. классы риж		
Кукуруза	I. Белая с крупным зерном, кремнистая	1) Украинская 2) Сев.-Кавказская 3) Поволжская	—	Чистое З. Ср.-чист. З.		Средней сухости
	II. Желтая кремнистая	1) Украинская 2) Сев.-Кавказская				
	III. Белая зубовидная	1) Сев.-Кавказская 2) Кавказская (Потийская) 3) Украинская				
	IV. Желтая зубовидная	1) Сев.-Кавказская 2) Закавказская (Батумская) 3) Украинская				

* Каждый подтип распадается на 5 классов.

в кондициях. Величина бонификаций и рефакций указывается отдельно по отношению к каждому признаку, при чем рассчитывается обычно в процентах от установленной цены на З. Наличие такой системы значительно облегчает все торговые операции с З. Так, напр., при хранении З. в больших количествах вблизи пристаней или ж.-д. станций (см. *Элеваторы*) можно производить обезличение З. и замену одной партии З. другой — соответствующего класса. Характеристика свойств З. и отнесение его к тому или иному классу фиксируется в особых документах (сертификатах), которые служат как бы паспортом для данной партии З.

Для регулирования всего, что связано с проведением в жизнь мер по классификации товарного З., в СССР существует аппарат Государственной хлебной инспекции (Г. Х. И.), который контролирует качество З. и составляет сертификаты на рыночное З. В отношении экспортного З. это делается исключительно Г. Х. И.; в отношении же З., циркулирующего на внутреннем рынке, сертификаты Г. Х. И. заменяются свидетельствами элеваторов и простыми качественными удостоверениями Г. Х. И.

Уже отмечалось, что жесткое проведение в жизнь мероприятий по контролю товарного З. значительно улучшило его качество. Тем не менее нельзя думать, что действующие стандарты З. являются окончательными и не будут подлежать никаким изменениям. Несомненно, практика торговли З. и улучшение его качества не раз будут вносить коррективы в стандартные нормы, к-рые всегда носят условный характер. В С. Ш. А. потребовалось 65 лет для выработки твердых стандартов; у нас же это сделано в значительно более короткий срок. Действующие у нас (в 1929 г.) стандарты для главнейших зерновых культур приведены в табл. 3.

Лит.: По зерновому товароведению.—Товароведение, под ред. П. П. Петрова и Ф. В. Церевитинова, т. 4, М.—Л., 1929; Варакин М., Микулин Д. и Успенский Д., Практич. зерновое товаровед., М.—Л., 1927; Галкин А., Зерно, мука, крупа, М., 1926; Инструкция по анализу зерна, 4 изд., Гос. хлебн. инсп., М., 1928; Каллниг Г., Анализ зерна и зерновых продуктов, пер. с нем., М., 1929; Палладин Н. В. и Собянин Н. П., Руководство к анализу пищевых продуктов, М.—П., 1923; Попов С. М. и Сидоренко К. Б., Краткое руководство по анализу торгового хлебного зерна, П., 1916; Гофман и Нейман, Зерно, перевод с нем., Гомель, 1927; Рыжов Н. И. и Энгельгардт П. М., Исследование семян, М.—Л., 1929; Технич. правила исследования качества посевного материала, пер. с нем., Л., 1928; Торговая классификация хлебов Союза ССР, М., 1928; Maurizio A., Getreide, Mehl u. Brot, B., 1903; Maurizio A., Die Nahrungsmittel aus Getreide, B. 1—2, 2 Aufl., B., 1925; Hoffman J. F., Das Versuchs-Kornhaus u. seine wissenschaftliche Arbeiten, B., 1904.

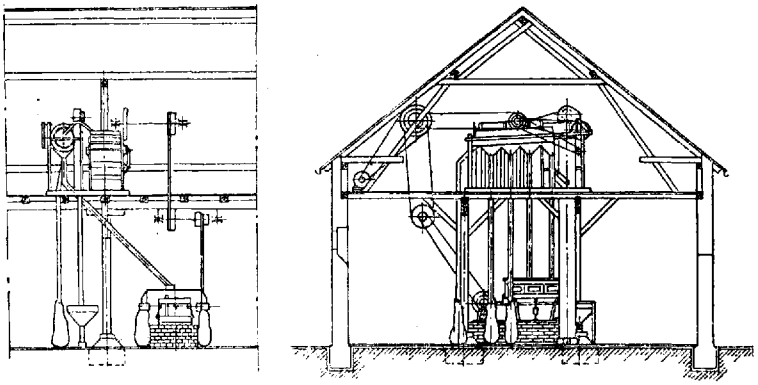
По зерновым культурам.—Пряшников Д. Н., Частное земледелие, 7 изд., М.—Л., 1929; Будрин П. В., Частное земледелие, ч. 1, 2 изд., М.—Л., 1928; Вавилов Н. И., Полевые культуры Юго-Востока, П., 1922; Борисенко Ф. Е., Селекционные сорта полевых и луговых семян СССР, Л., 1928; Руководство к аппробации селекционных сортов важнейших полевых культур РСФСР, вып. 1—4, Л., 1928—29; Танфильев Г. И., Очерк географии и истории главнейших культурных растений, Одесса, 1923; Макаров И., Карта земледелия, Л., 1926; Слезкин П. Р., Зерновые злаки, 2 изд., М., 1928; Новацкий А., Руководство к возделыванию главнейших хлебных злаков, пер. с нем., СПБ, 1889; Бломейер А., Культура хлебов, пер. с нем., вып. 1—2, СПБ, 1903; Регель Р. Э., Хлеба в России, П., 1922; Рислер Е., Пшеница, пер. с франц., СПБ, 1889; Буллер Р., Пшеница в Канаде, пер. с англ., П., 1923; Талапов В., Сорта яровой пшеницы, Л., 1927; Елатомцев З., Яровой и озимый ячмень, Ростов н/Д., 1926; Мирик Г., Кукуруза, пер. с англ., М., 1913; Бензин В. М., Культура кукурузы, СПБ, 1912; Монтомери Е., Возделывание кукурузы, пер. с англ., Прага, 1923; Vernon—Schoesmitt, Приемы исследования кукурузы, перевод с английского, Екатеринослав, 1912; Федоров Д. В., Кукуруза и сорго, СПБ, 1914; Слезкин П. Р., Гречиха и ее возделывание, «Ежегодник департ. земледел. Гл. упр. землед. и земледустр. за 1912», СПБ, 1913; его же, Общий очерк культур зерновых бобовых, там же; Мейстер и Арнольд, Просо, Москва, 1925; Декапрелевич, Зерновые бобовые Грузии, Тифлис, 1923; Окорокова Е. А., Современное состояние культуры чечевицы и перспективы ее развития, М., 1928; Барулина Е., Чечевица, Л., 1926; Муратова В. С., Конские бобы, Л., 1926; Иванов Н. Р., Фасоль, Л., 1926; Прозорова К. Г., Нут, Л., 1927; Шпаковский, Соевые бобы, Владивосток, 1926; Миревский А. А., Соевые бобы или соя, Москва, 1929; Schindler F., Handbuch d. Getreidebaues, 3 Aufl., B., 1923; Becker-Dillingen J., Handbuch d. gesamten Pflanzenbaues, B. 1—Getreidebau, B., 1927; Berkner F., Der Getreidebau, Handbuch d. Landwirtschaft, hrsg. v. Fr. Aereboe, J. Hansen u. Th. Roemer, B. 3, B., 1928—29; Kreutz H., Der Hülsenfruchtbau, ibid.; Carleton M. A., The Small Grains, N. Y., 1924; Buller R., Essays on Wheat, N. Y., 1919; Zade A., Der Hafer, Jena, 1918; Quante H., Die Gerste, B., 1922; Haase G., Die Braugerste, ihre Kultur, Eigenschaften u. Bewertung, Lpz., 1906; Crohn H., Der Mais in d. Weltwirtschaft, B., 1926; Eichinger A., Mais, Hamburg, 1926; Matenaers F., Der rationelle Maisbau, B., 1914; Wallace H. A. a. Bresseman E. N., Corn and Corn Growing, 3 ed., L, 1928; Oppel A., Der Reis, Bremen, 1890; Copeland E. B., Rice, London, 1924; Fruwirth C., Handbuch d. Hülsenfruchtbaues, 4 Aufl., B., 1924; Hardenburg E., Bean Kultur, N. Y., 1927; Horvath, Soybean as Human Food, Peking, 1927. **Н. Соколов.**

ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, машины, применяемые в с. х. для очистки зерна от примесей и для разделения его на отдельные фракции (сорта). Одни из этих машин—*веялки* (см.) очищают зерно при помощи струи ветра, получаемой от особого вентилятора и относящей легкие примеси в сторону; другие—сортировки при помощи вентилятора или решет (ячеистых и фрикционных поверхностей) разделяют предварительно очищенное зерно на сорта и выделяют примеси сорных семян или разделяют смесь на отдельные фракции. В веялках ставят часто также решета; в этом случае зерно одновременно очищается от примесей и разделяется на сорта; такая машина называется веялкой-сортировкой. У большинства сортировок обычно имеются добавочные приспособления в виде небольших вентиляторов или крупных решет для дополнительной очистки загрязненного зерна.

З. м. представляют собой или самостоятельные машины или же присоединяются к *молотилкам* (см.) для одновременной молотьбы и очистки (обычно присоединяется или одна веялка или две веялки и сортировка); веялки и сортировки простейшего устройства присоединяются также к жнеям-молотилкам: *комбайнам* (см.), *стриппериам* (см.) и др., для одновременной очистки убираемого в поле урожая. К зерноочистительным машинам относят также ряд вспомогательных машин: шасталки, служащие для более совершенной очистки зерна путем вышелушивания зерна из тонкой оболочки, отбивания усиков и проч.; транспортеры-элеваторы, служащие для механической передачи зерна от одной машины к другой.

Для совершенной очистки зерна необходимо иметь целый ряд машин, через которые в известной последовательности пропускается очищаемое зерно; желательно пользоваться более простыми машинами, производящими только какую-нибудь одну операцию по очистке зерна, но выполняющими ее наиболее совершенно, а не применять машин комбинированного действия, т. е. производящих разделение зерна по двум и более признакам сразу, напр. разбивающих смесь зерна по весу и одновременно по размерам и т. д. Машины для предварительной очистки зерна д. б. хорошо согласованы между собой по производительности. Такая группа машин является необходимой при очистке больших количеств зерна, напр. хлебных, травяных или специальных технич. культур. Для этой цели организуются особые зерноочистительные пункты, снабженные машинами по дополнительной обработке и очистке сортированного зерна, оборудованные транспортерами и приводимые в действие механическими двигателями.

На фиг. представлена схема зерноочистительного пункта, расположенного в двух



этажах. Зерно подается из нижнего этажа на верхний при помощи элеватора; там оно поступает сначала в ветровую сортировку, откуда при помощи короткого элеватора переводится в цилиндрич. сортировку—триер; из триера зерно самотеком по лотку скатывается для окончательной очистки в сортировку—сортировальный стол, откуда высыпается в мешки. Машины приводятся в движение при помощи трансмиссий от одного двигателя, расположенного в верхнем этаже. Для очистки зерна в небольших крестьянских хозяйствах удобно соединять группу З. м. в зерноочистительный обоз. Примером такого обоза может служить комплект из веялки, плоских сит, триера, элеватора и сепаратора, установленных на одной тележке и приводимых в движение мотором. **Б. Криль.**

Лит.: см. *Веялки, Комбайны.*

ЗЕРНОСУШИЛКИ, установки для удаления из зерна излишней влаги до предельного содержания (13—14%), при котором зерно выдерживает продолжительное хранение. Естественная сушка зерна осуществляется на выровненных и утрамбованных площадках действием солнца и ветра; зерно рассыпают тонким ровным слоем (до 15 *см*) по брезентам или дощатым настилам и подвергают периодическому (через ½—1 ч.) перелопачиванию вручную, но это требует значительного времени, большой затраты раб. силы и осуществимо лишь при солнечной погоде. Понижение влажности зерна на 3% требует 3—4 дней. Искусственная сушка осуществляется в зерносушилках.

Во время хранения зерно теряет сухое вещество на дыхание; если количество сухого вещества, теряемого зерном при влажности зерна 12%, принять за 1, то при 14—15% оно равно 4, при 19—20% равно 10, а при 33%—2 000. Хлеб при 30% влажности в сутки на одну *m* теряет 1 *кг* сухого вещества. Повышение *t*° усиливает дыхание. Внутри кучи сырого зерна или в силосе элеватора вследствие усиления дыхания температура повышается, выделяющиеся при дыхании пары усиливают дыхание, и процесс повышения *t*° и влажности усиливается — зерно начинает прорастать. Повышение *t*° способствует развитию плесени и бактерий. При поднятии температуры выше 35° в зерне развивается спиртовое и масляно-кислое брожение, а при дальнейшем естественном развитии этого процесса, называемого самонагреванием, или горением, зерна, *t*° его может подняться выше 90°, зерно обугливается, и может произойти его самовоспламенение. Во избежание самонагревания хлеб охлаждается вручную или пропуском через ветровую машину. При влажности зерна, равной 18%, требуется ежедневное перелопачивание, и такой хлеб при его хранении в течение 300 дней теряет 7—10% сухого вещества, что вместе с рабочей силой на уход обходится до 25% первоначальной стоимости зерна. При брожении в зерне образуются кислоты, понижающие пекарные и семенные качества зерна.

Сушка зерна играет важную роль и в области переработки зерна. В С. Америке З. является главной единицей механического оборудования т. н. лечебниц зерна, имеющихся почти на всех терминальных и портовых элеваторах, где зерно подготовляется к транспорту.

Производительность мельницы, рассчитанной на помол нормально влажного (14%) зерна, при 16% влаги понижается: для пшеницы на 10%, для ржи на 15%; при 18% влажности—для пшеницы на 25%, для ржи на 35%; при 20%—для пшеницы на 50%, для ржи на 60%. В производстве солода предварительное высушивание повышает процент прорастающих зерен, увеличивает количество солода и выход экстракта и сокращает время размачивания ячменя. Получающиеся выгоды в несколько раз превышают стоимость сушки.

По условиям, влияющим на содержание влаги в зерне, СССР можно разделить на четыре части: сев.-зап. районы дают зерно с

повышенной влажностью; в ю.-з. районах частые дожди обусловливают повышенную влажность зерна. Сибирь до 40—70% хлеба дает влажным. Только ю.-в. округа можно считать вполне благополучными в смысле сухости зерна. Снимаемый с поля в северной половине СССР хлеб имеет влажность 18—25%, затрудняющую ручную молотьбу. Его сушат сноповым в овинах и ригах; распространение молотилок, вымолачивающих и сырое зерно, порча зерна запариванием и поджариванием, неравномерность и медленность сушки, пожарная опасность—обусловили исчезновение овинов и риг и замену их мелкими с.-х. З. примитивной конструкции, работающими не многим лучше овинов, но стоящими сравнительно недорого. Эксплоатация элеваторов Государственного банка заставила предпринять постройку на них сети З., без которых эти пустовавшие элеваторы не могли бы принимать влажного зерна. Выгодность зерносушения и увеличивающийся оборот элеваторов благодаря привлечению сырых хлебов, способствовали дальнейшему развитию сети З. уже в СССР. На юге построена сеть З. для кукурузы, снимаемой при высокой влажности, затрудняющей ее хранение в силосах и экспорт.

Англия дала тип сушильной колонки, достигшей в Германии своего полного развития и громадного распространения как для сушки сыромолотного, так и мытого зерна на мельницах.

Каждой $t°$ соответствует с т а ц и о н а р н а я, или р а в н о в е с н а я, влажность зерна и воздуха. Если влажность зерна больше стационарной влажности для данной темп-ры или влажность воздуха меньше стационарной, то зерно отдает влагу, а в обратном случае поглощает ее. Нормальной усушкой по весу при хранении зерна считают: в первую четверть года 1,3%, во вторую 0,9%, в третью 0,5% и в четвертую 0,3%. По америк. данным, сыромолотная пшеница дает усушку 2—4,5%, кукуруза 6,5—20%. В дальнейшем, когда влажность зерна станет нормальной, наступает постоянный обмен влагой между зерном и воздухом, в зависимости от влажности и $t°$ окружающего воздуха. Этот обмен зависит от соотношения упругости пара, находящегося всегда в состоянии полного насыщения в микроскопическ. пустотах внутри зерна, и упругости пара в наружном воздухе. Когда первая выше второй, происходит вытекание пара сквозь поры оболочек, и наоборот. С повышением общей $t°$ упругость пара внутри зерна увеличивается, тогда как в наружном воздухе, при том же содержании в нем влаги, остается без перемены; поэтому подогреванием зерна можно в сильнейшей степени повысить разность упругостей пара в зерне и воздухе, а значит, и ускорить сушку. При естественной сушке повышение $t°$ зерна достигается прямым его нагреванием теплотой солнца, при искусственной—подогреванием зерна соприкосновением с нагретыми поверхностями или соприкосновением со струей нагретого воздуха. В виду того что воздух, находящийся между зернами и над слоем зерна, при этом быстро насыщается выделяющейся из зерна влагой, необходим его интенсивный обмен, от к-рого зависит влажность воздуха, непосредственно соприкасающегося с зерном, а следовательно, и разность давлений пара внутри зерна и снаружи. Чем интенсивнее обмен воздуха, тем скорее происходит сушка. В виду слабого естественного обмена воздуха между зернами во время естественной сушки прибегают к ручному перебрасыванию; при искусственной сушке перемену воздуха осуществляют посредством тяги (вытяжная труба или вентилятор). По Гофману, свойство зерна притягивать влагу основано на гигроскопичности крахмала, входящего в состав зерна в преобладающем количестве. Известно, что растворы солей не могут образовать над своей свободной поверхностью в закрытом сосуде полного давления насыщенного пара, при чем влажность воздуха над раствором тем меньше, чем крепче раствор. Такими же свойствами обладает и крахмал; будучи сухим, он поглощает влагу из воздуха не менее жадно, чем серная к-та; каждому значению влажности находящегося над зерном воздуха отвечает определенная влажность зерна (крахмала), при к-рой не происходит при данной $t°$ обмена влагой. Увеличение влажности воздуха вызывает поглощение ее крахмалом, а уменьшение—отдачу зерном влаги воздуху. Табл. 1 дает (по Гофману) наибольшую упругость пара над зерном при различных $t°$ и влажности ячменя, а также наибольшую относительную влажность воздуха. Как видно, при влажности зерна 19—20% и выше, пар, находя-

Табл. 1.—Сравнительные данные об упругости пара над зерном при различных $t°$ и влажности ячменя и относительной влажности воздуха (по Гофману).

4°			14°			27°			35°		
Влажность зерна, %	Упруг. пара, мм рт. ст.	Наибол. относит. влажн. возд. над зерном, %	Влажность зерна, %	Упруг. пара, мм рт. ст.	Наибол. относит. влажн. возд. над зерном, %	Влажность зерна, %	Упруг. пара, мм рт. ст.	Наибол. относит. влажн. возд. над зерном, %	Влажность зерна, %	Упруг. пара, мм рт. ст.	Наибол. относит. влажн. возд. над зерном, %
8,43	1,21	20,0	7,22	2,46	20,7	5,40	4,33	16,3	5,87	7,25	18,4
10,75	2,32	38,2	9,87	4,63	39,0	7,75	8,66	32,7	7,64	12,96	32,8
13,47	3,54	58,3	13,00	6,93	58,2	10,76	13,51	51,0	10,45	20,51	51,9
15,69	4,47	73,6	15,37	9,05	76,1	14,23	19,41	73,4	12,60	24,74	66,2
17,52	5,41	89,1	17,40	9,95	82,8	15,37	21,28	80,4	14,58	29,14	73,8
18,75	6,07	100,0	20,02	11,88	100,0	18,42	26,47	100,0	18,71	39,52	100,0
$a = 0,462$			$a = 0,736$			$a = 1,70$			$a = 2,51$		

щийся в воздухе над зерном, насыщен вполне при всякой $t°$; при меньшей влажности зерна уменьшается и влажность воздуха, окружающего зерно. Гофман дал эмпирическую зависимость между упругостью y (в *мм* рт. ст.) пара над зерном, процентом x влажности зерна, упругостью p (в *мм* рт. ст.) насыщенного пара и наибольшим процентом b содержания воды в зерне, при к-ром стационарное давление пара в воздухе становится равным упругости насыщенного пара:

$$y = p - a(b - x),$$

где a—численный коэфф., меняющийся с $t°$ и получаемый из табл. 1 интерполированием. Эти цифры хотя и относятся к ячменю, но практически м. б. применяемы ко всем хлебам без исключения. Меньше всего разница получается для пшеницы. Для $t° > 35°$ числа, указанные в табл. 1 в графе 35°, меняются мало. В табл. 2 верхние цифры дают при 10° и влажности зерна 14% стационарная упругость пара равна 5,88, а при 50° и той же влажности равна 27,88 *мм* рт. ст., т. е. вытекание пара сквозь оболочки, если воздух уходит из сушилки при насыщении 60% в первом случае при 10° (естественная сушка), а при втором при 35° (искусственная сушка), будет происходить под влиянием разности упругостей пара внутри и снаружи зерна: в первом случае $5{,}88 - 0{,}6 \cdot 9{,}21 = 0{,}36$ *мм* рт. ст., во втором $27{,}88 - 0{,}6 \cdot 39{,}5 = 4{,}2$ *мм* рт. ст.

Повышение $t°$ зерна очень ускоряет сушку; с другой стороны, слишком быстрое высушивание неблагоприятно влияет на всхожесть зерна и на пекарные качества его. Вопрос о выборе $t°$ нагрева воздуха в З. осложняется еще и тем, что скорость отдачи пара зерном зависит не только от $t°$, но еще и от количеств воздуха, применяемых при сушке.

Табл. 2.—Теплосодержание и влагосодержание воздуха, отнесенные к 1 *кг* сухого воздуха в смеси (по Марру).

t°	Насыщенность смеси в %									
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
−15°	−3,02	−3,08	−3,13	−3,18	−3,24	−3,29	−3,34	−3,40	−3,45	−3,51
	0,88	0,79	0,70	0,62	0,53	0,44	0,35	0,26	0,18	0,09
− 5°	0,30	0,15	0,00	−0,15	−0,30	−0,45	−0,59	−0,74	−0,89	−1,04
	2,50	2,25	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,25
0°	2,27	2,04	1,82	1,59	1,30	1,13	0,91	0,68	0,45	0,23
	3,80	3,40	3,00	2,70	2,30	1,90	1,50	1,10	0,80	0,40
10°	6,95	6,48	6,02	5,56	5,10	4,64	4,19	3,73	3,28	2,82
	7,60	6,90	6,10	5,30	4,60	3,80	3,00	2,30	1,50	0,80
20°	13,58	12,68	11,78	10,88	9,99	9,11	8,23	7,35	6,47	5,61
	14,40	13,00	11,50	10,10	8,60	7,20	5,80	4,30	2,90	1,40
30°	23,60	21,88	20,19	18,51	16,84	15,18	13,54	11,92	10,31	8,71
	27,10	24,20	21,50	18,70	16,00	13,20	10,50	7,90	5,20	2,60
40°	39,37	36,18	33,03	29,94	26,89	23,88	20,92	18,06	15,12	12,29
	48,70	43,50	38,40	33,30	28,30	23,40	18,60	13,80	9,20	4,60
50°	65,12	59,12	53,34	47,67	42,27	36,87	31,56	26,44	21,44	16,63
	86,20	76,50	67,00	57,90	49,00	40,30	31,80	23,60	15,50	7,70
60°	109,20	97,76	86,76	76,26	66,23	56,63	47,43	38,62	30,17	22,05
	152,60	134,10	116,50	99,60	83,60	68,10	53,20	39,10	25,50	12,50
70°	190,88	166,64	144,71	124,33	105,48	87,99	71,73	56,56	42,38	29,09
	278,00	239,60	204,30	171,7	141,70	113,80	87,80	63,60	41,00	19,90
80°	363,35	306,61	255,65	211,76	173,54	139,98	110,25	83,74	59,95	38,48
	550,70	455,80	375,00	305,30	244,70	191,50	144,40	102,40	64,80	30,80
90°	922,24	682,96	518,40	398,5	305,91	233,66	175,05	126,54	85,89	51,23
	1 416	1 041	781,50	592,1	447,5	333,50	241,30	165,10	101,20	46,80
100°	—	3 671	1 646	970,0	633,3	429,66	294,47	197,86	125,36	68,91
	—	5 700	2 533	1 477	950	633	422	271,4	158,3	70,4
110°	—	3 687	1 652	973,4	634,5	431,3	296	199,4	127,1	70,97
	—	5 676	2 519	1 468	942	627	418	268,1	156,2	69,3
120°	—	3 712	1 664	981 9	640,9	436,4	300,2	203	130,2	73,67
	—	5 669	2 516	1 466	941,3	626,8	417,3	268	156,1	69,30
130°	—	3 739	1 691	1 000	654	446,8	308,8	210,3	136,4	78,97
	—	5 665	2 512	1 464	290,1	626,1	417	267,8	156,1	69,1

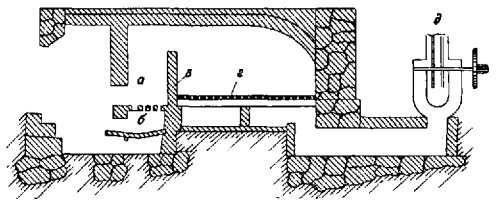
теплосодержание и нижние—влагосодержание в *г* во влажном воздухе, отнесенные к 1 *кг* сухого воздуха в смеси. Эти таблицы дают возможность в каждом частном случае определить насыщенность, к-рую можно допустить для отработавшего в сушилке воздуха, а отсюда перейти к определению количества воздуха, потребного для высушивания, и, наоборот, зная последнее, определить $t°$ зерна, до которой оно нагревается в сушилке. Насколько ускоряется сушка от подогревания зерна, видно из того, что, напр.

В большей части заграничных З., в к-рых воздух проходит через слой зерна различной толщины, применяют большие количества воздуха при невысокой $t°$ (70—80°), при чем само зерно выше 50° не нагревается, а высушивание зерна на 5% требует пребывания в З. не менее часа. Еще лучшие результаты получают в барабанных сушилках пятичасовой сушкой при $t°$ воздуха 32° в начале процесса и до 45° в конце, при чем усушка достигает 8%. Для сыромолотного зерна $t°$ его в З. не должна подниматься выше 45°

ни при каких условиях. Надо иметь в виду, что в пшенице при 52° начинается свертывание белков, входящих в состав клейковины, и что у ржи при 50° начинается оклейстеривание крахмала. Потому поднятие $t°$ зерна, по наблюдениям автора на З. разнообразных конструкций, связано с частичной потерей всхожести: при 55—60° всхожесть понижается на 13—15%, при 70°—на 45—60%. Гофман и Нейман дают предел нагревания для сыромолотного зерна 45°, для лежалого—50°. Независимо от $t°$ зерна в З. при быстрой сушке, вследствие большой разницы давлений пара внутри клеток зерна и наружного воздуха, может происходить разрыв наиболее нежных стенок клеток зародыша, понижающий всхожесть, каковое явление наблюдается в вакуум-зерносушилках Э. Пассбурга, где сушка происходит при сильном вакууме и зерно выше 45° нагреться не может. Это чисто механич. явление не отражается непосредственно на пекарных свойствах зерна, но вредно для хлебов, подлежащих длительному хранению, т. к. содержание мертвых зерен с пониженным сопротивлением действию микробов делает хлеба склонными к брожению, пагубно влияющему на свойства клейковины и понижающему пекарные качества.

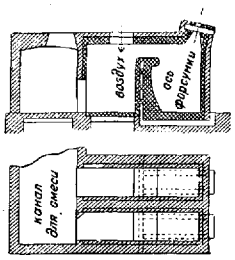
При объемной сушке воздух является агентом, поглощающим и отводящим влагу из сушильной камеры, при воздушной—служит средством для передачи тепла зерну.

Наиболее старым является способ сушки зерна, разложенного на ситах из рогожи или волоса над костром, разведенным в яме. Затем появились печи или камины для сжигания дров. Применение дыма не отличается принципиально от применения воздуха, и все расчеты м. б. приложены к тому и к другому, т. к. разность их теплоемкостей чрезвычайно мала. Различают калориферы дымовые, огневые и паровые. Недостатки дымовых калориферов—высокая $t°$ газов, убивающая всхожесть и понижающая пекарные качества зерна, и невозможность поддержания ровной $t°$ газов, что дает неравномерно

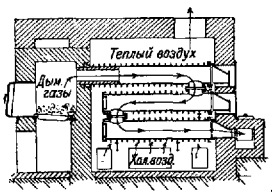


Фиг. 1.

высушенное зерно. Первый недостаток ослабляется путем понижения $t°$ воздуха, поступающего в З., что достигается подмешиванием к газам наружного воздуха в особой смесительной камере, расположенной за топкой; второй недостаток уничтожается применением термостата, автоматически поддерживающего $t°$ путем изменения количества подмешиваемого наружного воздуха. На фиг. 1 показана З. Майера с топкой *а*, колосниковой решеткой *б*, порогом *в*, ситом *г* и вентилятором *д* для отсасывания отработавших газов. Она работает периодически, загрузка, выгрузка и перегребание зерна совершаются вручную. В дымовом калорифере с подмешиванием в смесительной камере за топкой наружного воздуха, труба для подмешивания воздуха служит одновременно дымовой трубой при растопке. Иногда топки снабжают подвижной колосниковой решеткой, дающей постоянство условий сгорания и более равномерную $t°$ продуктов горения. В сушилке Рандольфа (С. Америка) применен термостат, регулирующий давление в трубопроводе, в к-рый воздух беспрерывно накачивается компрессором. Вся система состоит из: 1) термостата, установленного на коллекторе, подводящем к сушилке горячую смесь продуктов горения и воздуха;



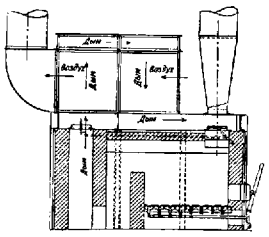
Фиг. 2.



Фиг. 3.

2) воздушного компрессора, приводимого от вала вентилятора сушилки; 3) воздушного резервуара с предохранительным и пусковым редукционным клапанами; 4) воздушного регулятора. Калорифер имеет колосниковую решетку, очень высокие топочную и смесительную камеры с клапаном и дымовую трубу для растопки калорифера. Защита железных стенок смесительной камеры от прогорания достигается тем, что воздух в нее попадает через пучок трубок вверху, понижая $t°$ газов. Для добавочного впуска воздуха вверху топочного пространства имеется добавочная дверца, соединенная с рычагом воздушного регулятора. Если $t°$ воздуха, проходящего мимо термостата, ниже необходимой величины, то он автоматически регулирует $t°$, закрывая добавочный впуск воздуха или открывая поддувало. Практически регулятор работает периодически, и $t°$ смеси меняется в пределах 1÷2°. Заданная $t°$ устанавливается при помощи особого приспособления на самом термостате. Калориферы, работающие на твердом топливе, дают кпд $\mu=80\div90\%$, но вредны для обслуживающего персонала вследствие наличия дыма. Еще экономнее нефть, но, пользуясь ею как топливом, надо заботиться о полном сгорании, т. к. запах несгоревшей нефти удерживается зерном. На фиг. 2 дан калорифер московск. З. (мельницы № 217) с форсункой для распыливания нефти. Расчет топлива и газов ведется на следующих основаниях: кпд топки $\mu=84\%$ при двойном количестве воздуха; теплопроизводительность топлива — для каменного угля 6 300 Cal, для кокса 5 544 Cal, температура топки 1 200°, количество продуктов горения на 1 *кг* топлива соответственно 22 и 19,4 *кг*; на 1 *кг* топлива—паров воды 0,7 и 0,2 *кг* или на 1 *кг* газов—32 и 10 *г*, вес сухих газов в смеси на 1 *кг* топлива—21,3 и 19,2 *кг*, а теплосодержание 1 *кг* сухого газа в смеси—296 и 289 Cal.

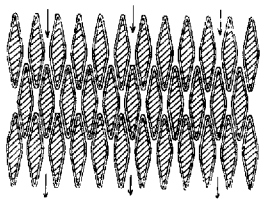
Огневые калориферы состоят из топки, нагревательной камеры и дымовой трубы. Они бывают малой теплоемкости—с металлическ. поверхностями нагрева и большой теплоемкости—кирпичные. Первые хуже поддерживают постоянство $t°$ воздуха, но занимают немного места, вторые, аккумулируя большое количество тепла, отдают его в моменты низкой $t°$ и тем уменьшают колебание $t°$, но занимают больше места. Кпд μ колеблется в пределах от 50 до 80%, при чем низший кпд получается при металлич. топке со слабой обмуровкой. Иногда поверхности нагрева выполняют из ребристых чугун. труб, идущих зигзагообразно секциями сверху вниз (фиг. 3). Для регулирования $t°$ в вертикальных трубах, проводящих дым вниз, их разбивают на несколько пучков параллельных трубок. В горизонтальном пучке параллельных труб ход газа и $t°$ неодинаковы, отчего нек-рые трубы быстрее прогорают. Чугунные трубы прогорают труднее железных, но они более хрупки, часто лопаются от неравномерного нагрева, и менять их труднее. Железные трубы м. б. меньшего диаметра, и калорифер выходит менее громоздким. Прогорание труб заставляет делать их сменными (напр. калорифер жалюзных силосных З. Государствен. банка). В калорифере Стронг-Скотта (фиг. 4) имеется клапан для пуска дыма при растопке, минуя нагреватель, в дымовую трубу, установленную над топкой. Нагреватель выполнен из вертикальных листов железа, каналы между которыми попеременно служат для движения газов (вертикально) и воздуха (горизонтально), так что каждый лист с одной стороны омывается дымом, а с другой—воздухом. Листы быстро прогорают, как и клапан над топкой, менять же их невозможно, т. к. нагреватель сварен ацетиленом. Избежать прогорания труб можно, возвращая часть отработавших газов из трубы и подмешивая их в смесительной камере между топкой и нагревателем для понижения $t°$ газов. Прогорание поверхностей нагрева опасно по причине загорания пыли в воздушн. коллекторах З. от занесенной туда искры. Особенно это опасно для З. деревянных, в виду чего комбинация их с огневыми калориферами нежелательна. Поднятие температуры воздуха в калориферах выше 80° влечет частые случаи прогорания поверхностей нагрева.



Фиг. 4.

Калориферы паровые автоматически дают полную равномерность $t°$ нагретого воздуха. Изменения давления пара в котле очень мало отражаются на $t°$ пара, и практически $t°$ воздуха даже при невнимательном обслуживании топки меняется не более, чем на 5°. Все З., к-рые должны сохранять качества зерна, обслуживаются за границей паровыми калориферами, к-рые бывают низкого давления (до 1,5 atm) и высокого (1,5÷6 atm). Понижение давления, если питание паром происходит из имеющейся силовой установки, осуществляется редукционными клапанами. Получаемый вследствие редуцирования перегрев пара д. б. рассчитан таким образом, чтобы, вступая в калорифер, пар был насыщенным, т. к. перегретый пар отдает во много раз меньше тепла, а поверхность калорифера рассчитывается на насыщенный пар. Правильный перегрев пара служит средством уменьшить потери тепла в трубопроводе. За калорифером ставят конденсационные горшки. Лучшим является конденсационный горшок Кертинга, имеющий приемный обратный клапан и паровой пусковой, соединенный с трубопроводом свежего пара, открывающийся при опускании поплавка, заполненного водою. Для нагрева воздуха применяют змеевики и пучки труб, радиаторы и колонки, применяемые для парового центрального отопления, но чаще специальные калориферы, отличающиеся компактностью и занимающие мало места, напр. трубчатые, цилиндрические, пластинчатые, калорифер Стюртеванта, ромбические (фиг. 5).

Расчет З., состоящий в определении количества тепла, расходуемого аппаратом, количества воздуха и размеров всех частей установки, производится на основании следующих 2 положений. 1) Количество тепла, отдаваемого $L+Ld_a$ $кг$ входящего в З. воздуха в час (в основу обыкновенно кладется часовая производительность аппарата) при охлаждении от $t°$ вступления t_h до темп-ры выхода t_n, д. б. достаточным как для нагрева сырого зерна и самой З., так и испарения ω $кг/ч$ воды, подлежащей удалению. 2) Воздух при выходе должен обладать еще такой темп-рой t_n, при которой он, наряду с паром (Ld_a $кг$), заключавшимся в нем до подогрева, мог бы удержать в себе в виде пара выпаренные из зерна ω $кг$ воды, не достигая опасной степени насыщения. Основными являются два уравнения:



Фиг. 5.

$$(L\lambda + Ld_a\delta)(t_h - t_n) = Q_n$$

и

$$L(d_n - d_a) = \omega, \text{ или } L = \frac{\omega}{d_n - d_a}.$$

Подставляя второе ур-ие в первое, получим:

$$\frac{\omega}{d_n - d_a}(\lambda + d_a\delta)(t_h - t_n) = Q_n$$

и

$$\frac{t_h - t_n}{d_n - d_a} = \frac{Q_n}{\omega(0{,}2375 + d_a \cdot 0{,}475)}. \quad (1)$$

Здесь L—количество проходящего через З. сухого воздуха в $кг/ч$, d_a—количество пара в $кг$, приходящегося на 1 $кг$ сухого воздуха до подогрева, d_n—влагосодержание отходящего воздуха, Q_n—количество тепла, отдаваемое нагретым воздухом, $\lambda = 0{,}2375$—теплоемкость сухого воздуха и $\delta = 0{,}475$—теплоемкость перегретого пара. Член $0{,}475d_a$ в виду его малой величины м. б. отброшен. В ур-ии ω известно, d_a и t_h задаются. Остается определить t_n и d_n, связанные между собою таблицей пара. Расчет ведут в предположении наружной температуры $t_a = 0°$, как средней,

и проверяют на $t_a=-10°$ и $t_a=+15°$, принимая соответственно относительную влажность $x_a=100\%$ и $x_a=75\%$. Количество тепла, полученное для случая $t_a=-10°$, ложится в основание расчета калорифера, а количество воздуха, полученное для случая $t_a=15°$, для расчета трубопроводов и вентилятора. Для определения ω по желаемой производительности сушилки G_f *кг/ч*, зная начальный % влажности p_a и конечный — p_n, находят % подлежащей выпариванию воды p_e в отношении первоначального веса зерна по уравнению:

$$\frac{p_n}{100}G_n=\frac{p_a}{100}G_f-\frac{p_e}{100}G_f,$$

где G_f—первоначальный вес зерна, G_n—вес зерна после сушки, откуда, преобразовывая и имея в виду, что

$$G_n=G_f-\frac{p_e}{100}G_f,$$

имеем:

$$p_e=\frac{100\,(p_a-p_n)}{100-p_n}\quad\text{и}\quad\omega=\frac{p_e}{100}G_f\cdot$$

Ур-ие (1) решают, задавшись влажностью отходящего (отработанного) воздуха; подставляют в него произвольно взятые t_n и соответственные им d_n из табл. 1. Делают это до тех пор, пока оно не обратится в тождество; полученные при этом t_n и d_n дают $t°$ и влагосодержание отходящего воздуха; затем определяют

$$L=\frac{\omega}{d_n-d_a}\cdot$$

Количество тепла, к-рое должен отдать калорифер, определится из ур-ия

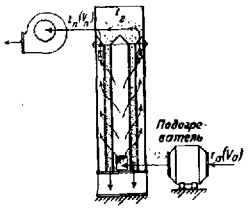
$$Q_s=L\,(0{,}2375+d_a\cdot 0{,}475)\,(t_h-t_a)+Q_0,$$

где Q_0 потери тепла в трубопроводах от калорифера до сушилки. Темп-рой воздуха t_h, поступающего в З., и влажностью отходящего из З. воздуха d_n задаются в зависимости от конструкции и системы сушилок.

Колонные сушилки, где сушка основана на пронизывании слоя зерна воздухом, проходящим по естественным пустотам между зернами, работают при $t_h=70\div80°$; в этих аппаратах слой зерна, медленно оседающий между двумя ситовыми поверхностями, получает воздух по всей высоте одинаковой темп-ры t_h, почему в верхних частях сушилки он выходит более холодным и более насыщенным, чем в нижних. Чтобы не наступило насыщение его раньше выхода из слоя зерна, влекущее за собою т. н. запаривание зерна, т. е. конденсацию пара из воздуха на более холодном зерне, ведущее к понижению всхожести и пекарных достоинств, применяют большие количества воздуха (30 $м^3$ на 100 *кг* зерна); при расчетах эти условия соблюдаются, если влагосодержание отходящего воздуха d_n в ф-ле (1) выбрать, предполагая $x_n=30\div40\%$; чем больше x_n, тем меньше количество воздуха и длиннее время сушки. При этом опытом установлено, что $t°$ зерна доходит до $t=45\div50°$, а время сушки колеблется от 1 ч. до 1 ч. 20 м. Колонные З. бывают 2 классов, по процессу сушки ничем друг от друга не отличающихся, а именно: 1) колонки с отдельными вертикальными слоями зерна и 2) колонки с общим резервуаром для зерна, снабженным системой труб для подвода и отвода воздуха. Первый тип применяется для сушки как сыромолотного, так и мытого зерна на мельницах (фиг. 6).

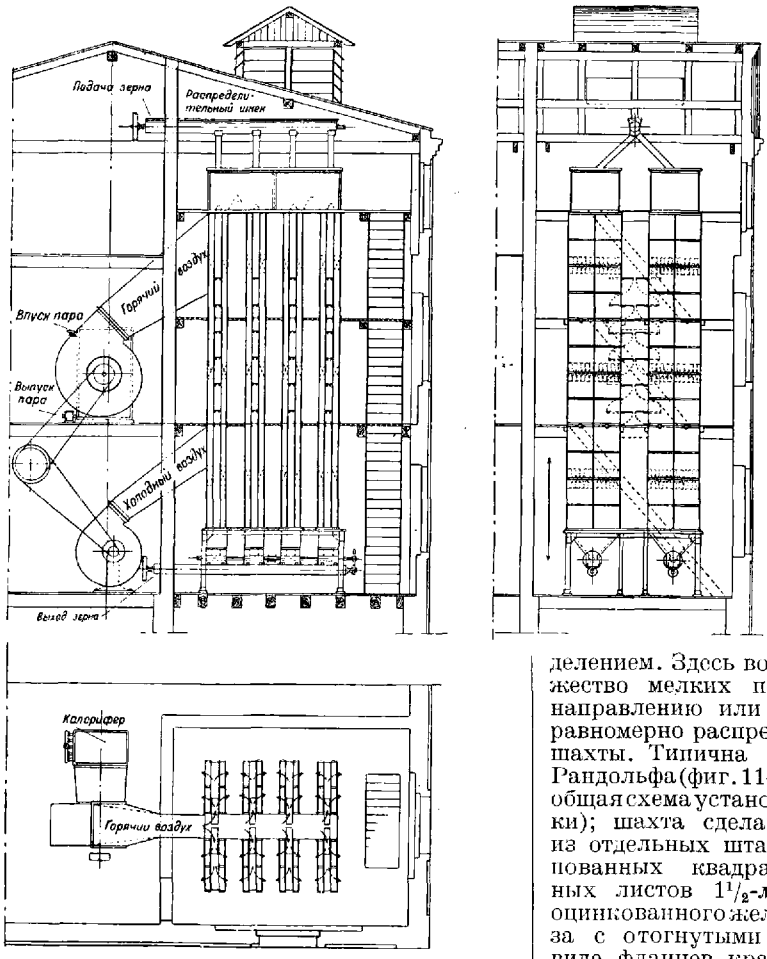
К недостаткам этих сушилок относятся: неравномерность сушки, благодаря подводу воздуха в слой зерна по всей высоте с одной стороны, и малая их производительность.

На фиг. 7 показана установка Зекка группы колонок, в которых посредине сушильной камеры введены устройства, состоящие из ряда винтовых поверхностей, которые поворачивают слои зерна, идущие со стороны входа воздуха в сторону выхода и наоборот, чем достигается равномерность сушки. Еще бо́льшая равномерность сушки и компактность достигаются многошахтной колонкой, спроектированной автором данной статьи, где горячий воздух на разных высотах подводится с противоположных сторон зерновых шахт. Колонные сушилки обыкновенно снабжаются паровыми калориферами, что удорожает установку, но благодаря наличию клапанов дает равномерность высушивания и полную автоматичность, удешевляющую обслуживание. Во время войны 1914—18 гг. автором была разработана, из-за недостатка железа, конструкция деревянных силосных З., представленная на фиг. 8. Вместо железных сит зерновые шахты ограничены жалюзиобразными поверхностями из деревянных планок, а стенки железобетонных силосов служат футляром. Зерно в жалюзи застаивается, что служит причиной неравномерности сушки; уже после войны жалюзи со стороны входа воздуха заменены сетками. Эти З. в числе нескольких десятков были выстроены на элеваторах Государственного банка и снабжены огневыми калориферами. Попытка изменить процесс сушки путем повышения $t°$ воздуха до 140° сопровождалась перегоранием поверхностей нагрева калориферов (чего не наблюдалось при нормальном процессе), занесением искр и пожарами в колонках. В З. сист. Гесса (С. Ш. А.) с зигзагообразными шахтами для зерна, образованными наклонными полками, способствующими перемешиванию зерна, воздух, прошедший камеру охлаждения зерна, вентилятором нагнетается через калорифер системы Стюртеванта в нагревательную камеру, чем достигается уменьшение необходимого его количества. Попытки повысить $t°$ нагрева воздуха влекут за собою случаи загорания пыли на нагревательных поверхностях калорифера, так как высушенная пыль (оболочки) имеет $t°$ воспламенения, равную 110—120°. На фиг. 9 показана цилиндрич. З. Эврика з-да S. Howes Co., в к-рой внутрен. цилиндр сделан из листов перфорированного железа, а наружн.—из набора конусов, образующих жалюзиобразную поверхность. Воздух нагнетается через кольцевой канал снаружи колонки, распределяется внутри и выходит опять сквозь слой зерна по всей высоте. Этим стремились достигнуть равномерности сушки. При конструировании цилиндрическ. З.



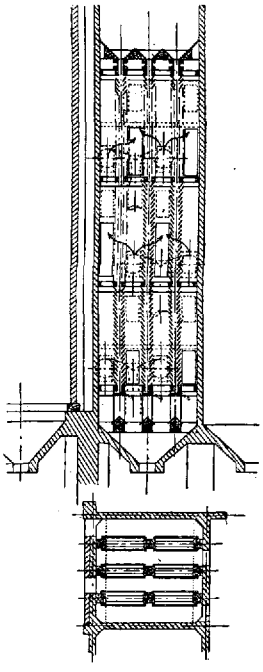
Фиг. 6.

надо иметь в виду, что при движении воздуха изнутри наружу он встречает все бо́льшие сечения зерна, так что неравномерность сушки больше, чем в плоских слоях. Наиболее правильным является движение воздуха снаружи внутрь. Разновидностью колонных З., в отношении процесса сушки, является З. завода Аккерман, состоящая из огневого калорифера, помещенного внизу железного шкафа, в верхней части которого устроены ларек и зигзагообразные шахты для зерна. Воздух проходит сквозь зерно под действием вентилятора и тяги выводящей трубы, внутри к-рой проходит дымовая. Сушка очень неравномерна, калорифер мал, $t°$ дыма ок. 400°, количество воздуха мало, почему часты случаи з а п а р и в а н и я и к а п е л и внутри сушилки на наружном кожухе, влекущие за собою частичное подмачивание уже высушенного зерна. Желание облегчить аппарат (переносный) повело к уменьшению всех частей его и к необходимости, в виду малого количества воздуха, поднятия его $t°$. Темп-ра подогрева воздуха $t_h = 120 \div 140°$, зерно нагревается до 65—75°, время сушки 30—45 м., с чем связано постоянное понижение % всхожести зерна и пекарных его качеств. Охлаждающая зерно камера отсутствует, после сушки необходимо производить охлаждение перелопачиванием вручную. На фиг. 10 показана переносная разборная сушилка автора, снабженная охлаждающей камерой и работающая нормальным процессом. Во избежание пожаров внутренние поверхности деревянных воздушных камер обиты асбестом и сверху листовым железом.

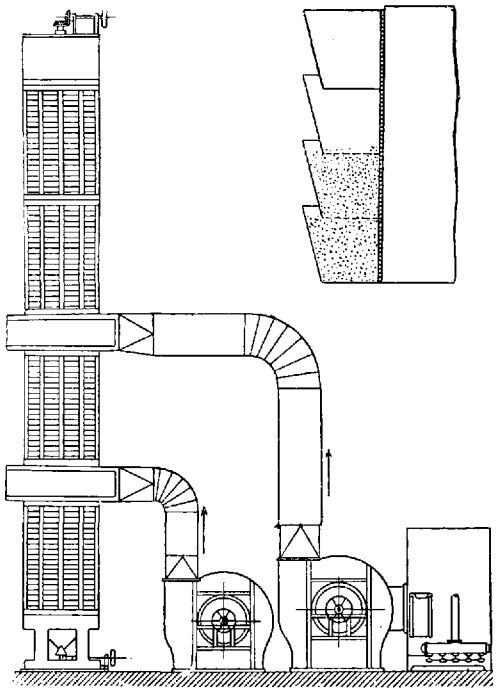


Фиг. 7.

З. второго типа строятся в виде шкафа из трех отделений; в среднем находится зерно, при чем это отделение прорезано несколькими горизонтальными рядами крышеобразных труб, через ряд одним концом попеременно соединяющихся с правым или левым отделением. Если в правое нагнетать воздух, то он может попасть в левое, лишь пройдя соответственные ряды трубок, соединенных с правым, толщу зерна и ряды трубок, соединенных с левым отделением. Здесь воздух разделяется на множество мелких потоков, идущих или по направлению или против движения зерна, равномерно распределяясь по всему объему шахты. Типична З. Рандольфа (фиг. 11—общая схема установки); шахта сделана из отдельных штампованных квадратных листов $1^1/_2$-*мм* оцинкованного железа с отогнутыми в виде фланцев краями, соединенных на болтах, или из продолговатых листов, соединенных фальцами. Трубы присоединяются на болтах. Внизу имеется воронка с ворошилкой и выпускной задвижкой, а наверху ларек для зерна. Две трети колонки служат для прогревания, а нижняя треть для охлаждения. В многошахтн. зерносушилке сист. Эллиса воздух, разбиваясь на много струй в трубах, образованных соответственно согнутыми листами железа и соединенных попеременно то с одной, то с другой наружной стенкой шахты, проходит по направлению движения зерна. З. Эллиса отличается особенной


Фиг. 8.

неравномерностью высушивания вследствие неравномерной плотности потока воздуха в толще шахты. Переносная З. Успех,—



Фиг. 9.

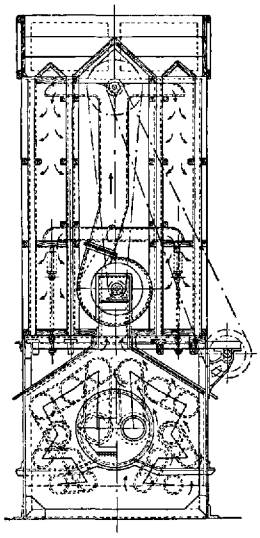
без охлаждения, работает при $t_h = 140 \div 160°$; сушит плохо, запаривает и поджаривает зерно, всхожесть и пекарные достоинства понижаются.

Цилиндрические З. принадлежат к классу т. н. всесушилок, применяющихся для высушивания дешевых и очень влажных продуктов: картофельных и свекловичных обрезков, жома и др.; З. этих систем сушат обыкновенно газами. Большое содержание влаги позволяет применять газы с высокой начальной $t°$ (до 1 000°). Для зерна $t°$ газов понижают до 150—200° путем подмешивания наружного воздуха. Расчет количества подмешиваемого воздуха ведется по ф-лам:

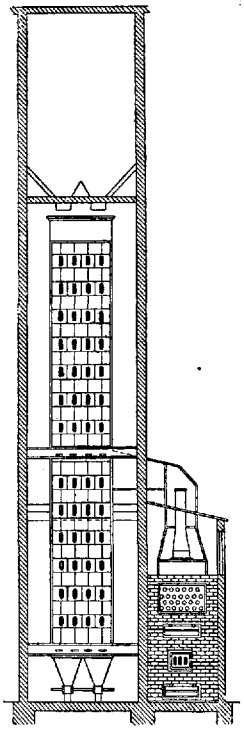
$$a \cdot c_e + c_g = c_z(a+1),$$
$$a \cdot d_e + d_g = d_z(a+1),$$
$$a \cdot t_e + t_g = t_z(a+1),$$

где a—число *кг* воздуха, подмешиваемого к 1 *кг* сухих газов в смеси, чтобы темп-ру газов t_g довести до темп-ры смеси t_z. В этих ф-лах t_e—темп-ра внешнего воздуха, c_e, c_g, c_z—теплосодержание, а d_e, d_g и d_z—влагосодержание 1 *кг* сухого воздуха во внешнем воздухе, в газах и в смеси. Барабан (фиг. 12), медленно вращающийся на роликах, снабжен внутри системой лопаток, пересыпающих сушимый продукт и двигающих его вдоль барабана. Смесь газов и воздуха проходит над материалом, охватывая со всех сторон ту его часть, которая находится в состоянии падения; соприкосновение сушимой и сушащей сред совершается периодически в течение недолгих промежутков времени, вследствие чего прогревание замедляется. Во избежание сильного пересушивания зерна, при действии на подсушенный материал высокой $t°$, газы всегда направляются согласным потоком с направлением движения зерна. Время сушки 20÷40 минут, насыщение паром отходящих газов 0,6÷0,8. Типы лопаток для перегребания даны на фиг. 13а и 13б. Обычно весь объем барабана продольными перегородками разбит на узкие каналы, где происходит пересыпание зерна. Объем барабана берут из расчета, что 0,2 его объема заполнено зерном. Из специально зерновых цилиндрич. З. представляет интерес З. сист. Freund & Co. (фиг. 14) для ячменя на пивоваренных з-дах, состоящая из вращающегося барабана с подводящими воздух трубами у наружных стенок и отводящей трубой в центре. Время сушки 5 ч., $t°$ воздуха 32—40°, цилиндр весь заполнен зерном; после сушки всхожесть зерна повышается.

К специально дымовым относится З. сист. Растригина, чрезвычайно распространенная в СССР (фиг. 15). Горизонтальное сито под куполообразным колпаком, в к-рый попадает дым из топки, имеет вертикальный вал с гребками на розетке. Зерно через ларек, по движущемуся вместе с розеткой рукаву, попадает на периферию сита, гребками по спирали подвигается к центру и выбрасывается наружу. Газы просасываются вентилятором и уходят в дымовую трубу, $t°$ дыма, поступающего под купол, 250—300°. Время сушки 7—15 м. Падения всхожести и подгорания зерен не происходит лишь при просушке на 1,0%, при большей—потеря всхожести может доходить до 60%. Часты случаи загорания пыли под куполом от занесенной из топки искры. Кроме того, здесь, как и в



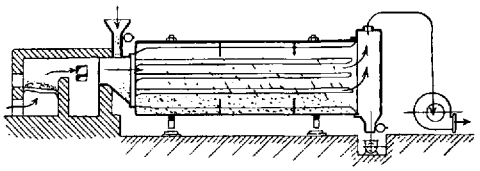
Фиг. 10.



Фиг. 11.

других З., работающих при очень высокой начальной $t°$ смеси, при низкой влажности наружного воздуха наблюдается «закал» зерна, т. е. быстрое пересушивание оболочек в

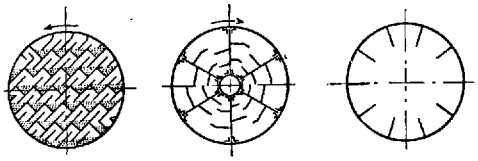
самом начале сушки, отчего зародыш погибает, а оболочки перестают пропускать влагу из внутренних частей зерна. При



Фиг. 12.

размоле такого зерна вальцы замазываются мокрым крахмалом, отчего падает их производительность.

Количество тепла Q, потребное для высушивания P *кг* зерна до определенной влажности, слагается из следующих частей: Q_1—



Фиг. 13а.

расход тепла на парообразование удаляемой из зерна воды, Q_2—на нагревание абсолютно сухого вещества зерна с его первоначальной темп-ры t_1 до конечной t, Q_3—на нагревание оставшейся после сушки в зерне воды с t_1 до t, Q_4—на нагревание воздуха для сушки с t_1 до t, Q_5—на нагревание паров воды в этом воздухе с t_1 до t. Обозначим: P—вес в *кг* подлежащего сушке зерна, V—объем в $м^3$ воздуха, потребный для просушки P *кг*, p—первоначальную влажность зерна в %, p_0—влажность просушенного зерна в %, t_1—



Фиг. 13б.

начальную темп-ру зерна и воздуха, t—конечную, c—теплоемкость зерна, c_1—теплоемкость воздуха, c_2—теплоемкость паров воды, d—вес 1 $м^3$ воздуха при t, d_1—вес паров воды в 1 $м^3$ воздуха при t. Получим:

$$Q_1 = \frac{P(p-p_0)}{100}(606{,}5 + 0{,}305t - t_1);$$

$$Q_2 = \frac{P(100-p)}{100}c(t-t_1);$$

$$Q_3 = \frac{P \cdot p_0}{100}(t-t_1);$$

$$Q_4 = V \cdot d \cdot c_1(t-t_1);$$

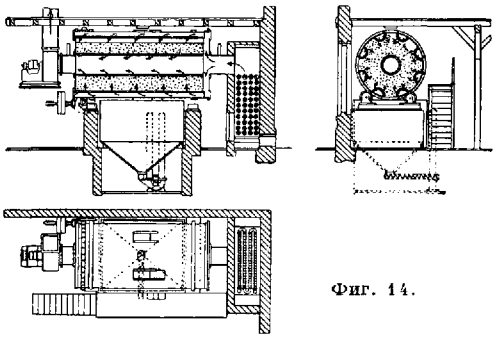
$$Q_5 = V \cdot d_1 \cdot c_2(t-t_1).$$

Подставляя в $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$ вычисленные значения для $Q_1, \ldots, Q_5$, получим потребный расход тепла. Эмпирически для каждой конструкции сушилки определяются потери тепла через лучеиспускание и утечки воздуха в воздухопроводах и самой сушилке. Полный расход тепла $Q_n = \varkappa Q$, где $\varkappa = 1{,}2 \div 1{,}5$, в зависимости от конструкции сушилки и тщательности монтажа ее.

Усовершенствования в сушилках направлены к повышению кпд всей тепловой установки, который редко превышает 0,5. Причиною являются большие потери тепла, уносимого из сушилки отработанной смесью воздуха и пара, и тепло, уносимое нагретым зерном, лишь в небольшой части утилизируемое для целей сушки. Одним из способов поднятия теплового кпд З. служит многократная работа одной и той же порции воздуха, совершающего круговой цикл: нагревание—сушка. Сушка ведется при наивысшей допустимой $t°$; количество воздуха, циркулирующего в круговом процессе, рассчитывается в зависимости от желаемого понижения $t°$ воздуха (обыкновенно 8—10°) во время прохода сквозь сушилку:

$$L = \frac{Q}{c_h - c_n},$$

где Q—тепло, необходимое для высушивания зерна, C_h и C_n — теплосодержание 1 *кг*

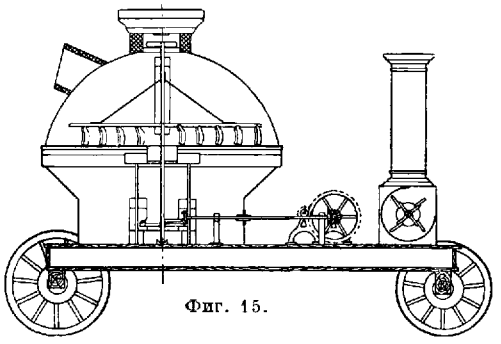


Фиг. 14.

воздуха до и после сушки, L — количество необходимого для сушки воздуха в *кг*. Каждый час из этой системы выводится во внешнюю атмосферу количество сухого воздуха L_1, заключающее в себе $d_a \cdot L_1 + \omega$ *кг* пара, и столько же вводится свежего снаружи:

$$L_1 = \frac{\omega}{d_n - d_a}.$$

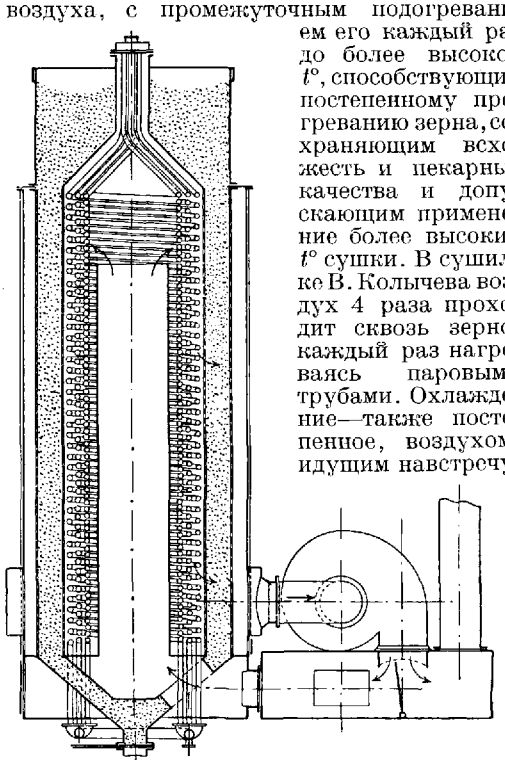
На фиг. 16 показана сушилка з-да Гумбольдт; зерно оседает в шахте между 2 цилиндрами, воздух нагревается змеевиками с паром. Наличием внутреннего направляющего цилиндра достигается более высокая $t°$ воздуха, входящего в зерно снизу, а следовательно, и постепенное прогревание зерна.



Фиг. 15.

Вентилятор выбрасывает часть насыщенного паром воздуха L_1 в атмосферу, а равное количество свежего воздуха засасывается в З. через окно в камере, имеющейся за вентилятором. Преимущества: 1) воздух выходит в атмосферу при сравнительно более высокой $t°$, его количество многим меньше, чем в предыдущих сушилках, и потери меньше; 2) сушка ускоряется благодаря более высокой $t°$ воздуха и большей скорости прохождения между зернами. Второй способ

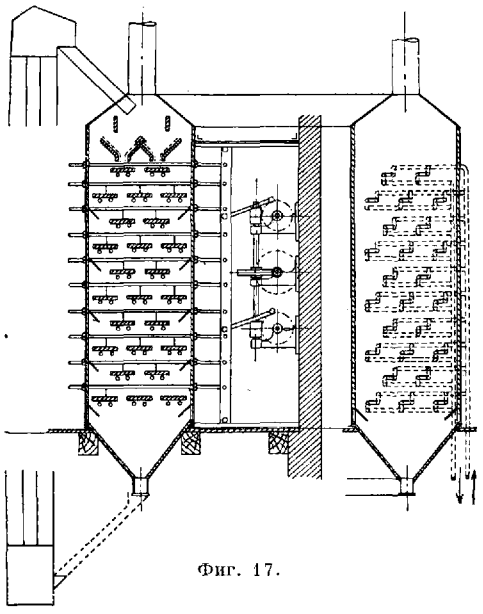
состоит в многократном пропуске сквозь сушимое зерно одного и того же количества воздуха, с промежуточным подогреванием его каждый раз до более высокой $t°$, способствующим постепенному прогреванию зерна, сохраняющим всхожесть и пекарные качества и допускающим применение более высоких $t°$ сушки. В сушилке В. Колычева воздух 4 раза проходит сквозь зерно, каждый раз нагреваясь паровыми трубами. Охлаждение—также постепенное, воздухом, идущим навстречу.



Фиг. 16.

В середине оба потока при 50° отсасываются эксгаустером. Кпд равен 0,70—0,75.

Совсем особо стоит вакуум-сушилка Э. Пассбурга, где зерно сушится в вакууме,



Фиг. 17.

создаваемом действием конденсатора и воздушного насоса, между двумя барабанами, из к-рых внутренний вращается и лопатками перегребает зерно; оба они отапливаются паром. Теоретически, пока в зерне есть влага, которая при данном вакууме кипит при 45°, $t°$ зерна не может подняться выше, и все качества зерна должны сохраняться. На практике испарение идет столь интенсивно (в течение 40 м. усушка составляет 10%), что разрываются клеточки зародыша, а в массе зерна попадаются поджаренные зерна. Устройство сушилки сложно и дорого, обслуживание чрезвычайно трудное. Гофман заметил, что соприкосновение зерна во время сушки с гигроскопич. материалами (дерево, обожженная глина и пр.) ускоряет и удешевляет сушку, ибо эти материалы как бы насасывают из зерна влагу и отдают ее проходящему воздуху, отчего как бы увеличивается поверхность испарения. Его сушилка (фиг. 17) состоит из шкафа с полками из обожженной глины, на которых лежит зерно, периодически сбрасываемое гребками на нижележащие полки. Под каждой полкой имеются паровые трубы; воздух поступает снизу, многократно нагревается последними, обтекает полки и зерно и удаляется вверх в вытяжную трубу.

Вентиляция З. рассчитывается по часовым объемам необходимого для сушки воздуха. Трубопроводы рассчитываются на скорость 10—16 *м/ск*, а необходимый напор вентиляторов—на основании данных Ритшеля или Блеза. Единственное затруднение представляет определение напора, необходимого для преодоления сопротивления слоя зерна. По наблюдениям автора, при толщине слоя зерна 100 *мм* и скорости движения воздуха 0,225 *м/ск*, считая, что площадь, предоставляемая зерном проходу воздуха, равна 0,5 площади всей зерновой стенки, пронизываемой воздухом, падение напора, считая и сопротивления от входа и выхода струй и прохода сквозь ситяные поверхности, равно 40 *мм* водяного столба. Приняв, что напор пропорционален толщине слоя и квадрату скорости, получим:

$$H = \frac{40 \cdot l \cdot v^2}{0{,}1\,(0{,}225)^2} = 8\,000 \cdot l \cdot v^2,$$

где l—толщина слоя зерна в *м*, а v—скорость воздуха в *м/ск*.

Лит.: Горячкин В., Земледельч. машины и орудия, М., 1923; Маковецкий А. и Ройтман Т., Сушка воздухом, дымовыми газами и паром, 2 издание, М., 1925; Дебу К. И., Зерносушилки, П., 1915; Колычев В. И., Зерносушилки, «Русский мельник», Киев, 1914; его же, Сушка зерна, «Вестник металлопромышленности», М., 1926, *1—2*; его же, Зерносушилка системы Рандольфа, «Пищевая промышленность», Москва, 1926, *9—10*; его же, Зерносушилки с постепенным прогреванием, «Советское мукомолье и хлебопечение», Москва, 1927, *9* и 1928, *1*; его же, Зерносушилки переносного типа, «Хлебное и мукомольное дело СССР», М., 1926, *6—7* и *11—12*; Жуков К. Е. и Соловьев И. И., Типы зерносушилок и основные данные их проектирования, «Пищевая промышленность», М., 1925; Глазунов И., О проектировании сушилок для зерна и об охлаждении его после сушки, «Журнал мельничной техники и промышленности», М., 1923, *3*; Бернадский Л., Значение сушки зерна для госмельниц и госпекарен, «Хлебн. и муком. дело СССР», М., 1925, *2—3*; Козьмин П., Расход тепла на сушку зерна, там же, 1925, *6*; Глазунов И., Оценка зерносушилок разных систем, там же, 1925, *6*; Надеждин Я., Сушка зерна, там же, 1925, *9—10*; Белдерский С., О расчете сушилок для зерна, использовании отработанных газов и о расчете калорифера, там же, 1925, *12*; Павловский В., Зерносушилка новой конструкции на мельнице № 217 в Москве, там же, 1927, *3*; Гелег., Сушка

зерна, «Советский мельник», М., 1926, 3; Шаскольский В. Б., Америк. сушилка Рандольфа, «Советский мельник и пекарь», М., 1926, 8; Hoffmann J.F., Das Getreidekorn, B. 2, B., 1916; Marr O., Das Trocknen u. die Trockner, 4 Aufl., Mch., 1923; Hirsch M., Die Trockentechnik, B., 1927; Hausbrand E., Das Trocknen mit Luft u. Dampf, B., 1920; Meyer D., Handbuch d. Futtermittel- u. Getreidetrocknung, Lpz., 1912; Hoffmann J. F., Das Versuchs-Kornhaus u. seine wissensch. Arbeiten, B., 1904; Schule W., Theorie d. Heisslufttrockner, B., 1920; Reyscher K., Die Lehre v. Trocknen in graphischer Darstellung, B., 1914; Neumann M. P., Über d. Einfluss d. künstlichen Trocknung auf d. Beschaffenheit d. Brotgetreides, «Ztschr. f. d. gesamte Getreidewesen», B., 1913, 12. **В. Колычев.**

ЗМЕЕВИК, серпентин, минерал химич. состава $3\,MgO \cdot 2\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$ с небольшим содержанием Fe, Cr, Ni. Тв. 2,5—4, уд. в. 2,5—2,8; цвет светло- или темнозеленый, желтоватый, сероватый, красноватый, коричневатый, иногда с черными пятнами (моховик); редко бывает одного цвета; б. ч. различные цвета располагаются в виде прожилок, пятен и полос; блеск восковой. Различают: 1) благородный З. (офит)—желто-зеленый, полупрозрачный, в промышленности неправильно называемый иногда жадом и жаденитом; 2) бовенит—мелкозернистый, яблочно-зеленого, голубовато-зеленого цвета; тв. 5—6 (Смитфильд, Род-Айлепд); 3) вильямсит—листовидный, черно-зеленого цвета, содержащий немного NiO; 4) хризотил — тонковолокнистая разновидность серпентинового асбеста (Рейхенштейн в Силезии).

Центры обработки З.: в СССР—Свердловск, в Зап. Европе—Цёблиц (Саксония), где имеются крупные залежи, простирающиеся на 3 *км* в длину и 600 *м* в ширину. Значительные запасы З. находятся в Швеции, Шотландии и Америке (Мильфорд в Коннектикуте, Калифорния, Пенсильвания, Истон, Массачузетс).

Благородный змеевик употребляется для изготовления различных мелких изделий и архитектурных украшений; обыкновенный змеевик — для изготовления ваз, ступок и других предметов, а также для обделки каминов, столов; хризотил применяется как огнеупорный материал.

Лит.: Ферсман А. Е., «НИ», т. 1, стр. 384 и 400, Ленинград, 1926; Kraus E. a. Holden E., Gems and Gem Materials, p. 181, New York, 1925; Лебедев Г., Учебник минералогии, стр. 434, СПБ, 1907. **Е. Цинзерлинг.**

ЗМЕЙ ВОЗДУШНЫЙ, привязной летательный аппарат, поддерживаемый в воздухе давлением ветра на его поверхность, поставленную под некоторым углом к направлению движения ветра. Теория воздушного змея впервые была предложена Т. Буа (Th. Bois), разработавшим ее на основе формулы сопротивления воздуха, данной Ланглеем (Langley).

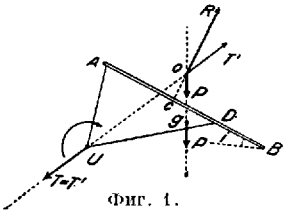
Равновесие воздушного змея обусловлено действием трех сил: силы тяжести змея—P, силы давления ветра на поверхность воздушного змея — R и силы натяжения нити T, привязанной к змею в некоторой его точке. Для равновесия змея необходимо, чтобы геометрическая сумма всех действующих сил равнялась нулю:

$$P + R + T = 0. \qquad (1)$$

Геометрич. сумма двух первых сил дает силу тяги змея T', к-рая в положении равновесия уравновешивается натяжением нити T. Уравнение (2) определяет абсолютную величину тяги воздушного змея, а также силы натяжения нити:

$$T' = P + R\,. \qquad (2)$$

Общая схема расположения сил представлена на фиг. 1, где AB—поддерживающая поверхность змея и i—угол атаки, образованный поверхностью с направлением ветра. Сила тяжести P и сила давления ветра R, приложенная в центре парусности c, дают равнодействующую T' с направлением OT'. Для равновесия З. в. необходимо, чтобы равнодействующая T' уравновешивалась натяжением нити T. Отсюда следует, что точка привязи нити должна находиться где-нибудь на направлении OT', напр. в точке U. Точка привязи нити к змею называется узлом. На практике за узел U обычно принимают точку, лежащую за пределами конструктивных частей змея. В последнем случае прибегают к устройству т. н. уздечки. В двух или нескольких точках змея прикрепляют отдельные нити UA, UD,..., называемые путами; другие концы собраны в точке U в общий узел, к к-рому прикрепляется основная змейковая нить. Змей, привязанный в узле U, может вращаться около него, изменяя угол атаки i. Так как сила натяжения нити T проходит всегда через узел U, то вращение змея обусловливается только влиянием моментов сил P и R. Приравнивая сумму моментов этих сил относительно узла нулю, мы получим второе основное ур-ие равновесия, определяющее угол атаки змея:



Фиг. 1.

$$M_U(P) + M_U(R) = 0\,. \qquad (3)$$

Так как сила P постоянна по величине и направлению, а сила R по направлению зависит от угла атаки змея i, а по величине—от площади поддерживающей поверхности S и от скорости ветра v и, кроме того, от μ (коэфф., равный отношению плотностей воздуха вверху и у поверхности земли, $\mu = \frac{\varrho}{\varrho_0}$), то величина силы тяги T' змея определится уравнением:

$$T' = P + K_i \mu S v^2, \qquad (4)$$

где S—площадь в $м^2$, v—скорость ветра в $м/сек$, а K_i—коэфф. полной силы, или

$$\frac{T'}{\mu S v^2} = \frac{\delta}{\mu v^2} + K_i\,, \qquad (5)$$

где $\delta = \frac{P}{S}$; это отношение (вес, приходящийся на единицу поверхности змея) принято называть плотностью змея.

Приняв

$$\frac{T'}{\mu S v^2} = t \quad \text{и} \quad \frac{\delta}{\mu v^2} = p\,, \qquad (6)$$

получим:

$$t = p + K_i\,. \qquad (7)$$

Складываем векторы ур-ия геометрически, по методу замкнутого тр-ка, пользуясь для вектора K_i кривой Лилиенталя L данного

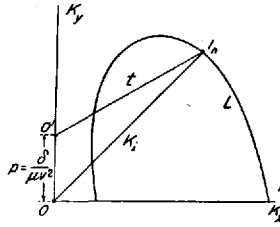
змея (фиг. 2). Предполагая направление ветра горизонтальным, вектор силы тяжести $OO' = p = \frac{\delta}{\mu v^2}$ будем откладывать вверх по вертикали Oy от полюса O. Проведя из полюса O произвольный вектор K_i, получим равнодействующий вектор t, пропорциональный по величине и направлению силе тяги данного змея при угле атаки i_n. Этот вектор

$$t = \frac{T'}{\mu S v^2}, \qquad (8)$$

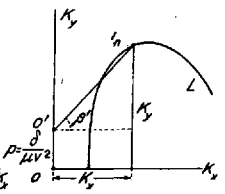
откуда сила тяги змея

$$T' = t \mu S v^2. \qquad (9)$$

Коэфф. t называется коэффициентом тяги или натяжения. Угол β этой тяги



Фиг. 2.



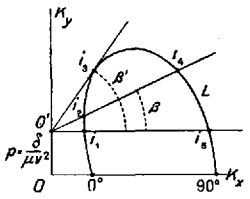
Фиг. 3.

с горизонтом (фиг. 3) определяется или непосредственным измерением по чертежу или, более точно, по ф-ле:

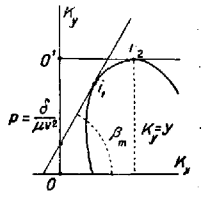
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{K_y - \frac{\delta}{\mu v^2}}{K_x} = \frac{K_y}{K_x} - \frac{\delta}{K_x \mu v^2}, \qquad (10)$$

где K_y и K_x—коэфф-ты подъемной силы и лобового сопротивления (см. *Аэродинамика*). Касательная, проведен. из полюса O' к кривой L, дает наибольший угол β', возможный при данном значении $p = \frac{\delta}{\mu v^2}$, при чем в точке касания получим соответствующее этому случаю значение i_3 (фиг. 4) угла атаки змея. Проводя из полюса O' секущие, находим, что каждому направлению β силы тяги соответствуют два различных угла атаки змея, при чем большему углу атаки соответствует и больший коэфф. тяги и, следовательно, большее натяжение; углы атаки, меньшие значения i_3, называются углами малых натяжений. Из рассмотрения фиг. 4 видно, что на угол тяги β, при i=Const, влияет величина $p = \frac{\delta}{\mu v^2}$. Чем этот вектор меньше, тем угол β тяги получается больше. Отсюда следует, что при i=Const угол тяги тем больше, чем меньше плотность δ змея, чем больше скорость ветра и чем больше величина μ, т. е. чем ниже летает змей. Проведя из полюса O' горизонтальную секущую, найдем в точках пересечения этой секущей с кривой L углы атаки i_1 и i_5, соответствующие β=0. Если мы имеем дело с нек-рым определенным змеем у поверхности земли, то имеем δ=Const и μ=1=Const, и значение вектора p, таким образом, будет зависеть только от скорости ветра v. Следовательно, если змей привязан, то при данной скорости ветра и углах атаки i_1 и i_5 змей не может подняться выше лебедки.

Предельный ветер. Исследуя влияние величины вектора $p = \frac{\delta}{\mu v^2}$ на значения предельных углов горизонтального натяжения, можно заметить, что при уменьшении скорости ветра v значения предельных углов сближаются между собою. Может случиться, что при нек-ром значении скорости ветра вектор p будет равен наибольшей ординате $Y = K_y$ кривой L. В таком случае ни один вектор, проведенный из полюса O' к кривой L, не даст в этом случае для угла натяжения β значения, большего 0° (фиг. 5). Это показывает, что для каждой



Фиг. 4.



Фиг. 5.

данной конструкции З. в. и данного значения δ (при μ=1) существует такая определенная минимальная скорость ветра v_{min} так наз. предельный ветер, при котором ни при каком угле атаки змей не может подняться от земли. Для возможности его взлета (при $\mu = 1$) д. б. удовлетворено условие: $\frac{\delta}{v^2} < Y$; отсюда для скорости ветра получим условие:

$$v > \sqrt{\frac{\delta}{Y}}. \qquad (11)$$

Таким образом, предельный ветер

$$v_{min} = \sqrt{\frac{\delta}{Y}} \text{ и } \delta = Y v_{min}^2. \qquad (12)$$

Отсюда видно, что змеи различных конструкций, но одинаковой плотности могут иметь одно и то же значение для предельного ветра, если наибольшие ординаты кривых L будут одинаковы. Для большинства З. в. плотность δ колеблется между 0,5 и 1,5, а Y=0,05÷0,08.

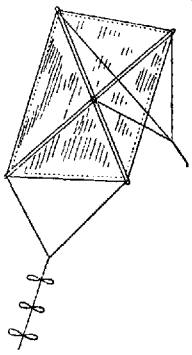
Конструкция З. в. Каждый З. в. состоит из поддерживающей поверхности, привязного каната (или нити), уздечки, служащей для прикрепления каната к змею, и органов устойчивости. Привязным канатом, наматываемым на катушку или особую лебедку, могут служить обыкновенная пеньковая веревка (для небольших змеев), стальная проволока или стальной трос. В приведенной ниже таблице указаны вес и прочность на разрыв пеньковых веревок и стальных тросов различного диаметра, применяемых для привязывания З. в.

Вес и прочность на разрыв пеньковых веревок и стальных тросов.

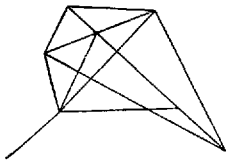
Пеньковая веревка			Стальной трос		
диам. в мм	вес 1 м веревки в г	разрывн. усилие в кг	диам. в мм	вес 1 м троса в г	разрывн. усилие в кг
4	13	200	2	18	270
6	32	450	3	38	550
9	70	950	4	70	980
12	125	1 500	5	107	1 600
15	200	2 400	6	145	2 300
20	320	3 600	7	200	3 200

Уздечка состоит из двух или более тонких канатов, на к-рые разветвляется конец главного каната (леер), что способствует сохранению устойчивости, т. к. точка пересечения продолжения каната с плоскостью змея (т. н. теоретич. точка укрепления змея) получает в этом случае возможность перемещаться при различных наклонах плоскости.

По устройству поддерживающей поверхности З. в. могут быть подразделены на одноплоскостные, многоплоскостные и составные. Простейшим видом одноплоскостных З. в. являются распространенные в СССР змеи, состоящие из материи или бумаги, в виде прямоугольной плоскости, натянутой на крестообразный каркас; к двум углам нижнего края для сохранения продольной устойчивости прикреплен хвост (фиг. 6). Французский змей (фиг. 7) имеет грушевидную или ромбич. форму. Для увеличения поперечной устойчивости на З. в. устанавливают килевые плоскости, параллельные плоскости леера, а несущую поверхность делают выпуклой или в виде широко раскрытого двугранного угла; такие змеи известны под названием «малайских змеев» (фиг. 8). Кроме этих мер, для увеличения устойчивости З. в., в плоскости змея устраивают иногда окна (отверстия) для уменьшения в нужных частях напора ветра (фиг. 9—З. в. системы Ольховского). Для той же цели в некоторых случаях устраивают эластичную уздечку путем включения в нижнюю ветвь ее резинового кольца.

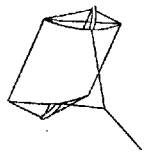


Фиг. 6.

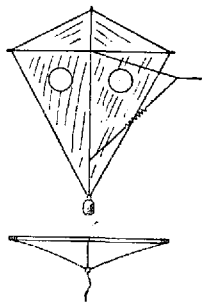


Фиг. 7.

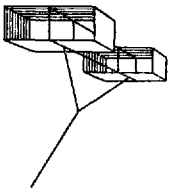
Многоплоскостные З. в. — этажерочные, коробчатые и ячеечные. Примером этажерочного типа может служить змей Лекорню, состоящий из ряда плоскостей, расположенных одна над другой и соединенных между собой боковыми вертикальными плоскостями. Большое распространение в СССР и за границей имеет коробчатый змей Гарграва (фиг. 10). Он состоит из двух отдельных коробок без дна, находящихся на общем бруске и расположенных на нек-ром расстоянии одна от другой. Благодаря хорошей устойчивости коробчатый змей весьма часто применяется при метеорологических и аэрологических измерениях. Ячейковый змей представляет собой плоскости, разбитые на отдельные элементы, благодаря чему подъемная сила увеличивается не за счет увеличения размеров несущей поверхности, а за счет увеличения числа ячеек. Из таких змеев известна конструкция Лекорню и Грахама Белля. Змей Грахама Белля состоит из отдельных элементов, имеющих вид тетраэдра. Четыре таких элемента, соединенных по углам, образуют более сложный тетраэдр, к-рый в свою очередь может служить элементом для составления еще большего тетраэдра (фиг. 11).



Фиг. 8.



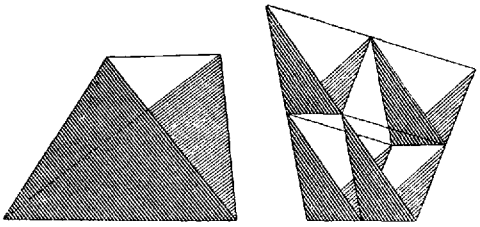
Фиг. 9.



Фиг. 10.

Составные, или групповые, З. в. представляют собой группу змеев, соединенных между собой в одну гибкую систему.

Применение З. в. Кроме спорта, З. в. применяются: на метеорологич. станциях для исследования высоких слоев атмосферы (до 7 000 и даже 10 000 *м*) при помощи поднятых на змеях самозаписывающих приборов; для производства фотографических съемок местности, для сигнализации, для установки антенны беспроволочной связи и, наконец, для совершения подъемов с целью наблюдения. В последнем случае в змеях устраивают органы управления для изменения угла наклона поддерживающих поверхностей, чем достигается изменение высоты подъема. Таким органом служит вспомогательный леер, прикрепляемый к нижнему краю поддерживающей поверхности. Обычно для подъемов с целью наблюдения пользуются групповым З. в.



Фиг. 11.

Лит.: Грибоедов С., Устройство змеев, теория и их применение к исследованию высоких слоев атмосферы, сборник «Воздухоплавание и исследование атмосферы», под ред. Поморцева, СПБ, 1897, вып. 2; Бертине, Теория воздушного змея, «Инж. журнал», СПБ, 1892, *1*; Ольховский В., Современные воздушные змеи, «Воздухоплаватель», СПБ, 1912, *2*, *4*, *6*; Ярковский В. И., Летательные аппараты, СПБ, 1913; Соколов П., Теоретич. основы змейковых подъемов, «Труды Аэростатного отдела Летучей лаборатории», М., 1918, сборн. 1; его же, Графич. метод решения задачи о наибольшей высоте воздушного змея, там же; Кованько А., Воздушные змеи, «Циклист», СПБ, 1899, *12*; Köppen W., Bericht über d. Erforschung d. freien Atmosphäre mit Hilfe v. Drachen, «Aus d. Archiv d. Deutschen Seewarte», Hamburg, 1901, Jg. 24; Wegener K., Die Technik d. Drachenaufsteige, «Ergebnisse d. Arbeiten d. Kgl. Preuss. aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg», Brschw., 1905, B. 1; Lecornu J., Les cerfs-volants, 2 éd., P., 1910; Bois Th., Les cerfs-volants et leur application, «Revue du Génie», Paris, 1905, août; Saconney, Cerfs-volants militaires, «Revue du Génie militaire», P., 1909; Fujiwara S., About Kites and Kite-Strings, «Journal of the Meteorological Society of Japan», Tokyo, 1910, 29-th Year, *9*.

А. Знаменский.

ЗОЛА, твердый минеральный остаток, получающийся при сжигании органич. вещества. Состав З. зависит от исходного материала, но во всякой З. установлено присутствие следующих элементов: C, O, H, N, P, S, K, Ca, Mg и Fe. З. растений отличается основным характером; З. животных, из тканей, богатых фосфорной к-той (напр. костей), отличается кислым характером. Растения прибрежной морской полосы доставляют З., богатую натрием; материковые растения дают З., богатую калием; З. водорослей характеризуется присутствием иода. З., получаемая прокаливанием органич. вещества при доступе воздуха, т. н. сырая З., содержит песок, землистые вещества, несгоревшие остатки органического вещества и несгоревшие частицы угля и больше углекислоты, чем исходное вещество; после очистки З. от этих примесей получают чистую З.

Состав З. растений зависит от вида растения, взятого как исходное сырье, но она всегда содержит K_2O и P_2O_5. Древесина хвойных пород беднее этими соединениями, лиственных—богаче; наиболее богата ими солома культурных растений (гречиха, подсолнечник). О составе З. нек-рых древесных пород дает понятие табл. 1, в к-рой составные части З. даны по весу на 1 000 ч. воздушносухого вещества древесины.

Табл. 1.—Состав З. различных древесных пород.

Наименование породы	Состав золы						
	SO_3	P_2O_5	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO
Бук (древесина)	0,1	0,3	0,3	0,9	0,2	3,1	0,6
Дуб »	0,1	0,3	0,1	0,5	0,2	3,7	0,2
Ель »	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	1,2	0,1
Сосна »	0,1	0,2	0,4	0,3	0,1	1,3	0,2
Пихта »	0,1	0,1	0,1	0,6	0,6	1,0	0,1

Помимо употребления З. в качестве удобрительного тука, ее широко применяют в технике: для добывания углекислого калия (поташа) и для получения щелоков, применяемых при крашении, белении и фабрикации мыла. Из костяной З. добывают фосфор и фосфорную к-ту, из З. водорослей добывают иод и его соли. Древесная и костяная З. имеют применение в металлургии, а также при фабрикации стекол и фаянсовых изделий. В табл. 2 указано содержание З. в различных животных и растительных органических веществах.

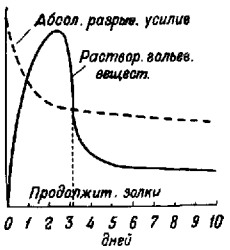
Табл. 2.—Содержание золы* в различных органических веществах (на 1 000 ч. сухого вещества).

Исходный материал	Золы в вес. ч.	Исходный материал	Золы в вес. ч.
Береза (древесина)	6,4	Роговая мука* .	250,0
Бук »	4,9	Рожь озимая (зерно)	20,9
Дуб »	5,0	Сахарная свекла (корни)	38,6
Картоф. (клубни)	37,7	Сахар-сырец . . .	10,0
» шелуха .	67,8	Сено луговое . .	60,2
Костяная мука* .	635,0	Сосна	2,6
Костяной уголь* .	840,0	Трава молодая .	20,7
Кровь быка . . .	35,5	Шерсть немытая.	116,2
» человека .	8,0	» мытая . .	11,1
Молоко коровье .	48,8	Яблоки	14,4
Мясо (быка)* . . .	12,6		
Пшеница озимая (зерно)	19,7		

* Чистая зола.

См. *Каменный уголь*, *Топливо*, *Топки*.

ЗОЛЕНИЕ, золка, обработка кожи (предшествующая дублению) с целью согнать со шкуры волос и, если кожа не подвергается кислому нажору, увеличить поверхность ткани шкуры, воспринимающую дубильные растворы, разъединив фибриллы ткани. З. обычно делят на две самостоятельные операции: сгонку волоса и собственно золку. Слабые щелочи действуют на эластин и межволоконное вещество кожи растворяющим образом; на кератин их влияние значительно слабее, даже если кератин сильно оводнен (в слизистом слое); на коллаген действие их еще более ослаблено. Действие обычно применяемого щелочного агента, извести, представлено на фиг. 1 (по Stiasny). В первые три дня в раствор переходит больше всего азота, далее процесс растворения замедляется. При этом прочность ткани также ослабевает, в начале сильнее, что видно из кривой абсолютного разрывного усилия для кож. Волос сходит при этом на 8-й—10-й день. Если пропустить через зольник несколько партий кожи и действовать таким старым зольником, то процесс удаления волоса сокращается до 5—6 дней. Объяснение действия старого зольника дано в последнее время Маклафлином (McLaughlin); гипотезы действия бактерий или продуктов их деятельности—энзимов — оказались несостоятельными. Зольник убивает бактерии и инактивирует протеолитич. энзимы; количество сульфидов (из разложен. кератина) настолько ничтожно, что их действие почти незаметно. Активной частью (разрушающей кератин) старого зольника являются первичные моноамины и диамины, образующиеся в коже частью перед золкой, частью, быть может, и во время самого процесса золки. Это наблюдение обещает дать практич. результаты, т. к. амины мало портят сухой кератин.



Фиг. 1.

Сгонка волоса без золки осуществляется 3 путями: швицеванием, хлебным киселем (см. *Сыромять*) и сернистым натрием. Первые два способа основаны на действии упомянутых уже аминов, развивающихся при частичных гнилостных процессах в коже. Сернистый натрий применяют в смеси с гашеной известью в отношении 1 : 1 ÷ 1 : 5 (количество воды—до образования кашеобразной смеси). В образовавшейся смеси имеют место реакции:

$$2\,Na_2S + Ca(OH)_2 + H_2O = CaS + NaSH + 3\,NaOH;$$
$$2\,CaS + 2\,H_2O = Ca(SH)_2 + Ca(OH)_2.$$

На кератин действуют наиболее сильным образом оба иона вместе: SH^- и OH^- в равных

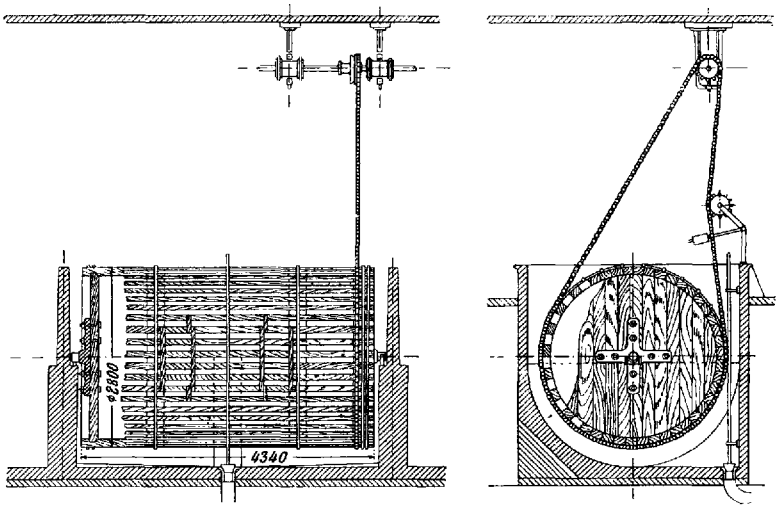
количествах. Эти ионы растворяют не только гидратизированный, но и сухой кератин, при чем волос и эпидермис превращаются в бесструктурную черную массу, легко смываемую водой. Процесс, смотря по концентрации реагентов и форме нанесения смеси (намази), оканчивается в течение 2—24 часов (при прямой намазке шерсти — в короткий срок, при намазке с бахтармы — в течение суток). Швицевание и киселевание не разрушают волоса. Прибавление сернистого натрия к зольнику в отношении 1 : 10 (и менее) ускоряет сгонку волоса, сокращая продолжительность процесса до трех дней, и, не разрушая волоса, сильно портит его. Раньше для сгонки волоса применялись сульфиды мышьяка (реальгар, аурипигмент), дававшие при действии извести те же ионы. В виду ядовитости эти вещества исключены ныне из производства. Для тех же целей применялся сернистый кальций, но большого распространения он не получил. Опыты кислой золки также не дали значительных результатов; были сделаны попытки сгонки волоса энзимами.

Собственно золка. Действие зольника, как щелочного реагента, основано на двух моментах: 1) на постоянстве концентрации в нем OH' (1,5 *г* на 1 *л*, что соответствует $P_н = 12{,}5$) и 2) способности OH' нажирать и гидролизовать кожу. Прибавляя к зольнику соли, мы можем изменить концентрацию OH', с образованием, напр., NaOH:

$$\text{I. } Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2\,NaOH,$$
$$\text{II. } Ca(OH)_2 + 2\,NaCl = CaCl_2 + 2\,NaOH.$$

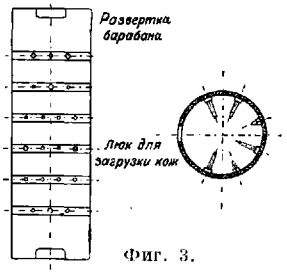
В первой реакции сильно повышается концентрация OH', во второй, наоборот, мало меняется. Причина последнего заключается в том, что $CaCl_2$ является солью, регулирующей ионизацию NaOH (см. *Буферные смеси*); в первой же реакции такой соли нет в виду нерастворимости $CaCO_3$. Применение солей, действующих на известь по первой реакции, называется обострением зольника: оно усиливает нажирающую и гидролизующую способности зольника. Повышение $t°$ ускоряет гидролиз и ослабляет нажор. Для использования действия аминов на волос зольный процесс ведется нередко вначале зольником, через к-рый прошло несколько партий, потом — более свежим; затем сгоняют волос механически и в заключение дают зольный обжор, т. е. свежий зольник, нажирающий кожу. Теперь нередко сокращают время золки, предпочитая осуществлять нужное разрушение тканей при помощи операции мягчения. При неполном растворении извести в воде концентрация OH' уменьшается настолько, что бактерии, очень чувствительные к $P_н$, могут сильно развиваться.

Технологические формы золки. Золка производится в чанах при движении жидкости, или при движении кож. В чаны вместимостью ~ 9 $м^3$ помещают ~ 2 500 *кг* шкуры, считая по парно́му весу. Для перемешивания жидкости кожи ежедневно (в



Фиг. 2.

конце золки — реже) вынимают из чана, дают раствору стечь с них в чан, после чего их снова закладывают в чан; процесс этот называется переборкой. Золку в чанах ведут, или перекладывая кожи из чана в чан (напр. трехчанная золка) в направлении более свежего зольника, или в одном и том же чане, применяя перекачку соков. При золке в чане известь осаждается на кожу; чтобы избежать этого, применяют мешалки, перемешивающие жидкость на дне чана; эта система не использует полностью объема чана. Более радикально процесс м. б. ускорен при помощи латных барабанов (фиг. 2 — латный барабан системы П. И. Павловича), вращающихся внутри зольника и содержащих в себе шкуры, а также при помощи зольных барабанов-гигантов подобных дубным; последние имеют большой диаметр (до 3 *м* и более) и отличаются малой угловой скоростью вращения (до 2—3 об/м.). В этих барабанах теперь осуществляют последовательно и отмоку и золку. Опорожнение барабанов — автоматическое (фиг. 3). Применение механич. ускорения в барабанах сокращает время золки в 5—8 раз.



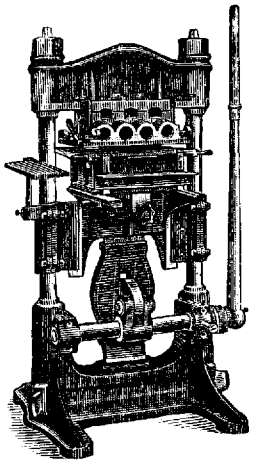
Фиг. 3.

Золка применяется как для мягкого, так и для жесткого товара. Чем меньшее (по объему) количество дубителя для мягкого товара будет вводиться в кожу, тем менее длительной должна быть золка; короче всего она в хромовом дублении, наиболее длительная — при выделке краснодубного мостовья.

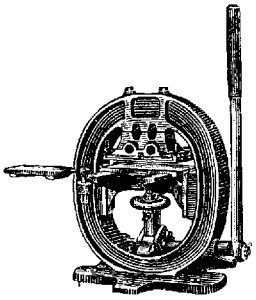
При продаже готового товара на вес чрезмерное З. невыгодно для з-да, т. к. З. уменьшает выход товара; при продаже на квадратные метры оно—выгодно, т. к. при З. уменьшается расход дубителя. При жестком товаре З. применяется как процесс, облегчающий доступ внутрь кожи концентрированных растворов коллоидных растительных дубителей. З. делает при этом кожу размокающей и губчатой, хотя при прокатке ее это свойство временно маскируется.

Лит.: Вильсон Д. А., Химия кожев. производства, пер. с англ., Л.—М., 1927; Завадский А., Курс кожев. производства, ч. 1, М., 1923; «Новые идеи в химии и технологии кожи», вып. 1., М., 1926; Jettmar J., Praxis u. Theorie d. Ledererzeugung, B., 1901; Wagner A., Pässler J., Handbuch f. d. gesamte Gerberei u. Lederindustrie, Lpz., 1924—25; Mc Laughlin, «Journ. of the Amer. Leather Chem. Assoc.», Wsh., 1927, p. 329, 345; «Collegium», Ober-Ramstadt, 1928, H. 693. **В. Поварнин.**

ЗОЛОТИЛЬНЫЕ ПРЕССЫ (позолотные), группа машин, от простейших столового типа (с печатной площадью 18×22 *см* при давлении 15 000 *кг*) до сложных прессов большой мощности (фиг. 1 и 2). Применяются они в разных производствах, преимущественно же в переплетном деле, для тиснения (печатания) листовым золотом или его имитациями на крышках переплетов, а также и для



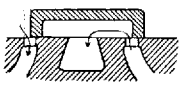
Фиг. 1.



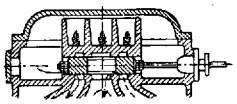
Фиг. 2.

прочих изделий из кожи, картона, целлюлоида, тканевых материалов и т. п. Тиснение обыкновенно производится горячим способом по затвердевающим при высокой $t°$ смазкам, состоящим из разведенного в воде яичного белка, или по шеллаку, а также по подобного же состава порошковым средствам, на к-рые накладываются золотильные материалы (см. *Переплетное дело*). Все эти прессы строят коленчато-рычажного типа, при чем в более простых моделях нажим производится с помощью длинного ручного рычага, поднимающего нижний столик с печатной формой и прижимающего его к верхней неподвижной нагреваемой плоскости пресса. Нагревание последней производится вставляемыми в специально приспособленные отверстия особыми аппаратами, отапливаемыми керосином, газом или электричеством. При массовых работах с большими площадями давления (до 43×35 *см* и более) целесообразно применение более мощных прессов, строящихся для привода от трансмиссии или от отдельного электромотора. Некоторые из этих прессов имеют рабочее давление свыше 100 000 *кг* на печатную площадь вышеуказанного размера. Отдельные виды машин имеют приспособления и для печатания красками (см. *Конгревное печатание*). За последнее время при массовых работах этого рода с успехом применяются новейшего типа *американки* (см.)—типографские тигельные печатные машины, имеющие приспособления для нагревания. **С. Михайлов.**

ЗОЛОТНИК, один из типов органа управления действием рабочего тела в поршневых машинах. На фиг. 1 изображена простейшая форма т. н. коробчатого З. При разных положениях З. получаются различные комбинации соединения каналов, ведущих от золотникового зеркала к цилиндру двигателя, с трубопроводом свежего рабочего тела и с выходным отверстием. На фиг. 1

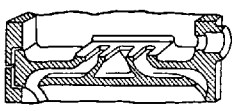


Фиг. 1.

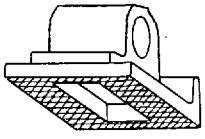


Фиг. 2.

представлено такое положение, когда левый канал, ведущий к одной из полостей рабочего цилиндра, сообщен с трубопроводом свежего рабочего тела, а правый канал, ведущий в другую полость рабочего цилиндра, сообщен с выходным отверстием. При перемещении З. справа налево получится пересоединение каналов, т. е. приток свежего рабочего тела пойдет уже в правую полость цилиндра двигателя, а левая полость будет тогда соединена с выходным отверстием. Т. о., соответствующим положением З. можно заставить поршень в цилиндре двигателя перемещаться под действием рабочего тела в прямом или обратном направлении. Связывая движение З. с движением поршня, можно добиться того, что рабочее тело будет осуществлять в цилиндре двигателя определенный периодически повторяющийся рабочий процесс, как это, наприм., делается в *паровых машинах* (см.). Если рабочим телом служит пар или газ, обладающий той или иной упругостью, то З. делается с перекрышками, благодаря к-рым момент прекращения впуска свежего рабочего тела в цилиндр отделяется от момента его выпуска некоторым промежутком времени, в течение к-рого рабочее тело, изолированное в цилиндре, производит работу за счет своей внутренней



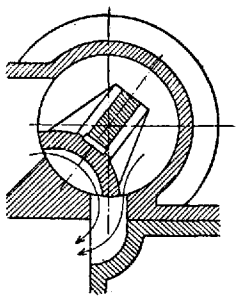
Фиг. 3.



Фиг. 4.

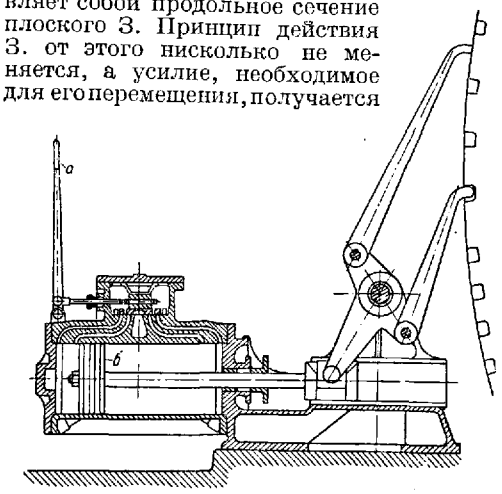
энергии. Особый вид З. с перекрышками внешней и внутренней изображен на фиг. 2. Во избежание бесполезной утечки рабочего тела З. должен совершенно плотно прилегать к плоскости, называемой золотниковым зеркалом, по которой он перемещается. Фиг. 3 дает перспективный вид золотникового зеркала и соединительных каналов, фиг. 4—перспективный вид простого З. Для

большей компактности З. выполняют иногда в форме пробки крана (фиг. 5). Прямолинейно-возвратное движение З. заменяется тогда качанием его ок. оси цилиндрического зеркала. Этого типа З. называются кранами.

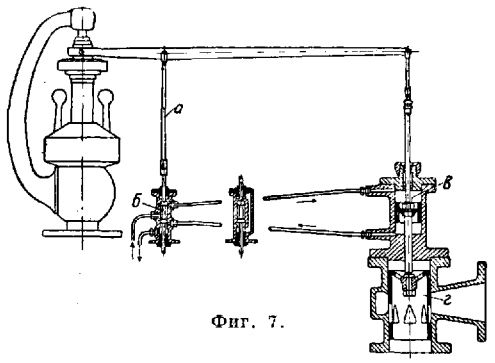


Фиг. 5.

При большом давлении рабочего тела передвижение коробчатого З. или крана требует большого усилия, вследствие того что между З. и его зеркалом возбуждается значительное трение. Последнее будет тем больше, чем больше давление рабочего тела на З. В целях разгрузки З. от давления рабочего тела З. выполняют в виде тела вращения, меридиональное сечение которого представляет собой продольное сечение плоского З. Принцип действия З. от этого нисколько не меняется, а усилие, необходимое для его перемещения, получается значительно меньшим. З. может приводиться в действие от руки или от какого-либо автоматически действующего механизма, при чем характер движения З. находится в соответствии с назначением его работы.

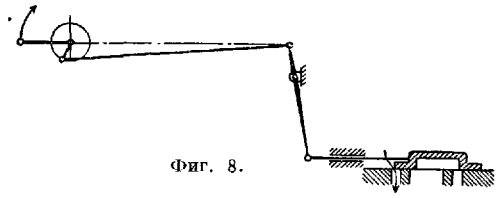


Фиг. 6.

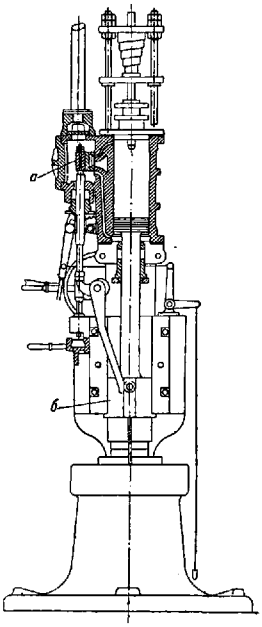


Фиг. 7.

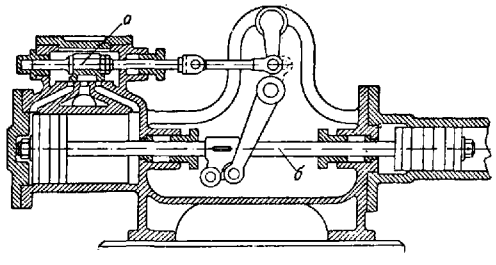
На фиг. 6 дан пример ручного привода к З. Движением рукоятки *а* можно заставить поршень *б* двигаться под действием пара вправо или влево и т. о. приводить в действие механизм для вращения тяжелого маховика. На фиг. 7 показан пример автоматич. привода З. от регулятора паровой турбины. При изменении числа оборотов турбины муфта регулятора пойдет вверх или вниз и потянет соответственно за собой, при помощи рычага *а*, золотник *б*, к-рым распределяется действие рабочего масла на поршень *в* сервомотора, непосредственно переставляющего тяжелый дроссельный клапан *г* турбины. В паровых поршневых машинах, в которых прямолинейное движение поршня помощью кривошипного механизма преобразовывается во вращательное движение коленчатого вала, З. применяется в качестве распределительного органа и приводится в движение, в соответствии с движением поршня, от коленчатого вала машины при помощи кривошипа или эксцентрика, к-рый посажен на этом валу (фиг. 8). Конструктивное описание и исследование движения З., осуществляющего рабочий процесс паровой машины, см. *Парораспределение* (паровых машин). Если паровая машина имеет специальное назначение, напр., соединена непосредственно с каким-либо орудием, то движение З. ставится в прямую зависимость от действия этого орудия. На фиг. 9 изображен привод З. *а* от бабы парового молота, а на фиг. 10—золотник *а* приводится в движение от штока *б*, соединяющего паровой и водяной поршни в прямодействующем паровом насосе.



Фиг. 8.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

Лит.: Польгаузен А., Поршневые паровые машины, М., 1927; Дуббель Г., Паровые машины и паровые турбины. Руководство и справочная книга для студентов и конструкторов, пер. с последнего нем. изд., Ленинград, 1926; Haeder H., Die Dampfmaschinen u. Dampfturbinen, B. 3—Steuerungen d. Dampfmaschinen, 9 Auflage, Wiesbaden, 1910; Dubbel H., Die Steuerungen d. Dampfmaschinen, 3 Auflage, Berlin, 1923. **П. Соловьев.**

ЗОЛОТО, Au, ат. вес 197,2, металл второй подгруппы (Cu, Ag, Au) первой группы периодич. системы. По своим свойствам З. образует переход от тяжелых платиновых металлов (осмий, иридий, платина) к ртути (см. *Периодическая система*). Чистое З. окрашено в желтый цвет, а в виде очень тонких листов просвечивает синевато-зеленым цветом. Кристаллы З. относятся к кубич. системе. З. тверже олова и мягче цинка (твердость 2,5—3). При своей мягкости и большой тягучести З. отличается значительной механич. прочностью. Проволока сечением в 1 $мм^2$ разрывается при нагрузке в 27 *кг*. Уд. в. литого З. ≅ 19,3 (при 18°), атомный объем 10,2; З. относится к элементам с наименьшим атомным объемом. Удельная теплоемкость З. между 0 и 100° равна 0,031; плавится З. при 1 063°; при нагревании в вакууме до 1 070° заметно улетучивается; $t°_{кип.}$ З. (при 760 *мм*) ≅ 2 530° (Муассан). В электрич. печи удалось в течение 6 мин. перегнать 60 *г* З. Теплота испарения З. равна 64,5 Cal на грамм-атом. З.—превосходный проводник тепла и электричества. Если принять электропроводность серебра равной 100, то электропроводность З. будет ~76,7. Электрическое сопротивление З. равно $0{,}24 \cdot 10^{-5}$ Ω-*см*; З. показывает при температуре жидкого гелия явления сверхпроводимости.

В химич. отношении З. характеризуется прежде всего относительно малым сродством к другим элементам. При обыкновенной $t°$ только хлор и бром непосредственно соединяются с З.; при высокой $t°$ З. образует соединения также с фтором, серой, фосфором, мышьяком и нек-рыми другими металлоидами. Наилучшими растворителями для З. являются смеси, выделяющие хлор, напр. царская водка, или перекиси, смешанные с соляной к-той. Небольшие количества З. растворяются также в смесях, выделяющих кислород, напр. $KMnO_4 + H_2SO_4$ (конц.) или $HNO_3 + H_2SO_4$. Единственной к-той, растворяющей З. самостоятельно, является селеновая кислота H_2SeO_4, обладающая повидимому высоким окислительным потенциалом. На аноде З. растворяется как в крепких кислотах, так и в щелочах, при чем присутствие ионов, способных образовать с ионами З. комплексы, значительно увеличивает анодное растворение. О растворимости З. в растворах цианистого калия и ртути см. ниже.

Золота соединения.

З. образует два рода соединений, в которых оно одновалентно (закисные соединения AuX), или трехвалентно (окисные соединения AuX_3); однако, существуют повидимому и соединения двухвалентного золота. Характерной особенностью соединений З. является сильно выраженное стремление к образованию комплексов с различными анионами. В этом отношении З. проявляет сходство с платиной. Соединения З. отличаются весьма малой прочностью, что видно из следующих данных теплот образования Q (в Cal на граммолекулу):

Вещество	Q	Вещество	Q
KCl	105,6	Au_2O_3	−12,3
AuBr	−0,08	$AuCl_3$	+22,8.
AuJ	−5,5		

По современным взглядам такое слабое сродство З. зависит в первую очередь от большого значения энергии ионизации атома З. (см. *Валентность*).

Хлорное З., $AuCl_3$, получается действием хлора, хлорной воды или царской водки на З. Оно образует темнокоричневую кристаллическую массу; при нагревании до 185° хлорное З. отдает $^2/_3$ своего хлора, а при слабом прокаливании распадается полностью на составные части. 100 *г* воды растворяют 68 *г* хлорного З. Раствор не содержит ионов $Au^{\cdots}$, а дает с водой комплексную кислоту Cl_3AuOH_2, образующую соли, например Cl_3AuOAg_2. При действии гипосульфита на $AuCl_3$ образуется растворимая в воде бесцветная двойная серноватистая соль З. и натрия, т. н. соль Фордо и Желиса $Na_3Au(S_2O_3) \cdot 2H_2O$, сладкого вкуса, не восстанавливаемая ни $FeSO_4$ ни щавелевой кислотой; применяется в медицине и в фотографии. Равным образом и с солями сернистой к-ты Au образует двойную соль:

$$Na_3Au(SO_3)_2 = AuNa(SO_3Na)_2.$$

Золотохлористоводородная к-та, $HAuCl_4$, кристаллизуется с 4 молекулами воды в желтых иглах, расплывающихся на влажном воздухе. Вещество это образуется при прибавлении соляной к-ты к раствору $AuCl_3$ или при действии на З. реактивов, выделяющих хлор, в присутствии соляной к-ты. С целым рядом неорганич. и органич. оснований золотохлористоводородная к-та дает соли—хлороаураты, напр. $KAuCl_4$, $Ca(AuCl_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Хлористое З., AuCl, получается в виде желтоватого порошка при нагревании хлорного З. до 200°. Вода разлагает хлористое З. по схеме

$$3\,AuCl \rightarrow 2\,Au + AuCl_3\,.$$

Цианистое З., AuCN, отличается способностью давать относительно прочные комплексные соли; с цианистым калием, напр., образуется соль $[Au(CN)_2]K$, представляющая бесцветные кристаллы, легко растворимые в воде. Соль эта получается также при действии раствора цианистого калия и воздуха на мелкораздробленное З.:

$$2Au + 4KCN + H_2O + O \rightarrow 2[Au(CN)_2]K + 2KOH$$

и при анодном растворении З. в растворе цианистого калия (см. ниже).

Гидрат окиси З.—ф-лы $Au(OH)_3$ и AuO(OH)—имеет амфотерный характер, образуя соли как с к-тами, так и с основаниями. Если к раствору хлорного З. прибавить едкого кали, то сперва получается осадок, к-рый в избытке щелочи вновь растворяется. При упаривании в вакууме выделяются желтые кристаллы аурата калия, $KAuO_2 \cdot 3H_2O$, дающие при приливании азотной к-ты бурый порошок окиси З.—Au_2O_3:

$$2KAuO_2 \cdot 3H_2O + 2HNO_3 = 2KNO_3 + Au_2O_3 + 4H_2O.$$

Аналогичным же путем, но только через

аурат магния с последующим извлечением магния слабой азотной к-той, был получен гидрат окиси З., $Au(OH)_3$, в виде бурого порошка. $Au(OH)_3$ теряет воду уже при 100° и дает окись З., разлагающуюся при дальнейшем нагревании на З. и кислород.

Закись З., Au_2O, образует фиолетовый порошок, нерастворимый в воде. Чувствительной реакцией на соединения З. является действие восстановителей, выделяющих З. в коллоидном состоянии из разбавленных растворов. Раствор, содержащий, например, 1 ч. З. в 64 000 ч. жидкости, принимает при приливании к нему раствора сернокислой закиси железа ясно фиолетовую окраску.

Применение соединений З. Хлорное З. находит применение в фотографии, для золочения, для рисования по стеклу и фарфору, для изготовления золотого пурпура и в качестве лекарственного средства. Аурат натрия часто применяется для таких же целей, как и хлорное З., особенно в фотографии для тонирования.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, 9 изд., т. 1—2, М.—Л., 1927—28; Handb. d. anorganischen Chemie, hrsg. v. R. Abegg u. Fr. Auerbach, B. 2, Abt. 1, Lpz., 1908; Mellor J. W., A Comprehensive Treatise on Inorganic a. Theoretical Chemistry, v. 3, L., 1923; Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, B., 1923. **И. Казарновский.**

Металлургия золота.

Металлургия З. имеет своей задачей извлечение З. из его руд. В настоящее время это извлечение осуществляется следующими основными процессами: 1) амальгамацией, 2) цианированием и 3) пирометаллургич. переработкой (см. *Медь* и *Свинец*) колчеданистых концентратов и руд. Кроме этих процессов, большое значение в металлургии З. имеют вспомогательные процессы обогащения, в частности введенный в последнее время процесс флотации. Широко распространенный в прежнее время процесс хлоринации, применявшийся к извлечению З. из руд (обработка хвостов) после амальгамации, в настоящее время совершенно вытеснен цианированием. З., получаемое вышеуказанными способами, содержит всегда ряд примесей (серебро, медь, железо, металлы платиновой группы и др.). Очистка З. и отделение от него ценных примесей (серебро, металлы платиновой группы) производятся особым процессом—аффинажем.

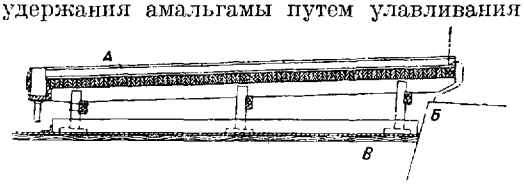
Извлечение З. из руд путем амальгамации. Процесс амальгамации и условия его ведения. Амальгамация руд, содержащих З. и серебро, является весьма старым и распространенным процессом. З. дает с ртутью два соединения ($AuHg_2$ и Au_2Hg); ртуть образует твердый раствор в З. (предельной концентрации—16% ртути в З.). Растворимость З. в ртути весьма невелика и при обыкновенной $t°$ (20°) достигает 0,2%. Амальгамы З. представляют смеси, в к-рых соединение З. с ртутью диспергировано в растворе З. в ртути. Амальгамы З., получаемые при амальгамации золотых руд, обыкновенно содержат, кроме З. и ртути, также и другие элементы в виде соединений с ртутью. Амальгама, получаемая после отжимки избытка ртути отжидкой амальгамы, содержит в среднем на 2 весовые части ртути 1 часть З. Амальгамы с мелким З. дают после отжимки более высокое содержание ртути, и наоборот, т. к. процесс диффузии ртути в частицах крупного З. не полностью доходит до центра частиц. Кроме того, металл с большим содержанием серебра обычно дает амальгамы с более высоким содержанием ртути. В отжатой избыточной части ртути содержится по весу ок. 0,1—0,2% растворенного в ней З. (при весьма мелком З. или недостаточной плотности фильтрующей среды) и выше.

Кроме Au, непосредственно амальгамируются Ag, Cu, Pb, Zn, Cd, Bi, Sn, Na и K и при $t°$ 15—20° (но не на холоду) As и Sb; косвенным путем (электролиз, натриевая амальгама и др.) амальгамируются Fe, Ni, Co, Cr, Al и Pt. Химически чистая ртуть слабее амальгамирует, чем ртуть, содержащая в растворе Au и Ag и небольшие количества Zn, Pb и Cu; при более высоком содержании последних металлов ртуть становится мало пригодной для амальгамации. Потери ртути и З. при амальгамации руд происходят вследствие: 1) присутствия в руде колчеданов, особенно в случае наличия в составе ее As и Sb; 2) образования легких амальгам (напр. медной); 3) систематич. загрязнения ртути; для очистки ее взбалтывают с соляной или азотной к-той или перегоняют под известью; 4) недостатка или большого избытка воды, а также загрязнения ее в процессе амальгамации (попадание в воду машинного масла); 5) образования «железной» амальгамы (в случае присутствия меди осколки и тонко измельченные кусочки железа, стали и чугуна покрываются слоем цементной меди, с поверхности амальгамируются и задерживаются в амальгаме); 6) избытка ртути (образуется слишком жидкая амальгама); 7) недостатка ртути (хрупкая амальгама); 8) недостаточной длины и слишком большого уклона шлюзов, на которых происходит амальгамация; 9) отсутствия и недостатка ловушек; 10) слишком быстрого измельчения руды (при внутренней амальгамации); 11) улетучивания ртути при отпарке амальгамы. При нормальном ведении процесса общая потеря ртути не превышает 0,7—1,0%.

Способы ведения амальгамации и аппаратура. Способы ведения амальгамации распадаются на две основные группы: 1) внутренняя амальгамация, когда процесс производится внутри измельчающих аппаратов, и 2) наружная, или внешняя, амальгамация, когда процесс производится вне измельчающих аппаратов (амальгамация на досках, амальгаматорах и т. д.). Амальгамация руд на современных з-дах, на к-рых установлен последующий процесс цианирования, ведется почти исключительно в целях извлечения крупного свободного З. на амальгамированных досках или в целях вторичной обработки в амальгамационных бочках богатого З. материала, снятого с плисовых шлюзов. Особое значение амальгамация золотых руд приобретает на небольших предприятиях в Сибири и особенно на Дальнем Востоке при разработке месторождений золотых руд, залегающих в зоне окисления. В этих случаях успех этого процесса объясняется тем, что

затраты на добычу и обработку руды быстро окупаются.

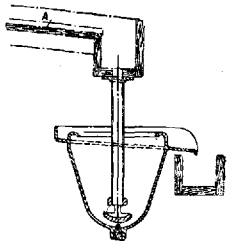
Внутренняя амальгамация производится преимущественно в *бегунах* (см.), затем в *толчеях* (см.) и весьма редко в трубных мельницах. Для выполнения внутренней амальгамации производится заливка ртути по 30 *г* через 2—3 часа в чашу бегунов или в корыто толчеи, внутри которых иногда устанавливают амальгамированные листы. Толчеи широко применялись для измельчения (мелкого дробления) руд до введения шаровых мельниц, вытесняющих их из практики золотого дела. В настоящее время почти на всех рудниках (юж. Африка, Америка), где установлены толчейные ф-ки, ведется только внешняя амальгамация на досках без заливки ртути в толчейное корыто. Внутренняя амальгамация в толчеях производится только на ф-ках небольшой производительности путем заливки ртути в толчейное корыто, а также путем установки амальгамированных медных досок. Целью установки последних является облегчение удержания амальгамы путем улавливания



Фиг. 1.

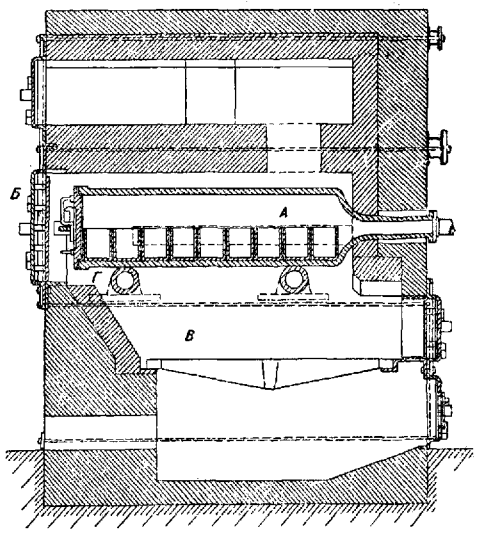
ее на поверхности досок. Когда амальгама в достаточной мере накопилась внутри чаши или толчейного корыта, производится т. н. сполоск, или съемка, З. Для этого прекращают подачу руды и «выхаживают» чашу или корыто, т. е. по возможности промалывают и удаляют оставшуюся в них руду. После этого останавливают бегуны или песты и выбирают в ведра амальгаму, собравшуюся на дне вместе с оставшейся рудой. Затем производится доводка шлихов или промывка песка с амальгамой на небольшом ручном вашгерде. На больших амальгамационных фабриках устанавливаются механические вашгерды.

Наружная, или внешняя, амальгамация на досках в современной практике встречается значительно чаще внутренней; она производится на амальгамированных медных досках, укрепленных на шлюзах (фиг. 1, где *А*—медная амальгамированная доска, *Б*—фундамент бегунов, *В*—пол ф-ки). На шлюзы поступает рудная муть из разгрузочного отверстия бегунной чаши. В нек-рых случаях пользуются посеребренными медными досками или досками из сплава Мунца. Наклон шлюзов колеблется от $^1/_6$ до $^1/_{24}$. Употребление внешних досок для амальгамации при измельчении руды в толчейных ставах выгодно при измельчении, соответствующем размеру отверстий сеток, меньшем 8 меш (8 отверстий на лин. дм.), т. к. более крупные частицы царапают поверхность амальгамированных медных досок и мешают улавливанию З. на досках; поэтому толчейная муть с крупными частицами поступает в трубные мельницы для вторичного (тонкого) измельчения и затем на амальгамированные доски. Наиболее существенным дефектом амальгамации на досках является образование на их поверхности цветного налета из окислов, карбонатов или других соединений меди и разъедание досок кислой водой и рудной мутью. Для удаления налетов останавливают работу измельчающих устройств, споласкивают доски и затем очищают их нашатырем, цианистым калием или соляной кислотой. Употребление цианидов для этой операции в настоящее время не рекомендуется, т. к. было установлено, что это вызывает серьезные потери З. вследствие его растворения. Для удаления жира употребляют соду. Амальгамированные листы периодически 1 раз в 6 или 12 часов натираются ртутью. Съемку амальгамы с листов производят кусками резины, кожаными или деревянными скребками или же стальными ножами, но рекомендуется съемка только резиной, так как она не портит поверхности медных досок, удаляя в то же время бóльшую часть образовавшейся на их поверхности амальгамы.



Фиг. 2.

Для удержания ртути и амальгамы, сносящихся со шлюзов, применяют промежуточные и концевые ловушки. Промежуточные ловушки представляют собою длин. и узкие ящики или колоды, расположенные поперек шлюза. Концевые ловушки (фиг. 2) представляют собою ящики, в которые попадает рудная муть после прохождения по амальгамированным доскам *А*.



Фиг. 3.

Во время сполоска ловушки опоражнивают от их содержимого; амальгаму отделяют от песка путем промывки на вашгерде. Обработка амальгамы после съемки состоит в перетирании, промывке амальгамы горячей водой и отделении железных частей магнитом. Отмытую амальгаму отжимают

через замшу или холст в винтовом прессе. Отжатую амальгаму выпаривают («отпаривают») в чугунных ретортах (фиг. 3, где *А*—реторта, *Б*—дверцы, *В*—топка, *Г*—трубы для водяного охлаждения). Черновое З. после отпарки сплавляют в графитовых тиглях с присадкой буры, соды и селитры.

Извлечение З. из руд путем цианирования. Цианистый процесс извлечения З. основан на растворяющем действии цианистых щелочей на металлическое З. Ур-ие Эльснера, по к-рому идет эта реакция, следующее:

$$2\,Au + 4\,KCN + O + H_2O = 2\,KAu(CN)_2 + 2\,KOH.$$

Изменение содержания кислорода в растворе имеет не меньшее влияние на скорость растворения З., чем изменение содержания в растворе цианистого калия (или натрия). В связи с этим необходимо отметить, что слабые растворы цианистых щелочей растворяют больше кислорода, чем крепкие; кроме того, слабые растворы мало реагируют с различными соединениями неблагородных металлов, растворяя в то же время З. и серебро; расход цианидов при этом меньше. Крепость растворов обычно колеблется от 0,03 до 0,2%. Слабые растворы употребляются в иловом процессе, а более крепкие—в эфельном (перколяционном).

В настоящее время в практике цианирования почти исключительно употребляется NaCN, но расчет ведут и до последнего времени на KCN. Кроме этих препаратов, практиковалось применение «двойной соли», состоящей из смеси KCN и NaCN в различных пропорциях. NaCN выпускается в продажу 130% (из расчета на KCN), а смесь двух цианидов 98—99%. В случае обработки руд, трудно поддающихся цианированию (теллуристые руды), применяется процесс б р о м о ц и а н и р о в а н и я, для к-рого раствор бромистого циана приготовляют согласно ур-ию:

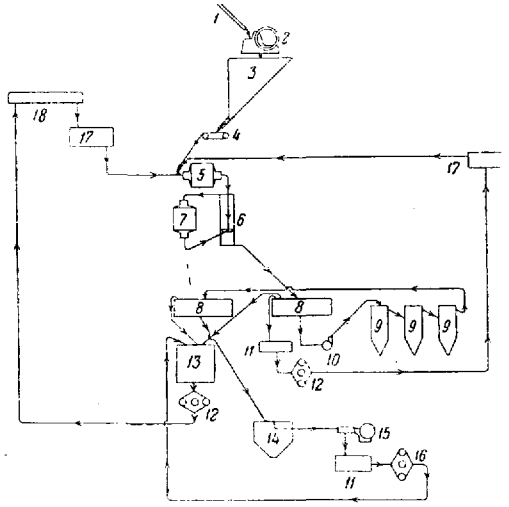
$$2\,KBr + KBrO_3 + 3\,KCN + 3\,H_2SO_4 = 3\,BrCN + 3\,K_2SO_4 + 3\,H_2O.$$

Растворение З. в бромоцианистом растворе идет согласно следующему ур-ию:

$$BrCN + 3\,KCN + 2\,Au = 2\,KAu(CN)_2 + KBr.$$

Другим методом обработки упорных теллуристых золотых руд является окислительный обжиг на́мертво с последующим цианированием. На весьма многих современных з-дах руды подвергаются цианированию без предварительной амальгамации, но в то же время часть з-дов удерживает амальгамацию как процесс предварительный перед цианированием. На нек-рых з-дах (Ранда) для улавливания крупного З. вместо амальгамации в недавнее время введены плисовые шлюзы.

Процессы цианирования разделяются на две основные группы в зависимости от характера обрабатываемого материала. Песковый материал, или эфель, допускающий просачивание (перколяцию) через него раствора с достаточной для промышленного процесса скоростью, обрабатывается путем эфельного, или перколяционного процесса. Ила, представляющие собою глинистую, коллоидную массу и содержащие обычно нек-рое количество весьма мелкого (200 меш) кристаллич. материала, обрабатываются путем илового процесса во взмученном состоянии посредством агитации. В зависимости от принятой схемы цианирования на заводе м. б. осуществлен (в случае полного цикла обработки) или раздельный процесс (эфельный и иловой секторы) или полный иловой процесс. Схема цианидного з-да на 100 *т* суточной производительности, работающего по системе полного илового процесса, дана на фиг. 4, где *1*—грохот, *2*—дробилка, *3*—рудный ларь на 100 *т*, *4*—ленточный питатель Аргон, *5*—шаровой гранулятор, *6*—двойной классификатор Дорра, *7*—гранулятор для тонкого измельчения,



Фиг. 4.

8—уплотнитель, *9*—агитаторы, *10*—насос для пульпы, *11*—чан-зумпф, *12*—насос триплекс, *13*—осветительные чаны с фильтрующими днищами, *14*—вакуум-фильтр, *15*—вакуум-насос, *16*—насос триплекс, *17*—чан для раствора, *18*—цинковые экстракторы на 8 отделений. Возможность применения полного илового процесса в каждом отдельном случае определяется как техническими, так и экономич. соображениями. Выгоды, обусловленные большим % извлекаемого из руды З. при этом процессе, иногда не покрывают затрат по окончательному измельчению наиболее твердой части продукта; этот твердый продукт, накопившись, начинает циркулировать в цикле измельчения, и только небольшая часть его будет выделяться как законченный продукт для дальнейшей обработки. В случае незаконченного цикла обработки з-ды ограничиваются обработкой одних эфелей, накапливая илы в прудках впредь до постройки илового з-да.

Классификация шламов, идущих с амальгамационных фабрик или непосредственно с измельчающих приборов без предварительной перед цианированием амальгамации, производится на стандартных классификаторах Дорра или на классификаторах Дорра с чашами, реже на других классификаторах (Акинса, Эсперанца), или путем гидравлич. классификации (конич. классификатор Кальдекотта). Обогащение в ряде подготовительных операций, предшествующих цианированию, имеет существенное значение: выделенные из пульпы колчеданы подвергают специальной гидрометаллургической или пирометаллургической обработке. Выделение

концентрата производят при обработке упорных (теллуристых) руд, а также руд, содержащих быстро разлагающиеся колчеданы и значительно повышающих расход цианистого калия. Концентрация производится на песковых или иловых столах Вильфлея, Дейстера или других конструкций. В последнее время к золотым рудам начал применяться метод флотационной обработки (с сопутствующим цианированием или без него), при к-ром возможно выделить колчеданы и нек-рые другие минералы, а также флотировать (хотя бы отчасти) металлическое З. Применение флотации на нек-рых предприятиях оказалось экономически выгодным.

Измельчение (мелкое дробление) золотых руд при процессе цианирования в настоящее время производят на ряде заводов в специальных шаровых мельницах (а затем—тонкое измельчение—в трубных мельницах), заменивших толчеи, или в шаровых грануляторах (см. *Шаровые мельницы*). Измельчение нередко ведется в цианистом растворе, и в нем же проходят все дальнейшие операции (в частности классификация). Чем более З. будет растворено в начале процесса, тем проще будет задача агитации и фильтрации. В случае обработки колчеданов цианированием вместе со всей остальной рудой стремятся достигнуть большей степени классификации в цикле измельчения. В результате достигается накопление сульфидных частиц в цикле измельчения и значительное увеличение количества З., растворенного в течение этого процесса.

Расход цианистого натрия в процессе цианирования. Потери цианида в процессе цианирования обусловлены тем, что цианистый натрий теряется в выгрузке (отбросах) з-да, состоящей из эфелей и илов после цианирования, от к-рых нельзя полностью отмыть цианистый раствор, и из ежедневно удаляемых загрязненных растворов. Потери цианида и З. при фильтрации связаны с механич. удержанием раствора и поглощением из него цианистых соединений коллоидальной глиной и кварцем. Известь нейтрализует кислый цианистый раствор, наполняет адсорбирующий материал, понижая его абсорбционную и адсорбционную способности, и тем уменьшает потерю цианида. Отсюда вытекает техническ. выгода измельчения руды драгоценного металла в известковой воде, но в некоторых случаях бывает экономически выгоднее вести измельчение в цианистом растворе. К числу причин химич. характера, обусловливающих расход цианистого натрия, относятся следующие. 1) Гидролиз ($NaCN + H_2O = NaOH + HCN$; в ясно щелочных растворах это явление незаметно). 2) Разложение цианистого натрия кислотами, образующимися вследствие окисления колчеданов, и углекислотой, содержащейся в воздухе, продуваемом при агитации растворов:

$$2NaCN + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCN;$$
$$2NaCN + CO_2 + H_2O = Na_2CO_3 + 2HCN.$$

3) Окисление кислородом воздуха с образованием цианистых и других соединений, неспособных растворять металлы:

$$NaCN + O = NaCNO;$$
$$2NaCNO + 3H_2O = Na_2CO_3 + 2NH_3 + CO_2;$$

таким же образом действуют вообще все окислители. 4) Образование целого ряда соединений при реакции с составными частями руды (с солями закисного железа, с соединениями меди и с серой).

Медь в окисленных рудах встречается в виде карбонатов (малахит и азурит), окисей основного сульфата и реже в чистом виде. Во всех этих формах она легко растворяется в цианистом растворе, образуя комплексные цианиды. Небольшое количество растворимой меди в руде (0,1%) может вызвать расход цианида в 2 *кг* и более на 1 *т* руды. Сульфидные медные руды обычно не вызывают столь большого расхода цианида. Из нек-рых окисленных руд возможно до обработки их цианистым раствором удалить медь растворами аммиака или серной к-ты.

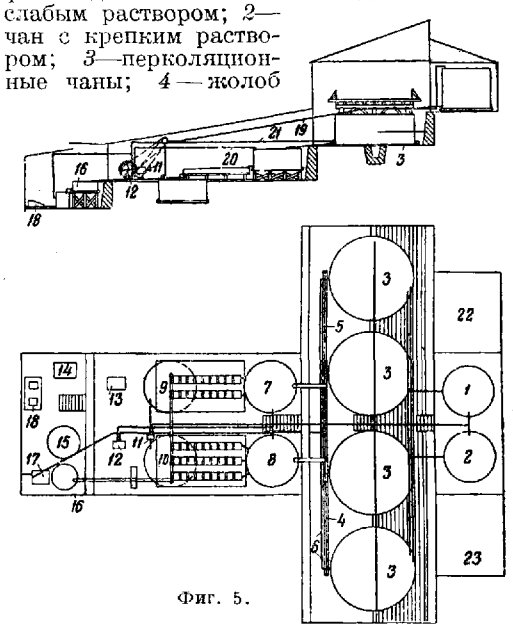
Для уменьшения расхода цианида прибегают к регенерации его, в особенности при обработке руд с содержанием меди. Основным способом регенерации цианида является разложение комплексных цианидов путем подкисления раствора, в результате чего, с одной стороны, выпадают нерастворимые цианиды [CuCN, AgCN, $Zn(CN)_2$, CuCNS, AgCNS, иногда ферроцианиды] и с другой—образуется HCN. Осадок отделяется для того, чтобы извлечь из него благородные металлы и—частично—содержащуюся в нем синильную к-ту. Содержащаяся в растворе после подкисления HCN м. б. опять связана прибавлением извести, а выделившаяся HCN м. б. также удалена из раствора при нагревании пропусканием через него тока воздуха или применением вакуума (в процессе Crowe) и затем поглощена щелочным раствором в виде NaCN или $Ca(CN)_2$. Процесс регенерации цианида приобретает большое значение при обработке руд (особенно серебряных), где, вследствие присутствия меди, расход цианида сделал бы применение цианистого процесса нерентабельным. Главная статья расхода в регенеративном процессе—кислота для нейтрализации раствора. Низкая стоимость этой операции может быть достигнута там, где производится обжиг сульфидных руд.

Обработка песков (эфелей) цианированием (перколяция). Процесс перколяции, применяемый к пескам, т. е. к материалу, который поддается обработке цианистыми растворами путем просачивания, был первым процессом в истории цианирования золотых руд. Тогда как техника илового процесса развилась значительно позже и претерпевала значительные изменения, процесс перколяции, применяемый к свободно фильтрующему материалу, испытал сравнительно мало изменений со времени его введения. Цианирование песков производится в цилиндрических деревянных или стальных чанах емкостью в среднем от 130 до 170 *т* (на Ранде 800 *т*); высота составляет не более половины их диаметра. Деревянные чаны составляются из хорошо пригнанных бочарных плах толщиной в 10—15 *см*; эти чаны по сравнению со стальными дешевле, сборка их проще, но стенки набухают, поглощая раствор, а главное—у них часто наблюдается течь. В СССР устанавливают деревянные чаны; в юж. Африке,

Америке и Австралии предпочитают стальные чаны, стоимость к-рых вполне окупается благодаря большому масштабу производства. Чаны имеют ложное днище, на к-ром собирают фильтр, для чего на дно чана кладут параллельный ряд брусьев 10×10 *см* на расстоянии 1 *м*. На нижней части брусьев делают неглубокие вырезы для циркуляции раствора. На первый ряд брусьев укладывают второй—из брусьев такого же размера, но на расстоянии 15 *см* один от другого, и сверху накрывают материей (холст, бязь), достаточно плотной, не пропускающей ила и мелкого песка, при чем для уплотнения по краям матерчатый круг зажимают между стенками чана и деревянным кольцом, собранным из отдельных сегментов. На холст кладут (перекрывая сверху планками) кокосовые маты (цыновки). Другие конструкции днищ представляют собою деревянные решетки, разделенные на секторы, сверху которых положены маты. Для разгрузки чана устраивают в дне его разгрузочные отверстия (от 2 до 7), расположенные над ходами, оставленными в фундаменте, и закрывающиеся герметич. крышками. Разгрузка чана производится или смыванием (при наличии большого количества воды) или вручную (лопатами в вагонетки). Наиболее рациональный способ разгрузки—с помощью экскаватора Блайсделла с конвейерной лентой.

Чаны устанавливаются на фундаментных балках. При расположении чанов этажами употребляются чугунные колонны с железными балками и стропилами. Загрузка чанов (гидравлическая или сухая) песками, доставляемыми из отвала в вагонетках или таратайках, производится с помоста, сооруженного из накатника. Предварительно перед цианированием песок в некоторых случаях промывают водой, к-той и щелочью. Заливку растворов цианистого натрия в количестве 80—200% от веса сухого эфеля производят в последовательном порядке: вначале крепкие растворы (0,1—0,15%), затем средние (0,05—0,08%) и слабые растворы (0,03—0,05%), после чего пески промывают водой. Заливка раствора м. б. непрерывной или периодической. В первом случае накачивают раствор так, чтобы загруженный материал был все время пропитан цианистым раствором или чтобы раствор покрывал его. Во втором случае, пропитав нагрузку раствором, выпускают его; материал дренируется в течение нескольких часов, после чего производят заливку следующей порции раствора. Второй метод почти всегда дает более удовлетворительные результаты, т. к., за исключением цианирования в высокой степени окисленных золотых руд, содержание кислорода в растворе оказывается всегда недостаточным, и поэтому требуется дополнительная аэрация нагрузки во время дренирования эфеля.

Скорость перколяции песков и количество влаги, удерживаемой ими, зависят от величины зерен песка, их формы и степени однородности. Материал, хорошо отделенный от илов классификацией, задерживает не более 15—20% влаги. По перколяционному способу выгодно обрабатывать пески в том случае, когда уровень раствора в чане понижается в час не меньше чем на 1,5—2 *см*. Скорость перколяции 7—8 *см* в час считается хорошей. Продолжительность полной обработки одной нагрузки в зависимости от условий колеблется в пределах от 3 до 10 дней. Расход реактивов составляет 0,2—0,6 *кг* цианида (считая на KCN) и 0,8—1,2 *кг* NaOH или 1—1,7 *кг* извести на 1 *т* песков. Растворы из чанов отводят по железным трубам, вставленным в отверстия у самого днища в осветительные чаны, где раствор отделяется от тонких частиц, увлекаемых из перколяционных чанов, после чего он поступает на осаждение в цинковые экстракторы. Растворы после осаждения перекачиваются в растворные чаны, помещаемые перед перколяционными чанами. На фиг. 5 дан план пескового з-да: *1*—чан со слабым раствором; *2*—чан с крепким раствором; *3*—перколяционные чаны; *4*—жолоб



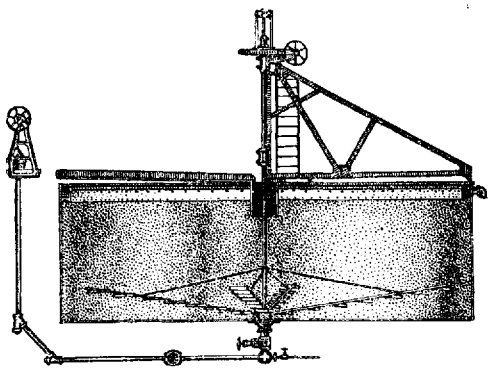
Фиг. 5.

для крепкого раствора; *5*—жолоб для слабого раствора; *6*—трубопровод к вакууму; *7*—чан со слабым раствором, содержащим З.; *8*—такой же с крепким раствором; *9* и *10*—чаны-зумпфы со слабым и крепким раствором; *11*—центробежный насос; *12*—вакуум-насос; *13*—электромотор или двигатель внутреннего сгорания; *14*—печь для сушки; *15*—чан для отстаивания раствора; *16*—чан для к-ты; *17*—ящик для фильтрации; *18*—печь для плавки; *19*—труба от зумпфа к чану с раствором; *20*—труба для раствора из вакуум-насоса; *21*—труба для отсасывания вакуумом; *22*—лаборатория; *23*—склад. Извлечение З. перколяционным процессом достигает 80—85% количества его, заключенного в руде, подымаясь иногда до 90%; при менее благоприятных условиях (плохая классификация, упорное З.) оно опускается до 70—60%. Кроме перколяционного процесса, к-рый ведется свободным просачиванием раствора под действием его собственного веса, возможно введение отсасывания, особенно для удаления раствора при дренировании нагрузки, содержащей много мелкого песка.

Цианирование илов (иловой процесс). Измельченный продукт на современных з-дах содержит 5÷35% песка, к-рый не проходит через сито в 200 меш. Сверх того, часть кристаллич. продукта, проходящего через сито в 200 меш, вполне поддается обработке перколяцией, если только она хорошо отмыта от ила. Т. о., для ряда случаев можно принять, что 30÷50% твердой части пульпы в полном иловом процессе могло бы быть обработано путем перколяции.

Первой стадией обработки пульпы после ее измельчения является классификация на ила и песок (в случае раздельного процесса) или тонкое измельчение до той степени, когда руда м. б. вся обработана по полному иловому процессу. Для последнего пески, отделенные от илов по одному из вышеуказанных способов классификации, подвергаются тонкому измельчению в трубной мельнице, при чем в случае руд, не содержащих значительн. количества колчеданов и продуктов окисления, к-рые повышают расход цианистого натрия, тонкое измельчение ведется в цианистом растворе. В этом случае отношение жидкого к твердому м. б. принято 5:1 и даже более. Ила после тонкого измельчения или отделенные классификацией поступают в уплотнители (или сгустители), в которых достигается частичное обезвоживание.

Уплотнитель Дорра (фиг. 6) является наиболее удобным и распространенным типом уплотнителя. Он представляет собою железный или деревянный чан с плоским дном; в центре его установлен верти-



Фиг. 6.

кальный вал, к которому присоединены несколько приподнятые к периферии и не доходящие до стенок чана радиальные грабли. Диам. чана обычно 10—14 *м*, а высота 3—4 *м*. Пульпа поступает в уплотнитель в центре его по вертикальной, неглубоко опущенной широкой трубе, а уходит по трубам через отверстие в центре дна чана, при чем выход ее регулируется вентилем, закрывающим трубу. Скорость вращения вала 10—30 об/ч. Избыток воды, осветленной в процессе сгущения, переливается в кольцевой жолоб, идущий по кромкам чана, и поступает в трубу, ввинченную во внешнюю стенку жолоба. Расчет уплотнителя производится по ф-ле:

$$A=0{,}0417\frac{F-D}{R},$$

где A—площадь в $м^2$, необходимая на 1 *т* твердой части пульпы, пропущенной в 24 часа; R—скорость оседания уровня твердых частиц в суспензии в *м/ч*, определяемая из опыта; F—отношение жидкого к твердому в пульпе, поступающей в уплотнитель; D—отношение жидкого к твердому в пульпе (после уплотнения), уходящей из уплотнителя. В табл. приведены данные о производительности (действительной и вычисленной) уплотнителей на ряде крупных цианидных з-дов для цианистой пульпы с добавкой извести (ускоряющей осаждение). Для ускорения осаждения рудной мути пользуются присадкой извести в виде известкового молока или в тонко измельченном виде. Ионы кальция, адсорбируемые на поверхности кварцевых и глинистых частиц, способствуют их коагуляции и осаждению. Пульпа, уплотненная до отношения жидкого к твердому от 3 : 1 до 2 : 1 (и даже до 1 : 1), или поступает непосредственно в агитацию с цианистым раствором или предварительно накопляется в чане-коллекторе. Назначение коллектора—поддерживать накапливающуюся пульпу во взмученном состоянии до подачи в агитаторы. В нек-рых случаях практикуется до прибавления цианистого натрия агитация пульпы со щелочью, чем достигается понижение расхода цианида.

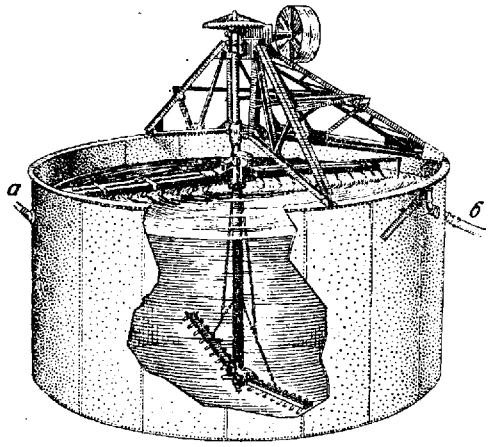
Производительность уплотнителей, отнесенная к единице площади уплотнителя.

Заводы	Вычислен. производительность в фн. на $м^2$ площ. в час	Действит. производительность в фн. на $м^2$ площ. в час	Глубина осветленного раствора в чане в *м*	Отношение жидкого к твердому в	
				поступающей пульпе	уплотненной пульпе
Liberty Bell . .	4,9	5,9	1,25	10	2,00
Bellmont . . .	14,1	14,8	1,5	7	2,11
Portland	8,3	6,0	6,0	15,1	1,66
Nipissing	8,2	11,8	—	11	1,50
Presido	33,0	17,6	6,0	5,6	1,58
Hollinger	19,7	18,0	2,0	5,6	1,00
West-End . . .	15,2	12,0	5—6	6,1	2,02
Homestake . . .	7,8	7,0	—	33	2,18
» . . .	8,9	8,6	—	17,5	1,50
Golden Cycle (a)	19,3	19,1	0	7,7	1,00

Агитация илов с цианистым раствором производится двумя основными способами: механической агитацией, достигаемой путем взмучивания илов при помощи движущихся мешалок, и пневматич. агитацией, состоящей во взмучивании илов путем продувания воздуха. Для процесса растворения З. необходим кислород, что в избытке достигается при пневматич. агитации, но вместе с этим количество кислорода, доставляемого в этом случае, оказывается избыточным, что способствует повышенному расходу цианистого натрия вследствие окисления его.

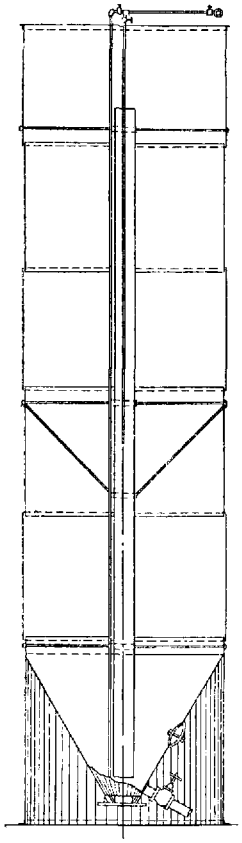
Наиболее распространенным типом агитатора является агитатор Дорра (фиг. 7), к-рый одновременно осуществляет механич. и пневматич. агитацию пульпы в цианистом растворе. На приведение в движение мешалки при агитации пульпы требуется от 0,25

до 3 Hp. Количество вдуваемого воздуха составляет 0,23—1,12 *м³/мин* под давлением 0,7—14 *atm*. Агитация производится граблями, радиально укрепленными и несколько



Фиг. 7.

приподнятыми. При движении грабли сгребают осевший ил к центру, где он поднимается по трубе, увлекаемый воздухом, вдуваемым в трубу через патрубок, расположенный под трубой. Поднявшаяся по трубе пульпа выливается в два радиально расположенных наклонных жолоба, скрепленных с трубой, и затем через отверстия желобов обратно выливается в чан. Пульпа поступает в агитатор по трубе *а* и вытекает из него по трубе *б*.



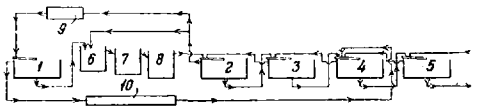
Фиг. 8.

Агитатор Пачука (фиг. 8) является типичным представителем пневматических агитаторов. Он представляет собою высокий цилиндрический железный (в некоторых случаях деревянный) чан с коническим днищем. По оси чана устанавливается труба, открытая с обоих концов и укрепленная на тягах. Воздух подводится под нижний конец трубы.

Успешность цианирования при агитации илов в цианистом растворе зависит от густоты пульпы, продолжительности агитации и от крепости растворов. Густота пульпы (3:1 до 1:1) весьма сильно влияет на скорость растворения золота по двум причинам: 1) в густых пульпах на единицу твердого вещества приходится менее раствора, а следовательно меньше кислорода и цианида; 2) с повышением вязкости растворов (прямая зависимость от густоты) понижается скорость движения в растворе ионов $Na^{\cdot}$ и $CN^{\cdot}$. Крепость растворов для чисто золотых руд может колебаться в пределах 0,005—0,05%, считая на KCN, в то время как для серебряно-золотых и чисто серебряных руд она составляет 0,1—0,15%. В случае цианирования колчеданистых концентратов также употребляются более крепкие растворы.

Отделение растворов после цианирования. В настоящее время имеются две распространенные системы отделения цианистых растворов от твердой части пульпы: 1) система фильтрации на непрерывнодействующих вакуум-фильтрах или на вакуум-фильтрах периодич. действия (последние работают на старых установках); 2) непрерывная декантация в связи с системой противотока. В цианистом процессе нашли применение вакуум-фильтры: непрерывного действия—Оливера, американск. дисковый фильтр и начинают применять новый фильтр «Доррко», из фильтров периодич. действия—фильтр Буттерса (см. *Вакуум-фильтры*).

Непрерывная декантация в связи с системой противотока осуществляется рядом последовательно расположенных уплотнителей, число к-рых зависит от содержания З. в руде и характера илов. Обычное число уплотнителей—четыре; каждый следующий уплотнитель обычно расположен выше предыдущего. В системе уплотненная пульпа и сливные воды движутся в противоположных направлениях. Пульпа после агитации поступает в первый уплотнитель, затем по уплотнении—во второй и т. д. до последнего, где она



Фиг. 9.

промывается водой. Сливные воды последнего уплотнителя поступают для промывки пульпы в предпоследний и т. д. до первого, откуда золотосодержащий раствор идет на осаждение. На фиг. 9 пять уплотнителей: *1*, *2*, *3*, *4* и *5*; *6*, *7* и *8*—агитаторы; *9*—измельчатель; *10*—установка для осаждения золота из растворов. Эта система получила широкое распространение при цианировании руд, достаточно легко оседающих и удерживающих в уплотненном состоянии небольшое количество влаги (не более 50%), и при наличии достаточного количества воды. Другой системой, сравнительно недавно введенной в заводскую практику, является система последовательной фильтрации на непрерывнодействующих вакуум-фильтрах (tandem-filtration).

Осаждение З. из цианистых растворов производится цинком и основано на реакции замещения золота в комплексном соединении. Для объяснения этой реакции предложено несколько уравнений. Уравнение Парка:

I. $2KAu(CN)_2 + Zn = K_2Zn(CN)_4 + 2Au$;

уравнение Кленнелля:

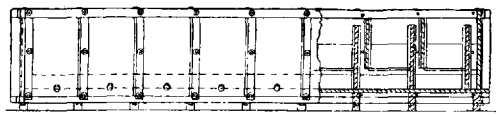
II. $$KAu(CN)_2 + 2KCN + Zn + H_2O = K_2Zn(CN)_4 + Au + H + KOH.$$

Оба ур-ния не охватывают явления осаждения цинком одновременно с качественной и количественной стороны. Повидимому, правильнее принять объяснение, рассматривающее следующие одновременно с (I) протекающие при этом процессе реакции:

III. $$\begin{cases} 2KAu(CN)_2 + Zn = K_2Zn(CN)_4 + 2Au \\ 4KCN + Zn + 2H_2O = K_2Zn(CN)_4 + 2KOH + H_2 \\ 2KOH + Zn = K_2ZnO_2 + H_2 \end{cases}$$

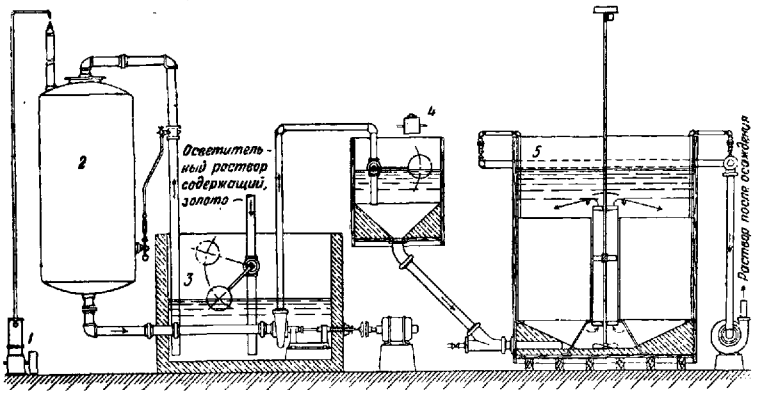
Кроме того, при осаждении цинком идет ряд побочных реакций. Наличие кислорода в растворах весьма замедляет процесс осаждения Au и Ag и увеличивает образование белого осадка на цинке.

Для осаждения З. из раствора применяются две основные системы. 1) Осаждение цинковой стружкой (чаще, освинцованной в



Фиг. 10.

растворе уксуснокислого свинца) в цинковых экстракторах. Экстракторы представляют собою длинные деревянные или стальные ящики с рядом перегородок, часть к-рых не доходит до дна, а другая часть—до верха. Цинковые стружки помещаются на сетках. Благодаря такому расположению перегородок раствор, циркулируя в экстракторе (фиг. 10), проходит через всю массу цинковых стружек. На фиг. 10—боковой вид и разрез цинкового экстрактора. 2) Для осаждения цинковой пылью по способу Мерриля предварительно смешивают цинковую пыль с водой в эмульгаторе и затем полученную суспензию непрерывно приливают к раствору. Полученный при этом осадок подается на фильтр-пресс или на рамный вакуум-фильтр. Осаждение цинковой пылью дешевле, чем осаждение цинковой стружкой, но в виду сложности этот способ применяется гл. обр. на больших заводах. Удаление кислорода из цианистых растворов в настоящее время ведется по способу Кроу (Crowe). Результатом такого удаления кислорода явилось понижение расхода цинка (на $^1/_3$) и цианида и отсутствие белого осадка, затрудняющего ведение процесса. Данный процесс оказался особенно удобным в комбинации с осаждением цинковой пылью по процессу Мерриля, в результате чего возник процесс Мерриля-Кроу (фиг. 11). Собирание осадка производится на радиально расположенных рамах вакуум-фильтра или же в особом фильтр-прессе. На фиг. 11 обозначают: *1*—вакуум-насос; *2*—вакуум-ресивер; *3*—чан для золотосодержащего осветленного раствора; *4*—ленточный питатель цинковой пылью; *5*—чан для фильтрования осадков после осаждения цинковой пылью с системой вакуум-рам.



Фиг. 11.

Обработка осадков после осаждения. Осадки после осаждения цинковой пылью или цинковыми стружками, получаемые в результате сполоска экстракторов и промывания стружки, обрабатываются раствором серной кислоты для растворения Zn, затем их промывают водой и фильтруют. Влажный осадок смешивают с окислителями (KNO_3, MnO_2), а иногда сразу и с флюсами (бура, Na_2CO_3, SiO_2) и нагревают на чугунном противне, доводя под конец $t°$ до красного каления. При этом происходят реакции окисления и отчасти шлакования. Полученную массу плавят в графитовых тиглях—лучше с шамотными вставками (вкладышами). На больших з-дах осадки плавятся с глетом на веркблей на поду отражательной печи, и полученный золотосодержащий веркблей трейбуется в англ. трейбофене (процесс Тавнера), или же брикеты осадков, богатые золотом, присаживают с флюсами в свинцовую ванну трейбофена (с дутьем). Брикеты бедных осадков проплавляют с сорами и побочными продуктами (шлаки и т. п.) в шахтной печи (с водяным охлаждением) и полученный веркблей трейбуют. Непосредственная плавка осадков с флюсами в тиглях применяется весьма редко (необходимы очень чистые осадки).

Аффинаж З. ведется в целях получения чистого З. и серебра и сосредоточивается на аффинажных з-дах (иногда в больших золотосплавочных лабораториях). З. и серебро присутствуют одновременно почти во всех сплавах, образующихся в результате плавки осадков, получаемых на цианидных з-дах, и в металлах, получаемых на металлургич. заводах. Поэтому операции аффинажа З. и аффинажа серебра тесно связаны между собой. Способы отделения З. от серебра с получением их в чистом виде распадаются на следующие группы: сухие методы, мокрые методы (разделение к-тами) и электролиз.

Сухие методы основаны на превращении серебра, содержащегося в сплаве, а также и других металлов (напр. меди) в хлорид или сульфид при действии хлора или серы на сплав, находящийся в расплавленном состоянии (З. в то же время остается в металлич. состоянии). Способ Милле-

р а очистки З. хлором основан на том, что газообразный хлор проходит через расплавленный металл и при этом превращает серебро и другие металлы в хлориды. Металл плавится в наклоняющейся печи и затем вливается в шамотные тигли, вставленные внутрь графитовых тиглей, с присадкой буры для образования на поверхности шлака. Тигли закрываются крышками, чрез к-рые проходят трубки из огнеупорной глины, служащие для продувания хлора. Печи (горны), в к-рые помещаются тигли при хлорировании, имеют общий дымоход. Газы, поступающие в последний, проходят через камеру, в к-рой производится охлаждение и промывание их путем распыливания воды в целях улавливания паров и пыли, уносимых в процессе аффинажа. В результате хлорирования получается чистое З., а над ним (под слоем буры) слой из хлористого серебра и хлоридов других металлов. Удаление растворимых хлоридов производят обработкой горячей водой, а хлорид серебра восстанавливают до металла. Описанный метод применяется к лигатурному металлу с ограниченным содержанием серебра. По этому способу золото получается 996,5-й пробы, а серебро—999-й пробы.

Мокрые методы разделения З. и серебра основаны на растворимости серебра и на нерастворимости З. в азотной к-те и в кипящей крепкой серной к-те. Метод разделения сплава серной кислотой постепенно вытеснил старый более дорогой метод разделения азотной к-той. Для процессов разделения кислотой необходимы определенные соотношения между металлами в сплаве, для того чтобы процесс прошел нацело. Так, при разделении серной кислотой, на 1 ч. З. в сплаве д. б., в зависимости от содержания меди, от $2^1/_8$ до 4 ч. серебра. Кроме этого, содержание других металлов в слитке должно также находиться в известных пределах; например, содержание меди не должно превосходить 10%, но желательно, чтобы ее содержание в слитке было не более 6%; свинец, если его содержание не выше 5%, не мешает ходу процесса растворения. Для ускорения растворения металл плавят в графитовых тиглях и затем гранулируют его или отливают в тонкие листы. Растворение серебра производится в небольших чугунных котлах, отапливаемых дровяной топкой. На каждую вес. часть серебра, содержащегося в сплаве, употребляют 2—$2^1/_2$ ч. концентрированной (технической) серной к-ты (66° Bé). Растворение серебра в серной к-те происходит согласно следующ. ур-ию:

$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O.$$

По окончании растворения (6—12 час.) дают жидкости осветлиться и переливают серную к-ту, содержащую растворенные в ней соли серебра и других металлов, в котлы, выложенные внутри свинцом и наполненные горячей водой. Остаток после обработки кипятят с серной к-той, промывают водой, сушат и плавят в тиглях с присадкой флюсов. Получаемые слитки З. имеют 995-ю пробу. Серебро осаждают из раствора медью, железом или сернокислой солью закисного железа, промывают, сушат и плавят с присадкой флюсов, получая металл 990—998-й пробы.

Электролитические методы распадаются на две группы: электролиз сплавов, богатых серебром, и электролиз сплавов, в к-рых преобладает З. Процессы электролиза Мебиуса, Бальбаха и др. применяются к аффинажу слитков, в к-рых преобладает серебро. Они основаны на растворимости серебра и нерастворимости З. на аноде и на отложении серебра из раствора на катоде. Эти методы применяются к разделению сплава, содержащего З. в пределах от небольших количеств и до 350 ч. на 1 000 ч. сплава. Электролит представляет собою слабый раствор азотнокислого серебра, содержащий свободную азотную к-ту.

При процессе Мебиуса применяются хорошо просмоленные деревянные ванны. Они разделены поперечными перегородками на семь отделений; в каждом отделении подвешены три ряда анодов и четыре ряда катодов. Аноды подвешиваются в чехлах из полотна или другой материи, в к-рых собираются нерастворившиеся металлы (З., платина и др.). Кристаллы серебра, быстро растущие на катоде, должны быть удаляемы на дно ванны; для этого катоды (представляющие собою листы чистого серебра) смазывают маслом или же удаление производят деревянными скребками, служащими в то же время и для перемешивания электролита. Плотность тока 215—300 А/м² поверхности катода. Аноды и катоды вместе с прочими приспособлениями м. б. подняты при смене чана. Расход энергии составляет ок. 1 kWh на 2,3 *кг* осажденного серебра.

В процессе Бальбаха аноды не подвешиваются вертикально, как в процессе Мебиуса, а помещаются (в чехлах или на полотняной диафрагме) горизонтально в рамках или корзинках, подвешенных на краях чанов (горизонтальное расположение электродов). Серебро отлагается на катоде, находящемся на дне отделения ванны. Раньше катод делался из серебра, а в настоящее время его делают из графитовых плиток 1,25 *см* толщиной. В качестве контактов употребляют серебряные стержни, имеющие форму свечи. Состав электролита почти тот же, что и в процессе Мебиуса (3% $AgNO_3$ и 2% свободной HNO_3). Плотность тока 215—270 А/м². Расход энергии около 1 kWh на 1 *кг* Ag. В последнее время начали применять новый способ: в камере особой конструкции вращается катод при плотности тока в 1 600 А/м² поверхности катода. Серебро автоматически соскабливается с катодов и падает в передвигающиеся корыта, откуда его убирают через каждые 4 часа. При аффинаже слитков, в которых З. является преобладающей составной частью, применяется *Вольвиля процесс* (см.).

Лит.: Чечотт Г. О., Золотое дело, т. 1, СПБ, 1913; Мостович В. Я., Амальгамация, Томск, 1922; его же, Хлорирация, Томск, 1922; его же, Цианирование, Томск, 1923; его же, Цианирование теллуридов золота, Томск, 1923; Пазухин В. А., О действии сульфидов на растворы золота в цианистом калии, «ЖРМО», 1916; его же, На приисках Кузнецкого Алатау, Томск, 1918; Плаксин И. Н., Исследование состава и структуры амальгам золота в связи с вопросом об амальгамации золотых руд, «Сборник трудов Московск. горн. акад.», М., 1929; его же, О нек-рых случаях амальгамации золотых руд, «Производит. силы Д. Востока», вып. 6, Хабаровск, 1927; Мостович В. Я. и Пазухин В. А.,

Исследование золотосодержащих руд в металлургич. лабораториях Томского технологич. ин-та, Томск, 1918; Мостович В. Я. и Анисимов С. М., Исследование эфелей Даросунского рудника, «МС», 1927, 7—8; Анисимов С. М., Опробование хвостов цианидных заводов, Томск, 1925; «Золотопромышленность», сборник, Москва, 1927; Эйслер М., Металлургия золота, СПБ, 1905 (устарело); Технич. календарь для золото- и платинопромышленников, ч. 1—2, 2 изд., СПБ, 1913 (устарело); Федотьев П. П., Электрометаллургия, вып. 1, П., 1921; Rose T. K., Metallurgy of Gold, L., 1915; Scharwood, Hydro-Metallurgy of Gold a. Silver, Handbook of Non-Ferrous Metallurgy, ed. by D. M. Liddell, v. 2, N. Y., 1926; Hamilton E. M., Manual of Cyanidation, New York, 1920; A Textbook of Rand Metallurgical Practice, v. 1, L., 1926, v. 2, L., 1919; Clennell J. E., The Cyanide Handbook, N. Y., 1915; Clennell J. E., Chemistry of Cyanide Solutions, L., 1910; Bordeaux A., L'or et l'argent, P., 1926; Allen A. W., Mill a. Cyanide Handbook, L., 1918; Jylian H. F., Smart E. D., Allen A. W., Cyaniding Gold a. Silver Ores, L., 1920; Megraw H. A., Details of Cyanide Practice, N. Y., 1914; Megraw H. A., Practical Data for the Cyanide Plant, N. Y., 1910; MacFarren H. W., Cyanide Practice, N. Y., 1912; Borchers R., Fortschritte d. Edelmetallaugerei, Halle a/S., 1913; Park J., The Cyanide Process of Gold Extraction, L., 1913; Bernewitz M. W., Cyanide Practice 1910—1913, San Francisco, 1913; Wagor E. J., Refining Gold a. Silver Bullion, Handbook of Non-Ferrous Metallurgy, ed. by D. M. Liddell, v. 2, N. Y., 1926; Clark D., Gold Refining, London, 1909; Billiter J., Die elektrochemischen Verfahren d. chem. Grossindustrie, B. 1—Elektrometallurgie wässeriger Lösungen, 2 Aufl., Halle a/S., 1923; Borchers W., Elektrometallurgie, Berlin, 1923; Allmand A. J., Principles of Applied Electro-Chemistry, London, 1912; Bernewitz M. W., Flotation Treatment of Gold a. Silver Ores, «Engin. a. Min. Journ.», N. Y., 1927, v. 124, *16*, *17*; Kelly B. D., Continuous Vacuum Filters in Cyaniding, ibid., 1924, v. 118, *15*; White H., Gold Metallurgy in the Union of South Africa, «Bull. of the Instit. of Mining a. Metallurgie», L., 1925, *48*; White H., «Journ. of the Chem. Met. a. Min. Soc. of South Africa», Johannesburg, 1918; Crowe T., Effect of Oxygen upon Precipitation of Metals from Cyanide Solutions, «Bull. of the Amer. Instit. of Min. Engineers», N. Y., 1918, p. 1272, 1919, p. 107; Weinig A. J. a. Bowen M. W., Oxygen in Cyanide Solutions, «Transactions of the Amer. Instit. of Min. a. Metall. Eng.», N. Y., 1925; Newton S. a. Fewster L. L., Gold Precipitation by Zinc Dust a. in Conjunction with the Deaeration of Solution of Modderfontein «B», «Journ. of the Chem., Metall. a. Min. Soc. of S. Afr.», Johannesburg, 1922, June; Bernewitz M. W., Gold a. Silver, «The Mineral Industry during 1927», ed. by G. A. Roush, N. Y., 1928, v. 36, p. 213; Melting a. Refining Precious Metals, «Metall. Ind.», L., 1928, v. 33, p. 437—438. **И. Плаксин.**

ЗОЛОТО СУСАЛЬНОЕ, сусаль, тонкие пленки золотистого цвета, применяемые для золочения поверхности различных предметов как неметаллических, так, реже, и металлических.

На производство З. с. идут различные материалы. Сюда относятся: 1) настоящее золото, либо чистое (червонное) либо содержащее около 1,2 % серебра или меди, смотря по оттенку цвета, к-рый желают придать металлическим листкам; такие листки называются листовым золотом и настоящей золотой фольгою; толщина их бывает до 3 μ и при золотобойном способе производства З. с. уже не м. б. уменьшена; 2) золото накладное по серебру, получаемое совместной прокаткой золотой и серебряной пластинок; З. с. этого рода получается с одной стороны золотистое а с другой — серебряно-белое; 3) золото накладное по меди, т. н. тальма-золото; толщина золотой пленки достигает 1 μ; 4) латунь, томпак и другие медные сплавы, разбиваемые в тонкие листки желто- или красно-золотистого цвета и носящие название поталь; 5) серебро, олово, различные белые сплавы, обрабатываемые так же, как золото, и после закрепления на поверхности предмета покрываемые прозрачным желтым лаком; 6) двусернистое олово SnS_2, имеющее вид золотисто-желтых пластинок; применяется гл. обр. в виде золотой краски для золочения дешевых предметов.

Свойства. Свойства сусального золота даже в том случае, когда материалом для него было настоящее золото, представляют некоторые особенности, которые должны быть учитываемы при применении его. Листовое золото при толщине 0,1 μ обладает в отраженном свете характерным металлическим блеском, но в проходящем свете просвечивает и имеет синевато-зеленый цвет. При нагревании листок сусального золота расширяется, но около 300° наступает остановка этого процесса, а при более высоких температурах происходит сжатие. Как показало исследование Дж. Ч. Чепмана и Г. Л. Портера, $t°$ остановки процесса расширения и перехода его в процесс сжатия не зависит от степени растяжения листка (нагрузки изменялись от 0,0066 до 0,0267 *г* на *см* ширины листка). Фарадей, а затем и Тернер наблюдали, что при 550° золотой листок становится серым, просвечивающим, но этого явления не происходит, если золото имеет прочную связь с какой-либо твердой поверхностью. Микроскопич. исследованием выяснена причина просвечивания—образование в золотом слое многочисленных щелевидных разрывов. Отсюда следует, что при применении З. с. $t°$ не д. б. поднимаема выше критич. (340°). Сокращение линейных размеров золотого листка при нагревании Чепман и Портер объясняют наступающим при 340° перевесом поверхностного натяжения, всегда стремящимся стянуть листок, над его жесткостью; хотя обе противодействующие силы убывают с повышением $t°$, но убывание жесткости происходит быстрее. Шотти и Таман связывают стягивание золотого листка с перекристаллизацией, ведущей к разрастанию бо́льших кристаллитов за счет меньших. Уже при 100°, как установил Креднер, наблюдается изменение электропроводности в золотых проволочках, указывающее на изменение структуры их, а разрастание кристаллитов при 400° доказано микроскопически. Г. Фрейдлих отмечает также скругляющую ребра и углы кристаллитов силу поверхностного натяжения.

Производство З. с. (т. н. золотобитие) основывается на хорошем развитии в кристаллитах золота плоскостей скольжения. Производя посредством ряда ударов сдвиг ламелей первоначальных кристаллитов по их плоскостям скольжения, можно распространить их на большую площадь, подобно тому как, сдвигая колоду карт, можно покрыть ими большое пространство. Золото (или соответственный сплав) отливают в виде палочки, затем ее прокатывают между небольшими валами в полосы в 2,5 *см* шириной. Эту полосу разрезают на куски длиной ок. 15 *см*, к-рые соединяют в пачки и прокатывают до толщины листа бумаги. Затем пластинки разрезают на куски в 6,5 $см^2$ и кладут каждый между квадратными листами пергамента («варгамента») со стороною 7,6 *см*. Такую форму (в 150 листов) связывают и отбивают на поверхности гранита гладким, слег-

ка выпуклым молотком весом в 2—6 *кг* до тех пор, пока золотые листы не распространятся на всю площадь пергамента; на это обычно требуется ок. 20 мин. Затем следуют отжиг листов и расковка их между квадратными листами пергамента со стороною ок. 10 *см*. После этого каждый листок разрезают на 4 части, к-рые кладут между двумя листами главной формы, состоящей из т. н. плёвки; в целой форме находится 600 золотых листков. Главная форма подвергается проковке, пока золотой листок не получит вид квадрата со стороною 7,6 *см*. Работа продолжается часов 5 сряду, но с перерывами через каждые 10—15 мин. для остывания стопки, обычно сильно нагревающейся. После проковки листков (когда они начинают показываться из плёвки) их разрезают на 4 части и вновь подвергают проковке. После этого производят разрезывание золотых листков на сухой замшевой подушке, натертой мелом; для разрезывания применяют тупой, очень гладкий и тонкий стальной нож. Разрезанные листки укладывают в тетрадки из тонкой бумаги, обыкновенно по 25 листков в тетрадке. Вышеуказанную золотобивную плёвку выделывают из оболочки слепой кишки рогатого скота; из одной кишки выходит только 2,5 плёвки. Кишку вымачивают и очищают, затем от нее отделяют внутреннюю пленку, которую склеивают вдвое вишневым клеем, просушивают в растянутом виде, отчищают затем мелом и резаком, намазывают составом из осетрового и вишневого клея с белым виноградным вином и затем отделывают белком. Наилучшими считаются англ. плёвки. По довоенным ценам стопка в 1 200 плёвок стоила 200 руб. При проковке плёвки приобретают хрупкость; с этим борются, смачивая их уксусом, но так, чтобы они не сделались сырыми. Золотобитие в последней стадии требует большой равномерности в распределении ударов, постепенного перехода к более легким молоткам и нек-рых специальных механических приемов. Однако, и при ловкости выход хороших золотых листков составляет только 50%, тогда как остальные приходится переплавлять или растирать в золотой порошок.

Наиболее тонкие однородные пленки золота (а также никеля) м. б. получены толщиной от 0,04 до 0,01 μ; при толщине 0,04 μ они могут иметь диаметр до 6 *см*, при толщине 0,02 μ—до 2 *см*. Как показывает микроскопич. исследование, эти пленки очень однородны и обладают совершенно гладкой стекловидной поверхностью без пор; исследования в поляризованном свете подтверждают отсутствие в них неоднородностей. Такие пленки в 0,01 μ содержат, по подсчету, не более 30 молекул на толщину пленки (Аутбридж получал в 1877 году пленки до 0,002 μ, но неоднородные). Пленки эти прозрачны для всех лучей видимого спектра, но менее прозрачны для лучей ультрафиолетовых; максимум поглощения лежит в зеленой части спектра (540 $\mu\mu$) и с возрастанием толщины смещается к красному концу его. Проницаемость золотых пленок характеризуется данными приводимой далее таблицы. Соответственно меняется и спектр отражения: красноватый на отражении пленки при

Проницаемость золотых пленок К. Мюллера в отношении лучистой энергии.

Толщина золотой пленки в μ	Проницаемость в % падающей энергии	
	видимая часть спектра	ультрафиолетовая часть спектра
0,04	15—30	6
0,02	20—60	14

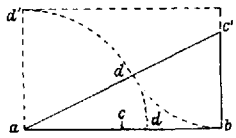
толщине 0,01 μ переходит в желтовато-зеленый при толщине 0,04 μ. Самые тонкие пленки очень хрупки и нежны, но при несколько большей толщине, вследствие своей однородности, способны выдерживать некоторое давление. *Получение тонких пленок* З. с. разработано К. Мюллером. Процесс состоит в электролитич. нанесении на медную пластинку слоя золота, прикрываемого затем тонким (10 μ) защитным слоем электролитически же наносимой меди. После утонения этой металлич. системы обычными приемами защитные медные пленки удаляют растворением, и золотая пленка освобождается. Подобным же приемом получают пленки из никеля, платины и железа. Соединяя в себе прозрачность, достаточную прочность и упругость с электропроводностью, такие пленки могут получить важные применения. Наконец, следует еще отметить однородные и не содержащие пор пленки, изготовляемые по способу Рунца (1928 г.) катодным осаждением металла на поверхность каменной соли, после чего соль растворяется; толщина таких пленок 0,006 μ.

Применение. З. с. применяется в переплетном деле (тисненые золотые надписи и орнаменты, золотые обрезы книг), в футлярном (тисненые надписи по ткани, коже, бумаге и картону), в пряничном («сусальные пряники») и для золочения различных предметов. Неметаллич. поверхности золотят либо масляною позолотою либо водяною. В первом случае поверхность, совершенно выравненную, кроют льняною олифою с отмученной охрой—для золота и со свинцовыми белилами—для серебра. На несколько подсохшую поверхность олифы накладывают З. с. Масляное золочение полировки не допускает. Для водяной позолоты предмет пропитывают жидким животным клеем, а затем поверхность его левкасят, т. е. покрывают 7—8 слоями жидкого животного клея с отмученным гипсом или мелом, при чем каждое покрытие должно вполне засохнуть, прежде чем будет нанесено следующее. Левкасный грунт шлифуют сухою пемзою и затем влажною кистью и, наконец, хвощом. После этого на грунт наносят т. н. полимент — смесь мелко истертого болюса, графита, клея и воска. На полимент накладывают З. с., которое после совершенного высыхания полимента отполировывают кровавиком или агатом (зубок). Готовые места кроют очень жидкой клеевой водой, иногда с прибавкой *драконовой крови* (см.), если желают придать позолоте красноватый оттенок. Водяное золочение гораздо труднее и сложнее, чем масляное, а самая позолота менее прочна. Золочение металлов, гл. обр.

стали, производят посредством легкого травления золотимых мест азотною к-тою; после этого предмет нагревают до воронения и на него накладывают и нажимают листок З. с. Этот процесс повторяют 3—4 раза. После этого позолоченные места полируют стальным полировальником. Для лучшего укрепления золота золотимые места процарапывают острым инструментом, но тогда, для того чтобы скрыть царапины, требуется большее число слоев золота.

Лит.: Chapman G. C. a. Porter H. L., «Proc. Royal Soc. of London», 1909, A, v. 83, p. 65; Faraday M., Exper. Researches, v. 4, p. 391, 1859; Müller C., Neuartige Metallfolien u. Metallmembranen v. glasklarer Durchsichtigkeit, «Helios», Lpz., 1925, p. 449; Müller K., «Sitzungsberichte d. Preussischen Akad. d. Wiss.», Berlin, 1925, B. 25, p. 464; «GC», 1926, t. 88, *16*, p. 312; «Metallurgist» (Supplement to «The Engineer»), L., 1926, vol. 2, January; Patterson du-Bois, «Proc. Amer. Philosophical Soc.», Philadelphia, 1895, v. 34, p. 67; «La Nature», P., 1928, t. 56, *2792*. **П. Флоренский.**

ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ в полиграфии, такое соотношение сторон книжной полосы (и других видов прямоугольных наборных комбинаций), при к-ром осуществляется т. н. золотое деление (в математике), т. е. разделение данного отрезка на две неравные части, при чем больший отрезок есть среднее пропорциональное между всем отрезком и меньшей его частью (деление в крайнем и среднем отношении), а именно (см. фиг.): $bd:ad=ad:(ad+db)$. Если $bd=1$, то $ad=1{,}61$.



Графически построение З. с. (для целей набора) выполняется так: от точки b данного отрезка ab откладываем под прямым углом отрезок bc', равный bc, т. е. половине данного отрезка ab. Соединив точку c' с точкой a, получим гипотенузу прямоугольного тр-ка, на которой отложим от точки c' отрезок $c'd$, равный bc'; в остатке получим искомую величину ad. Этот больший отрезок будет искомой шириной формата страницы, если длина ее равняется ab, как показано пунктиром на чертеже. Золотое сечение имеет еще ту особенность, что при откладывании меньшей части разделенной линии на ее большей части, эта последняя делится опять в крайнем и среднем отношении. Вместо дробных цифр, получаемых из расчета соотношений З. с., на практике можно пользоваться упрощенным отношением (так как глаз не улавливает незначительных разниц), а именно следующими двумя рядами чисел:

1 : 2 : 3 : 5 : 8 : 13 : 21...

1 : 3 : 4 : 7 : 11 : 18 : 29...

В этих двух рядах каждые два соседних числа дают гармоничные размеры, к-рые м. б. легко взяты в различных типографских измерениях—в петитах, цицеро, квадратах и т. п. (см. *Наборное дело*) и применены в различных случаях набора—при верстке, при размещении групп текста и пробелов и т. п. Широкого применения на практике, однако, З. с. не имеет, так как обычно развитой вкус бессознательно находит наиболее благоприятные соотношения различных форматов; не нашло себе З. с. также достаточного применения в живописи и в архитектуре. По мере осуществления опубликованных в марте 1929 г. обязательных стандартов форматов печатной продукции, разработанных в соотношениях, несколько отличных от З. с., последнее еще больше утратит свое значение в полиграфии.

Лит.: Бауер Ф., Азбука для наборщиков, пер. с нем., Л., 1925; Арбузов С., Наборное дело. Краткое руководство для наборщиков и типогр. ученичества, М., 1927; Щелкунов М., История, техника, искусство книгопечатания, М.—Л., 1926; Engel-Hardt R., Der Goldenschnitt im Buchgewerbe, Lpz., 1919. **С. Михайлов.**

ЗОЛОТОПРОМЫШЛЕННОСТЬ играет чрезвычайно важную роль в мировом хозяйстве вследствие того, что золото не только имеет технич. применение (в часовом, ювелирном, зубоврачебном деле и т. п.), но и является основой денежного обращения и международных расчетов. Весьма важно и колониальное значение З.: всякое открытие золота в отдаленных и нередко совершенно пустынных областях, вызывая значительный прилив населения, содействует колонизации этих областей.

Мировая З. характеризуется приводимыми ниже табл. 1, 2 и 3, составленными по отчетам монетного двора в Вашингтоне.

Табл. 1.—Мировая добыча золота.

Годы	Добыча в тыс. *кг*	Изменение по годам в % к 1913 г.
1913	708,8	100,0
1918	598,5	84,4
1923	552,1	77,9
1924	591,9	83,5
1925	596,0	84,0
1926	601,8	84,9
1927	603,4	85,1

Сокращение мировой добычи золота почти на $^1/_6$ сравнительно с 1913 г. было вызвано падением покупательной силы золота в результате войны 1914—18 гг., истощением золотых месторождений, недостатком рабочих, вздорожанием применяемых в З. материалов и другими причинами.

Табл. 2.—Распределение добычи золота по важнейшим странам (в тыс. *кг*).

Страны	1913 г.	1925 г.	1926 г.	1927 г.	Добыча 1927 г. в % к 1913 г.
Южно-Африк. Союз (Трансвааль)	273,7	298,5	309,9	314,5	114,9
С. Ш. А.	133,7	75,0	69,6	65,9	49,3
Канада	25,0	54,0	54,6	57,4	229,6
СССР (Россия)	60,9	10,9	30,9	33,0	54,2
Мексика	25,8	24,5	24,0	22,6	87,6
Австралия (с Новой Зеландией)	68,7	17,4	20,3	20,0	29,1
Итого	587,8	480,3	599,3	513,4	87,3
В % к мировой добыче	82,9	80,6	84,6	85,1	—

Т. о., в этих 6 странах З. давала свыше $^4/_5$ всей мировой добычи золота и имела решающее значение для снабжения золотом мирового рынка. Изменение удельного веса каждой из этих стран в мировой золотопромышленности показано в табл. 3.

Первое место в мировой З. принадлежит Южно-Африканскому Союзу. От-

Табл. 3.—Удельный вес важнейших стран в мировой золотопромышленности (в %).

Страны	1913 г.	1927 г.
Южно-Африк. Союз (Трансвааль)	38,6	52,1
С. Ш. А.	18,9	10,9
Канада	3,5	9,5
СССР (Россия)	8,6	5,5
Мексика	3,6	3,8
Австралия (с Новой Зеландией)	9,7	3,3

личительн. особенности трансваальской З.: крупнокапиталистический характер предприятий (громадный масштаб работ, высокая механизация техники добычи и обработки руды) и высокая доходность. Последняя обусловлена гл. обр. усиленной эксплоатацией туземных рабочих-кафров, составляющих подавляющую массу рабочих трансваальских рудников (180 тыс. кафров из 200 тыс. общего числа рабочих). Работая на громадной глубине (свыше 2 *км*) при $t°$ свыше 38°, кафры получают от $1^1/_2$ до 2 шилл. в смену за свою разрушительно действующую на здоровье работу (тонкая мелкая пыль, получающаяся при механич. бурении, вызывает туберкулезные заболевания). Целый ряд данных говорит о том, что З. этого района достигла своего предела и что в дальнейшем она будет сокращаться. По подсчетам главного государственного горного инженера Южно-Африк. Союза Р. П. Котце, продукция этого района уменьшится к 1931 г. на 23%, а к 1936 г.—на 48% (против 1924 г.). Проф. Г. Кассель считает, что срок эксплоатации трансваальских месторождений не превысит 15 лет.

Второе место в мировой З. занимают С. Ш. А., давшие в 1913 г. ок. $^1/_5$, а в 1927 г. несколько более $^1/_{10}$ мировой продукции золота. Такое снижение удельного веса З. этой страны вызвано сокращением добычи золота более чем в 2 раза. Катастрофич. падение З., вызывающее в С. Ш. А. большую тревогу и объясняемое истощением недр и расхождением товарного индекса с ценами на золото, должно оказать большое влияние на снабжение мирового хозяйства золотом. Резко—более чем в 3 раза—снизила свою добычу и Австралия, вследствие чего ее доля в мировой З. упала с 9,7% в 1913 г. до 3,3% в 1927 г. Такое снижение добычи золота в Австралии рассматривается как тяжелый удар ее народному хозяйству. Канада, имеющая большие возможности в смысле развития З., наоборот, значительно усилила свою добычу, в связи с чем и удельный вес ее в мировой З. сильно вырос—с 3,5% в 1913 г. до 9,5% в 1927 г.

В общем из 6 стран, определяющих положение мировой З., С. Ш. А., Мексика и Австралия сокращают добычу, Южно-Африк. Союз стоит перед перспективой истощения своих рудников, и только Канада и СССР имеют шансы на развитие своей З. Из общего количества добытого золота на рассыпное приходится ок. 10%. Добыча золота в 1928 г. (по предварительным данным) составляла 616,3 тыс. *кг*, в частности в Южно-Африк. Союзе 322,8 тыс., в Канаде 57,2 тыс., в Австралии 19,8 тыс. и в Мексике 18,3 тыс. *кг*.

Золото имеет в мировом хозяйстве двоякое назначение: меньшая часть его (ок. 40%) получает промышленное применение, а бо́льшая часть (60%) идет на нужды денежного обращения в форме монет и слитков. Переход всех важнейших стран к золотой валюте или к денежным системам, отводящим золоту господствующую роль, увеличило количество золота, обслуживающего нужды денежной и кредитной систем. В связи с этим значительно возрастают золотые запасы, сосредоточивающиеся в банках и представляющие собою запасный фонд для международных платежей, для внутреннего металлическ. обращения (периодически расширяющегося и сокращающегося), для размена банковых билетов и т. д. Мировые запасы золота в монете и слитках в центральных банках и государственных казначействах показаны в табл. 4.

Табл. 4.—Мировые запасы золота в монете и слитках.

Годы	Запасы в млн. долл.	В % к 1913 г.
1913	4 771,1	100,0
1918	6 756,7	141,6
1923	8 570,0	179,6
1927	9 203,0	192,9

Т. о., за 14 лет запасы золота почти удвоились. По важнейшим странам запасы золота в монете и слитках распределялись на конец года, как показано в табл. 5.

Табл. 5.—Запасы золота в монете и слитках по важнейшим странам (в млн. долл.).

Страны	1913 г.	1927 г.	Увеличение в %
С. Ш. А.	1 290,4	3 977,2	+208,2
Англия	170,2	741,7	+335,8
Франция	678,9	710,4	+ 4,7
Япония	65,0	541,7	+733,4
Испания	92,5	502,5	+443,2
Аргентина	225,0	460,8	+104,8
Германия	278,7	444,2	+ 59,4
Итого	2 800,7	7 378,5	+163,4
В % к мировым запасам	58,7	80,2	—

Сосредоточение крупных золотых запасов в отдельных странах усиливает их экономич. и политич. значение и приводит к диктатуре в мировом хозяйстве таких стран, как С. Ш. А., Англия, Франция. Удельный вес отдельных стран в мировых золотых запасах виден из табл. 6.

Табл. 6.—Удельный вес важнейших стран в мировых запасах золота (в %).

Страны	1913 г.	1927 г.
С. Ш. А.	27,1	43,2
Англия	3,6	8,1
Франция	14,2	7,7
Япония	1,4	5,9
Испания	1,9	5,5
Аргентина	4,7	5,0
Германия	5,8	4,8

Т. о., на перечисленные 7 стран приходилось в 1913 г. около $^3/_5$, а в 1927 г. уже свыше $^4/_5$ всех мировых золотых запасов. Особенно выросло значение С. Ш. А., которые утроили за это время свои запасы благодаря богатой жатве, снятой ими как в течение войны 1914—18 гг. в качестве поставщика снаряжения для воюющих стран, так и в годы послевоенной разрухи в качестве кредитора тех же стран в период восстановления ими своего разрушенного войной хозяйства.

В то время как по целому ряду отраслей нашего хозяйства уже достигнут довоенный уровень, добыча золота в СССР, как видно из табл. 2, составляет лишь 54,2% довоенной, хотя по обширности и богатству золотых месторождений СССР превосходит ряд стран. Война 1914—18 гг., а затем гражданская война на Урале и в Сибири, длительная оторванность Дальнего Востока от Советской республики и ряд других причин привели к тому, что к 1920/21 г. наша З. пришла в полный упадок, и только с 1921/22 г. началось постепенное ее восстановление. Развитие З. тормозится, прежде всего, отдаленностью главнейших районов З. от наших центров и отсутствием удобных путей сообщения, что крайне удорожает доставку машин, материалов и продовольствия. Так, Витимо-Олекминский район отстоит от ж. д. больше чем на 1 000 *км*. Значительно препятствуют развитию З. также отсутствие разведанных площадей, недостаток усовершенствованных машин, опытных техников и квалифицированных рабочих. Все это затрудняет правильную научно-технич. организацию З. и удорожает добычу золота.

Экстенсивный характер нашей З. выражается в преобладании ручной добычи золота над механической и в значительном развитии кустарного золотого промысла при посредстве так наз. старателей. Последние являются кустарями-золотоискателями, занимающимися (в одиночку или артелями) ручной промывкой золота. Добыча золота старателями приводит к потере при промывке золотоносного песка значительного % золота. Значение механической и ручной добычи в нашей З. видно из следующих данных, показывающих распределение добытого в 1926/27 г. золота по способам добычи в %:

Рудное	6,7
Химических з-дов	1,9
Металлургических з-дов	8,4
Дражное	5,7
Гидравлическое	0,6
Мускульное	76,7

Старательская и «вольно-приносительская» добыча в СССР в 1926/27 году составляла 51,7% всего добытого золота, а добыча хозяйственным способом самими золотопромышленными предприятиями—40,3%. Старательская добыча играет и несомненно долго еще будет играть важную роль в нашей З. в виду того, что обобществленная государственная З. охватывает только крупные золотопромышленные предприятия.

Значение отдельных золотопромышленных районов СССР в % (по данным 1926/27 г.):

Урал	11,6
Сибирь и Казакстан (без Ленск. района)	10,4
Ленский район	40,9
Алдан	20,0
Дальне-Восточный край и новые районы	17,1

Т. о., Ленский район и Алдан дают около $^2/_3$ всей добычи. По геологич. признакам добываемое золото делится так: 17,0% падает на рудное и 83%—на россыпное.

Выше отмечалось уже значение З. для нашего денежного обращения и международных расчетов. Хотя сосредоточение в руках советской власти основных отраслей хозяйства и возможность в связи с этим централизовать денежные расчеты уменьшает потребность в золоте для денежного обращения сравнительно с капиталистическ. странами и довоенной Россией, когда золото циркулировало в обороте, тем не менее рост наших золотых запасов необходим гл. образом для внешних расчетов. Отсюда вытекает ряд мер советской власти по подъему нашей З. в виде усиления разведок золота в важнейших наших золотопромышленных районах, по содействию старательской добыче путем повышения оплаты старателей за сдаваемое золото (с целью борьбы с утайкой золота), по кредитованию и премированию старателей, по принятию на себя государством расходов на разведывательные и подготовительные работы, по охране труда старателей и обеспечению их школами, медицинской помощью и т. п. Ряд льгот (освобождение от налогов и платежей за недра, долгосрочное кредитование) оказывается и мелким золотопромышленным капиталистич. предприятиям (с добычей до 250 *кг* в год).

Перспективы мировой З. Рост мирового торгово-промышленного оборота, восстановление золотой валюты в ряде стран и предстоящее введение золотой валюты в странах Азии должны значительно увеличить нужду в золоте. По расчетам проф. Китчина, для того чтобы не нарушался ход хозяйственного развития, необходимо ежегодное увеличение мирового запаса золотых денег на 2,7 %. В течение десятилетия 1926—1935 гг. среднее годовое накопление запаса золотой монеты должно, по вычислениям Китчина, составить 64 млн. фунт. ст.; намечающаяся же добыча золота за эти 10 лет на 55% меньше необходимой. Объясняется это истощением месторождений в целом ряде стран. В связи с этим СССР с его богатыми золотоносными площадями должен сыграть важную роль в снабжении мирового рынка золотом.

Упадок З. в ряде капиталистич. стран вызывает там большую тревогу. Объясняется это тем, что золотая валюта представляет собою преимущественную валюту капиталист. стран. Возвещенное нек-рыми экономистами развенчание золота, как измерителя ценностей, не имеет под собой почвы: капиталистич. система может, как максимум, исключить золото из внутреннего обращения, но не в силах сократить его значение, как мировых денег. Эту последнюю задачу может решить только полностью осуществленная социалистич. система хозяйства, где роль золота будет сведена к нулю. «Когда мы победим в мировом масштабе, мы, думается мне, сделаем из золота общественные отхожие места на улицах нескольких самых больших городов мира. Это было бы самым «справедливым» и наглядно назидательным употреблением золота для тех поколений, к-рые не

забыли, как из-за золота перебили 10 млн. человек и сделали калеками 30 млн. в «великой освободительной» войне 1914—18 гг.» (Ленин, Собр. соч., т. XVIII, ч. 1, изд. 1923 г.).

О способах добычи золотосодержащих пород и извлечении из них золота, а также о запасах его см. *Гидравлические разработки*, *Дражное дело*, *Золотые руды*, *Золото*, металлургия.

Лит.: Уваров В. Ф., Экономич. политика советской власти, М., 1929; Ден В. Э., Курс экономич. географии, 3 изд., М.—Л., 1929; ст. Золото, «Финансовая энциклопедия», 2 изд., ГИЗ, М., 1927; Мальцман Б. С. и Ратнер Б. Е., Законы о частном капитале (Сборник законов, инструкций, приказов и разъяснений), М., 1929; Ленин Н., Собрание сочинений, т. 18, ч. 1—Пролетариат у власти, М., 1924; «ГЖ»; Annual Report of the Director of Mint, «Washington Bulletin», Wsh., 1928; «Engin. a. Min. Journal Press», N. Y. **Н. Деревенко.**

ЗОЛОТЫЕ РУДЫ, горные породы, минералы (гл. обр. кварц) и продукты разрушения их (пески), содержащие самородное золото или химич. соединения его в количествах, обусловливающих экономич. выгодность добычи его. Месторождения самородного золота разделяются на две группы: коренные, в к-рых самородное золото находится в жилах кварца и сернистых металлов или (гл. обр. кварцевые золотосодержащие жилы) разделяются на два типа: древние месторождения, залегающие в форме простых жил преимущественно в древних системах и подчиненные древним изверженным породам, и новые, подчиненные гл. обр. породам третичного возраста (не древнее мезозойских), залегающие в форме сложных жил. Древние жилы, являющиеся золотоносными, отличаются своим значительным протяжением; в них часто отсутствует верхняя окисленная зона; нередко они идут на большие глубины. Новые жилы отличаются от древних большею мощностью, однако, уменьшающейся с глубиной. Верхняя окисленная зона в них сильно выражена и содержит большое количество благородных металлов. Однако, содержание Au в них быстро падает с глубиной, и жилы переходят в медные, свинцово-цинковые и др. Новейшие жилы по преимуществу содержат теллуристое золото.

Кроме самородного золота, З. р. являются нек-рые химич. соединения золота, а также естественные соединения, подобные сплавам. В табл. 1 приведены состав и физ. свойства З. р. Сплав золота с серебром ($^1/_5$ Ag), с содержанием Au от 57 до 70%, называется

Табл. 1.—Состав и физические свойства золотых руд.

Название	Кристаллич. система	Состав	% Au	Твердость	Уд. в.
Разновидности золота (самородного, свободного):					
Обыкновенное	Правильная	AuAg	84—99.8	2,5—3	15,6—19,4
Электрум	»	AuAg	64—84	2,5—3	12,5—19,3
Порпецит (палладиевое золото)	»	AuPdAg	Au 84, Pd 10	2,5—3	15,73
Родит	»	AuRh	Au 57—66, Rh 43—34	2,5—3	15.5—16.8
Висмутаурит	»	AuBi	65,5	2,5—3	12,44—12,9
Мальдонит (висмутовое золото)	Гексагон. ромбоэдр	Au_2Bi	64.5	1—2	8.2—9,7
Золотая амальгама	Правильная	Au_2Hg_3	39	—	15,47
Сильванит } светлые	Моноклинич.	AuAgTe$_4$	24,9—29,4	1—2	7,9—8,3
Креннерит } теллур. руды	Ромбич.	(Au, Ag)Te$_2$	34,8—43,9	2—3	8,4
Калаверит }	Трикл. асимметр.	AuTe$_2$	39,5	2—3	9,0
Нагиагит } темные	Ромбич.	$Au_2Pb_{14}Sb_2Te_7S_{17}$	8,1 (5.9—12,0)	1—1.5—2	6,8—7,2
Нетцит } теллур. руды	»	$(Au, Ag)_2Te$	18,1—26	2,5—3	8.7—9.4
Золотосодержащие руды:					
Гессит	Кубич.	Ag_2Te	0,1	2—3	8,3—9,0
Алтаит	»	PbTe	0—0,26	3—3,1	8,1—8,
Колорадоит	»	HgTe	3,5—7,7	3	8,6
Пирит	»	FeS_2	От 0,0001 до 1,0	6—6,1	4,9—5,2
Миспикель, арсенопирит (мышьяков. колчедан)	Ромбич.	FeAsS	0—0,006	5—6	5,9—6,2
Халькопирит	Тетрагональн.	$CuTeS_2$	Следы	3—4	4,1—4.3
Леллингит	Ромбич.	$FeAs_2$	»	5—5,1	7—7,4
Селеновое золото	Форма неизвестна	—	—	—	—

в форме рассеянных включений непосредственно в горных породах, и россыпные, где оно встречается среди обломочного материала—рыхлого или цементированного.

Самородное золото встречается в различных формах; в коренных месторождениях оно встречается в виде образованных кристаллов или же в форме чешуек, пластинок и волокон; в россыпях оно появляется в форме чешуек, листочков, зерен, кусочков и кусков б. или м. значительных размеров (самородков), а также и в ясно кристаллич. форме.

Коренные и россыпные месторождения отличаются друг от друга также и геологич. происхождением. Коренные месторождения электрум; эта форма золота встречается исключительно в жильных месторождениях (андезитов третичного возраста—зап. часть С. Ш. А., Центр. Америка, Новая Зеландия, Венгрия). В России электрум был найден в верхних горизонтах Зыряновского месторождения. Часто встречаются сплавы золота с медью. Наиболее редким сплавом является сплав золота с висмутом—мальдонит (Maldon, в Виктории—жила Muggetty Reef, черное золото). У нас этот сплав встречается в виде темного золота на Урале в Шиловоисетском руднике. Родиевое золото—родит—находили в Колумбии и Мексике, палладиевое золото—порпецит—

в Бразилии в Минас Гераеш (Minas Geraes). В россыпях Маripозы (Калифорния) и в Колумбии находили естественную амальгаму (соединение золота с ртутью). Из химич. соединений золота наибольшее значение имеют соединения его с теллуром; из них к а л а в е р и т $AuTe_2$ (Кальгурли в зап. Австралии и Кripль-Крик в Колорадо), с и л ь в а н и т (письменная руда) $AuAgTe_4$ (Трансильвания) и к р е н н е р и т (Au, Ag)Te_2 являются светлыми теллуристыми рудами. Среди темных теллуристых руд различают: п е т ц и т $(Au, Ag)_2Te$ и н а г и а г и т (листоватая руда), содержащий 9 % Au, 0,5 % Ag, до 60 % Pb, отчасти Sb и Cu. Сюда же примыкают г е с с и т (теллуристое серебро) и к а о л ь г а р д и т (сочетание Au, Ag и Hg с Te). Соединение золота с селеном — редкое явление. Оно встречается в сыром золоте (bullion) до очистки его из руды (Waihi mine—Новая Зеландия, на Суматре, в Неваде—Тонопах). Соединения золота с серой, хлором и коллоидное золото, возможно, играют известную роль в процессе перемещения золота в природе. Наиболее обычной золотой рудой является золотосодержащий серный колчедан не только в жильных месторождениях, но и в рассеянных вкраплениях в массе различных горных пород. Из месторождений золота в сочетании с мышьяковым колчеданом можно назвать, напр., месторождения Берикульские, Кочкарскую систему, отчасти Калифорнию (Мизор). Реже встречаются сочетания с сурьмяным блеском (Арамашевское месторождение на Урале, Мурчисоновы горы в Трансваале, Красная гора и Милешов—в Чехо-Словакии, Магурка в Венгрии, Гондурас-Санта-Круц в Америке и др.); в сочетании с бором—на Урале (Березовск. з-ды), в Чили, в Минас Гераеш. Постоянной вмещающей породой для золота является кварц, в редких случаях сопровождаемый кальцитом (в жилах Кузнецкого Алатау). В некоторых месторождениях Чили сопровождающим золото минералом является тяжелый шпат, а в знаменитых жилах Кripль-Крик (Колорадо) вмещающей массой является плавиковый шпат. Самые мощные в мире залежи самородного золота в южной Африке приурочены к кварцевым конгломератам.

Месторождения золота в СССР относятся исключительно к типу древних жил; только в Приамурском горном округе известно месторождение, связанное с новейшими вулканич. породами. На Алтае золото нередко находится в виде заметной примеси в серебро-свинцовых рудах, а на Урале оно встречается в медно-колчеданных рудах. Месторождения золота в СССР находятся в следующих районах: на Урале, в Ленском районе, Енисейском районе (Красноярский окр. Сибирского края), Дальне-Восточном крае, Алтайско-Мариинском районе (Бийский округ Сибирского края и Ойратская автон. обл.), Казакской АССР, Ангаро-Байкальском районе (Иркутский округ Сибирского края), Якутской АССР, в Узбекистане, Туркменистане и европейской части СССР.

Урал. Старейшим золотоносным районом нашего Союза является Урал, где золото было открыто впервые в 1742 г. на Березовских промыслах близ Екатеринбурга (теперь Свердловск). Значительно позже (в 1771 г.) на р. Чусовой было открыто россыпное месторождение. Распространение россыпей начинается с С. Урала, в бассейне р. С. Сосьвы, и кончается Ю. Уралом, вплоть до Мугоджарских гор. Россыпи залегают неглубоко и по содержанию и размерам уступают сибирским; в значительной степени россыпи эти уже выработаны.

По имеющимся сведениям (А. К. М а й с т е р. Обзор минеральных ресурсов СССР, изд. Геологического комитета), запасы россыпного золота распределяются следующим образом (в *кг*):

В Миасском районе разведан запас со средним содержанием 0,14 *г* на 1 *m* .	5 600
По р. Тагилу и его притокам, на протяжении 176 *км* по долине Тагила, запас исчисляется в	22 570
По долине р. Нейвы запас со средним содержанием от 0.05 до 0,11 *г* на 1 *m* .	49 140
На Серебрянских приисках запас со средним содержанием 0,127 *г* в 1 *m*	2 410
На Шигирском озере запас со средним содержанием 0,1 *г* на 1 *m*	2 410
В Лангуро-Екатерининском районе запасы оцениваются по долинам рек Канацы, Шельгутана и др. в	16 500
Всего	98 630

Этим итогом, конечно, запасы россыпей золота далеко не исчерпываются. Кроме того, можно указать на золотосодержащие конгломераты (третичного возраста) в б. Богословском округе (содержат золота 4,7—9,3—11,7 *г* и выше на 1 *m*). Также в низовьях реки Ори находится золото в третичных песках.

Коренные золоторудные месторождения встречаются во многих местах Урала.

Ленский район. По количеству добываемого в СССР золота первым является Ленский район, где золото было впервые найдено в 1846 г. В 60-х гг. были открыты богатые Бодайбинские россыпи. В 1910 г. одни Бодайбинские разработки дали свыше 56% всего добытого в районе золота. Следующие по значению золотые россыпи расположены по системе рр. Ныгри, Вачи (30% добычи в районе). Остальное количество добытого в Ленском районе золота распределяется между месторождениями бассейнов рр. Б. Патома, Тахтыги, Энгажимо. К Ленскому району относят также золотоносные площади по левым притокам р. Витима и др. Рекордная годовая добыча для этого района в 1915 г. достигла 17 263 *кг* золота. В общем по 1923 г. Ленский район дал ок. 600 788 *кг* золота—21,86% всей добычи СССР. Россыпи Ленского района еще далеко не истощены; кроме того, не вся тайга еще разведана. Коренных месторождений с промышленным содержанием золота не найдено.

Дальне-Восточный край. Следующее место после Ленского района по добыче золота занимает Дальне-Восточный край. Запасы рудного и россыпного золота по этому краю определены в 73 780 *кг*. Возможные же запасы определяют в среднем в 4 095 000 *кг* золота. Сюда входят районы: Забайкальский (Бурято-Монгольская автономная ССР и часть Дальне-Восточного края), Амурский, Приморье и Камчатский (Дальне-Восточный край). Главное значение имеют Забайкальский и Амурский районы; значение же остальных районов невелико.

В Забайкальском районе золотопромышленность развита главн. образом в Баргузинском аймаке (Бурято-Монгольская АССР) и Нерчинском районе Сретенского округа (Дальне-Вост. край). Главная масса золота добыта из россыпных месторождений, а на долю рудного приходится всего 1,35%. Бывший Восточно-Забайкальский округ обнимал бассейны рр. Ингоды, Онона, Шилки и левых притоков р. Аргуни. Эти б. или м. богатые россыпи уже выработаны, остались лишь мало исследованные площади и более бедные. Запасы россыпного золота, по данным на 1917 г., в этом районе достигали 15 750 *кг*; запасы находящегося в отвалах золота исчисляются в 3 270 *кг*. Королонская россыпь отложилась вдоль контакта метаморфич. сланцев с гранитовыми породами. Золото крупное, фигуристое. В 1914 г. добыча упала до 45,5 *кг*, а в 1916 г.—до 14 *кг*.

Коренные месторождения принадлежат к типу древних жил и относятся к пиритовой, мышьяковой, колчедано-серебро-свинцовой и колчедано-турмалиновой формации.

Россыпи Амурского района расположены по системам левых притоков р. Амура—Зеи, Селенджи и Буреи. По 1923 г. этот район дал 281 679 *кг* золота, т. е. 10,25% всей добычи СССР.

Рудные месторождения стали известными в последнее время. Были разведаны золотосодержащие кварцевые жилы в Жедринском месторождении на р. Харгу с содержанием золота в кварце от 31 до 98 *г* и даже до 200 *г* на 1 *т*; запас в двух жилах определен более 330 *кг* золота. В Ниманском районе известны три жилы: Дмитриевская, Мавриковская и по р. Конак. По р. Худгер, в Зейском районе, в 1917 г. открыто золоторудное месторождение «Золотая гора», где жилы имеют четковидное строение; руда—кварц с пиритом и мышьяковым колчеданом. Россыпи значительно выработаны; все же запасы золота в районе большие.

Приморский район (Николаевский округ Дальне-Вост. края). До войны 1914—18 гг. наибольшее значение имели Амгунский и Кербинский районы в системе р. Амгунь. В последнее время на первом месте стали районы озер Удыль, Орель и Чля (Нижнеамурский район). Всего по 1923 г. золота было получено 51 660 *кг*—1,88% добычи СССР. В Кербинском районе были разведаны кварцевые жилы. В россыпях Удыльских и Лимурийских местами содержание золота доходило до 91 *г* на 1 *т*. Золотоносность месторождения «Белая гора» (Охотский район) связана с новейшими изверженными породами: липаритами. Почву россыпей образуют базальты и липариты, превращен. в глину, местами с включениями FeS_2.

В южн. части Приморского района золотопромышленность сосредоточена на острове Аскольд. На коренном месторождении на руднике Аскольд всего добыто с 1898 по 1923 г. 800 *кг* золота. Месторождение представляет свиту кварцевых жил трех формаций: кварцево-пиритовой, кварцево-пиритово-свинцовой и кварцево-пиритово-медистой. Жилы, особенно медистой формации, очень богаты; в отдельн. пробах содержание золота доходило до 520 *г* и даже до 1 100 *г* на 1 *т*. Весь запас о-ва Аскольд выражается 4 970 *кг* золота; в других пунктах о-ва также известны золотосодержащие кварцевые жилы. Всего по этому району известен запас: рудного золота—3 370 *кг* и россыпного—5 610 *кг*.

Камчатский район (Камчатский округ Дальне-Вост. края). Золотоносный район Охотска ограничен на западе рр. Кухтуем и Гусинкой, на востоке—р. Мареканом, на юге—морем. По 1919 г. было добыто 1 376 *кг* золота; запас его определяют количеством не менее 10 400 *кг*. Край мало изучен. Признаки золота обнаружены по рр. Немуй, Муте, Лантару, Алдоме и Уй. На Сахалине известны признаки золота у с. Мало-Тымова; содержание золота определяется в 0,27 *г* на 1 *т*, а по р. Веселой в отдельных шурфах доходило до 6,5 *г*. Хорошие признаки присутствия золота встречены по верхнему течению р. Лангери и по р. Мойге. На Камчатке золото встречалось в верховьях пек-рых рек западного берега. На Чукотском полуо-ве в 1907—09 гг. американцами разведывался и разрабатывался приск по рекам Надо и Ветлесон (Дисковери); содержание золота 10—15 *г* на 1 *т*; попадались самородки весом до 136,5 *г*. Главная часть россыпи Надо выработана. По аналогии с побережьем Аляски (Номе) здесь можно ожидать открытия увальных, террасовых, прибрежных морских россыпей. В районе реки Белой и Красного озера золотоносность связывают с развитием липаритов.

Енисейский район (Красноярский и Ачинский окр. Сибирского края). Один из старейших золотоносных районов Сибири. Впервые золото в Ачинском уезде было обнаружено в 1832 г. Всего в Енисейском районе по 1923 г. получено 558 080 *кг* золота (20,31% всей добычи СССР). Россыпи лежат в системе правых притоков Ангары, левых притоков рр. Подкаменной Тунгуски и Б. Пита, к-рый делит район на южн. и сев. системы. В южн. системе выделяется богатством группа россыпей верховьев рр. Удерея и Б. Мурожной (38% всего добытого в системе золота); в сев. системе—россыпи по рр. Калами, Севагликона, Актолика, Вангаша и др. (Гурахтинская группа, давшая 70% золота, добытого в системе). В пределах района встречаются красноцветные конгломераты силурийского возраста, но содержание в них золота небольшое; промышленного значения они пока не имеют. В южной части Енисейского района золото добывалось из месторождений по рр. Сисиму, Амылу, по правым притокам Енисея ниже Красноярска, в районе р. Чибижека, по Абакану, в Усинском крае и т. д. Большого значения эти россыпи не имели.

Большее значение имеют следующие рудные месторождения: Герасимо-Федоровское, «Урал», «Коммунар», Саралинское, «Чибижек 5» и «Советское».

Из второстепенных месторождений известны кварцевые жилы на Собакинском и Лосовом участках и месторождения в бассейне р. Уйбата системы Абакана, где кварцевые жилы залегают в граните. Содержание золота на рудниках Думном, Тибикском и др. непостоянно. В Усинском крае на руднике «Богодарованный» получено ок. 94 *кг* золота.

Алтайско-Мариинский район (Бийский окр. Сибирского края и Ойратская Авт. обл.). Здесь россыпи расположены по рекам системы р. Томи (рр. Кондома, Балык-су, Мрасса, Лебедь, Бия и др.) и по системам рр. Кии и Яи. Всего по 1923 г. в районе было получено 220170 *кг* золота. В Мариинском районе стало развиваться золоторудное дело. Извлекалось золото и из полиметаллич. руд Алтая—на рудниках Змеиногорском, Риддерском и Зыряновском. В Егорьевском районе (бассейн рр. Ика и Суенги) золото добывалось на с.-в. склоне хребта и в окрестностях бывшего Томского завода. Район выработан, но для дражной работы имеется достаточное количество площадей. В районе Телецкого озера золото добывалось с 1890 г.; до 1904 г. всего добыто 240 *кг*. По нек-рым сведениям имеется запас в 2 930 *кг* золота по рр. Б. и М. Колган, Арчи, Талаголь и др. Главным золотодобывающим районом является система Кузнецкого Алатау. Здесь по 1917 г. добыто 142 920 *кг*, в том числе рудного золота 14 430 *кг*. Наиболее производительные районы—рр. Мрасса, Кондома, Балык-су, Лебедь и др.; по 1922 г. золота добыто 72 000 *кг*; теперь россыпи значительно выработаны. По рр. Когура и Шалым (район р. Кондомы) невыработанные площади имеют запас в 5 700 *кг*, в районе реки Лебедь — запас в 3 900 *кг*; здесь везде известны выходы кварцевых жил, но жил с промышленным содержанием золота еще не найдено. Бассейн р. Кии имеет наибольшее значение; здесь по 1922 г. получено 49 440 *кг* золота; россыпное дело здесь упало, но стало развиваться золоторудное.

Из полиметаллич. месторождений золото добывалось из серебро-свинцовых руд Алтайских месторождений—всего золота получено 1 463 *кг*. В Змеиногорском месторождении разрабатывались роговики, богатые золотом. В полиметаллич. рудах Алтая вероятный запас золота—49 000 *кг*.

Казакская АССР. Здесь два района золотопромышленности: на С.—в Кокчетавском районе Акмолинского округа, на Ю.-В.—в Устькаменогорском и Зайсанском районах Семипалатинского округа. На Экибастузском з-де золото извлекается из серебро-свинцовых руд Риддерского месторождения. Золоторудное дело особенно развито в ю.-в. районе. Всего по 1923 г. Казакская АССР дала приблизительно 29 490 *кг* золота; из этого количества на долю сев. района приходится только 1 600 *кг*. Гл. обр. золото добывается из месторождений, расположенных в Калбинском хребте (Ак-Джальская группа) и по Экибастузе из Риддерского рудника. В сев. районе россыпи сосредоточены гл. обр. в бассейне озер Б. и М. Чебачьего, Тас-Челкара и Джукай. Россыпи лежат неглубоко. Содержание золота неравномерно, не выше 0,5—0,8 *г* в 1 *т*. Россыпи ю.-в. района незначительны. Главное значение имеют золоторудные месторождения, представленные кварцевыми жилами, залегающими наиболее правильно в сланцах и порфирах. Рудными минералами, кроме пирита, являются: блеклая руда, мышьяковый колчедан, реже медный колчедан и свинцовый блеск. Наиболее богаты месторождения группы: Ак-Джал, Удалого, Даубай, Кулуджуна и др. В Зайсанском районе золоторудные месторождения известны по реке Алкабеку в системе реки Кальджира.

Ангаро-Байкальский район (Иркутский округ Сибирского края). Сюда входят районы: Бирюсинский, Прибайкальский и сев. склоны Восточного Саяна. Наиболее богатым является Бирюсинский район, где россыпи отличаются поразительным богатством. С 1833 по 1917 г. здесь добыто 36 090 *кг*. Запасы исчисляются (геологом В. Зверевым) в 18 300 *кг* золота; к этому надо прибавить золото в старых отвалах—4 100 *кг*. Коренных месторождений до сих пор не найдено. Прибайкальский район никогда не давал заметных количеств золота. Золотопромышленность была сосредоточена гл. обр. в районе р. Нурюндукан (сев.уч.) и в районе с. Лиственичного у Байкала (южн.уч.), а кроме того, по р. Крестовке, впадающей в Байкал, и по правым притокам верхнего течения Лены (в данное время выработаны совершенно). В сев. участке с 1884 по 1918 г. было получено 720 *кг* золота. В 1924 г. работы возобновились. В южн. участке с 1885 по 1918 г. получено золота 193 *кг*. В районе с. Лиственичного известны юрские конгломераты, с запасом золота в 1 600 *кг*. В районе сев. склонов Восточного Саяна и бассейна р. Селенги россыпи бедны золотом и не имеют промышленного значения.

Якутская АССР. В пределах республики до последнего времени были известны золотоносные районы по р. Вилюю и в системе верхнего Алдана—Алданский улус и Тимптонский район (оба очень трудно доступны и не имеют большого значения). В последнее время в Алданском округе открыты богатые площади, в бассейне верхнего течения рр. Сиретли, Якокута и Нимгера (с притоком Томмотом), впадающих справа в р. Алдан. За лето 1924 г. здесь добыто ок. 5 000 *кг* золота. Золото мелкое, невысокопробное. Россыпи вообще незначительной мощности. По р. Вилюю золото открыто в 1908 г. в современных отложениях реки. Кроме того, известно золото и по притокам Вилюя—Игета, Тонго, Марха и др. Здесь непосредственными источниками золота являются юрские конгломераты.

Туркменская ССР и Узбекская ССР. Промышленно важных месторождений золота еще не открыто. Некоторое, чисто местное, значение имеют известные конгломераты Бухарского округа (входящего в состав Узбекской ССР). Более значительны золоторудные месторождения Памира—по р. Саук-Сай, в 210 *км* от Ферганы, и в районе р. Муксу. Месторождения по р. Саук-Сай представлены жилами кварцевых порфиров и фельзитов, залегающих среди метаморфических сланцев. Кварц содержит вкрапленности пирита, иногда медного колчедана. Содержание золота колеблется в пределах от 2,6 до 7,8 *г* в 1 *т*, но доходило и до 250 *г*. Жилы богаты, но месторождение трудно доступно и удалено.

Европейская часть СССР. В пределах европейской части СССР золото известно в Архангельской губ. (Воицкое месторождение), в Донецком бассейне (Нагольный кряж) и на Кавказе по рр. Тереку, Чороху, Дамблуду,

по притокам Куры, на р. Ингур, где золотоносность связывают с кварцево-кальцитовыми жилами, содержащими серный и мышьяковый колчеданы. Золото в виде примесей известно в некоторых меднорудных месторождениях Грузии, Азербайджана и Армении, а также и в колчеданах сев. Осетии. Месторождения золота в европ. части СССР промышленного значения не имеют.

Общие запасы золота по СССР в коренных и россыпных месторождениях определяют в следующих количествах: рудного золота действительный и вероятный запас 121 820 *кг*, возможный—530 000 *кг*; россыпного — действительный и вероятный запас 173 810 *кг*, возможный—4 117 400 *кг*.

Лит.: А. К., Золотопромышленность СССР, «ГЖ», 1926, *3*; Аммосов М. К., Якутия как золотопромышленная республика, «Хозяйство Якутии», Якутск, 1926, *6*, стр. 27—50; Бобр В. К., Иловые заводы на Юж. и Ср. Урале, «ГЖ», 1914, *12*; Богданович К. И., Рудные месторождения, т. 1—2, СПБ, 1912—13; Бузников И. В., Мировой рынок золота, «ГЖ», 1926, *12*; его же, Перспективы развития нашей золотопромышленности, «Экономич. обозрение», М., 1926, *7*; Вебер В. Н., Полезные ископаемые Туркестана, СПБ, 1913, прибавл. 1, 1917; Вернадский В. И., Опыт описат. минералогии, СПБ, т. 1—2, 1908—22; Воротов Л. М., Золотопромышленность Казахстана, «МС», 1927, *4*; Герасимов А. П., Граниты окрестностей Константиновского прииска и их роль в образовании золотых россыпей, «Материалы по общ. и прикл. геологии», Л., 1926, вып. 50, стр. 52; Заварицкий А. Н., Материалы для изуч. золотон. районов Урала: Гумбейский золотон. район, Тогузакский золотон. район, там же, Л., 1926, вып. 16, стр. 144; Зверев В. Н., Условия золотоносности Вилюйского района, «Изв. Геол. ком.», Л., 1925—26, т. 44, *5*, стр. 539—561; Корзухин И. А., Горноразвед. дело, СПБ, 1908; Лебедев Н. И., Золото на Кавказе, «Матер. для геологии Кавказа», сер. 3, кн. 1, Тифлис, 1898; Макеров Е. А., Золоторудные месторождения Забайкалья, «Произв. силы Дальн. Востока», вып. 11, стр. 233—242, Хабаровск, 1927; Медведев П., Ископаемые богатства. Экономика Дальнего Востока, стр. 19—49, М., 1926; Мелллер В. и Денисов Д., Полезные ископаемые, СПБ, 1900, 3 доп. изд., Тифлис, 1917; Нейстер А. К., Золото, «Обзор минер. ресурсов СССР», вып. 18, стр. 48, Л., 1926; его же, Новые данные о распространении золотоносности в киргизских степях, «Вестн. Геол. ком.», Л., 1927, *2*; Никитин Д. В., Золоторудные месторождения на Памире, «Матер. по общ. и прикл. геологии», Л., 1926, вып. 9, стр. 105; Обручев В. А., Геологич. обзор золотон. районов Сибири, «Золото и платина», СПБ, 1911, II, 1915 и 1917 и «ГЖ», 1923, *1*; его же, Новые золотон. районы Вост. Сибири, «ГЖ», 1924, *1—8*; его же, Металлогенетич. эпохи и области Сибири, «Труды Ин-та прикл. минер. и металлургии», М., 1926, вып. 21; Полярный М., Алданский золотопромышленный район, «Экономич. обозрение», М, 1925, *2*, стр. 105—114; Преображенский И. А., Харгинское золоторудное месторождение. Отчет о геологич. исследованиях, Владивосток, 1925; Реутовский В. С., Полезные ископаемые Сибири, СПБ, 1905; Флоров В. А., К вопросу о развитии золотопромышленности в Таджикистане, «ГЖ», 1927, 2, стр. 93—99; Чечотт Г. О., Золоторудное дело. Курс Горного ин-та, П., 1915; Шмидт Н., Золотопромышленность Урала и ее перспективы, «Хозяйство Урала», Свердловск, 1926, *15—16*, стр. 137—140; Юркевич Т., Советский Сахалин, «Эконом. жизнь Дальнего Востока», Хабаровск, 1926, *1*, стр. 85—107; Эдельштейн Я. С., Рудник «Знаменитый» в Кузнецком Алатау, «Известия Геол. комитета», Л., 1925—26, т. 44, *7*; «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925—26 г.», Л., 1927; Ahlburg J., Die neueren Fortschritte in d. Erforschung d. Goldlagerstätten Sibiriens, «Ztschr. f. prakt. Geologie», Halle, 1913; Bernewitz M. W., Gold a. Silver, «Mineral Industry during 1925», ed. by G. A. Roush, N. Y., 1926, v. 34, p. 288—357; Bel C. N., Mining Methods of the Telluride District, «Trans. Amer. Inst. Mining a. Metallurg. Engineers», N. Y., 1925, v. 72, p. 550—562; Burrows A. G., The Porcupine Gold Area, Toronto, 1925; Bastin E. S., «Journal of the Washington Academy of Sciences», Wsh., 1916, v. 6, p. 6; Collier A. J. a. Hess F. L., «U. S. Geol. Survey, Bull.», Wsh., 1908, *328*, p. 140—228; Gredner W., Die Hauptgoldländer d. Gegenwart, «Geogr. Ztschr.», Lpz., 1927, H. 1, p. 1—22; Emmons W. H., Enrichment of Ore Deposits, «U. S. Geol. Survey, Bull.», Wsh., 1917, *625*, p. 305; Rose T., The Metallurgy of Gold, Philadelphia, 1915; Krusch P., Die Untersuchung u. Bewertung von Erzlagerstätten unter besonderer Berücksichtigung d. Weltmontanstatistik, Stg., 1920; de Launay L., La géologie et les richesses minérales de l'Asie, Paris, 1911; Lindgren W., Mineral Deposits, L., 1928; Lawrie H. N., Gold, «Eng. a. Min. Journ.», N. Y., 1927, 22 Jan.; Maclaren J., Gold, L., 1908; Maclaren J. a. Thomson J., «Min. a. Scient. Press», San Francisco, 1913, p. 45, 95, 187, 228, 374; Hugh F., «Min. a. Scientific Press», San Francisco, 1918, July 20; McConnel R. G., Klondike Goldfields, «Canada Geol. Survey Ann. Reports», Ottawa, 1901, *14*; Mellor E., The Conglomerates of the Witwatersrand with Discussion, «Transactions of the Inst. of Mining a. Metallurgy», L., 1916, v. 25, p. 226—348; Du-Toit A. L., The Geology of South Africa, L., 1926; Tyrell J. B., The Law of the Pay Streak in Placer Deposits, «Transactions of the Institute of Mining a. Metallurgy», London, 1912, v. 21; «Mineral a. Scientific Press», San Francisco, 1912, 1 June.

Н. Федоровский.

ЗОЛОЧЕНИЕ, покрывание б. или м. тонким слоем золота различных материалов: металла, дерева, папье-маше, картона и пр. В настоящее время самым употребительным способом З. металлов является способ гальванического З. (см. *Гальванотехника*, рецептура гальваностегических ванн), хотя в кустарной промышленности удержался старый способ З. через огонь, к-рый состоит в том, что металлич. предметы покрывают амальгамой золота и прогревают над горном, отапливаемым древесными углями, благодаря чему ртуть испаряется, а золото прочно пристает к металлу (см. *Ювелирное производство*). З. в полиграфическом деле (тиснение золотых надписей, орнамент, обрез книг) см. *Золото сусальное* и *Золотильные прессы*. З. деревянных изделий см. *Рамочно-багетное производство*.

ЗОЛЬНОСТЬ, см. *Топливо*.

ЗОНЫ МОЛЧАНИЯ, мертвые зоны, зоны, в которых не обнаруживается приема от радиостанций, хорошо принимаемых в то же самое время на расстояниях, более удаленных от места расположения передатчика. З. м. обычно определяются расстоянием в *км* вдоль одного радиального направления от передатчика, на протяжении к-рого нет приема; поэтому вместо З. м. иногда употребляется термин расстояние прослышимости.

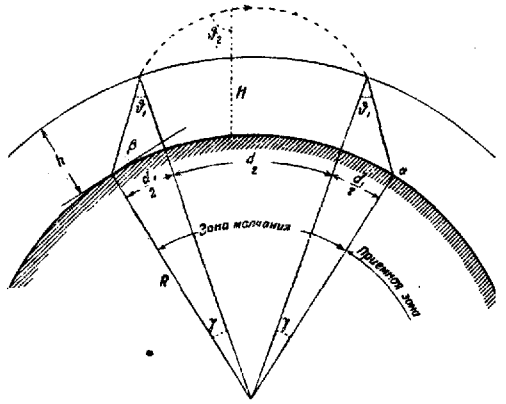
З. м. наблюдаются гл. обр. на волнах коротких, примерно ниже 70 *м*. Существование З. м. на этих волнах объясняется тем, что пространственные волны излучения передатчика, определяющие глав. обр. эффект приема на коротких волнах, распространяясь внутри слоя Хивисайда, возвращаются к земле на расстояниях, значительно превосходящих те расстояния, на которые обычно распространяются вдоль земной поверхности сильно поглощаемые в почве поверхностные волны. На фиг. 1 показана типичная кривая зависимости силы сигнала A от расстояния d на волнах ниже 70 *м*.



Фиг. 1.

З. м. определяются суммой расстояний $d_1 + d_2$ (фиг. 2), где d_1—длина спроектированного на земную поверхность пути волны от передатчика до вступления в слой Хивисайда, а также после выхода ее из слоя

Хивисайда до приемника и d_2 — длина проекции на землю пути волны внутри слоя Хивисайда; d_1 определяют из ур-ия $d_1 = 222\gamma$ (в *км*); d_2 может быть определено след. методами. Внутри слоя Хивисайда волна претерпевает преломление, при чем угол ϑ_2 меж-



Фиг. 2.

ду направлением распространения волны и вертикалью H по отношению к земле внутри слоя определяется из ур-ия $\sin\vartheta_2 = \frac{\sin\vartheta_1}{\mu}$. Здесь μ — показатель преломления, определяемый из уравнения

$$\mu^2 = \varepsilon = 1 - N\frac{e^2}{\pi m}\lambda^2,$$

где N — число ионов на 1 $см^3$, e — их заряд и m — масса. Т. к. с высотой N увеличивается, то вызываемое им уменьшение μ приводит к увеличению угла ϑ_2. При $\vartheta_2 > 90°$ волна получает направление снова к земле; при $\sin\vartheta_2 = 1$

$$\sin\vartheta_1 = \mu = \frac{R}{R+h}\cos\beta = \cos(\beta+\gamma),$$

где R — радиус земного шара, h — высота слоя Хивисайда и γ — геоцентрический угол (фиг. 2). Угол ϑ_1, удовлетворяющий этому ур-ию (обозначим его через ϑ_0), является тем наименьшим углом, при к-ром волна еще может вернуться к земле и тем самым м. б. использована для приема. Величина ϑ_0 зависит от длины волны. В табл. 1 дана величина угла ϑ_0 и соответствующая ему величина зенитного угла распространения волны относительно земной поверхности в месте передачи, в зависимости от λ при высоте слоя Хивисайда над землей 95 *км* (дневные условия).

Табл. 1. — Углы З. м. и зенитный в зависимости от длины волны λ (в *м*).

λ	ϑ_0	β
14	80°	0°
20	73°	13°
30	65°	22°
40	56°	32°
60	33°	56°
70	11°	79°
80	—	—

Угол ϑ_0 и определяет размеры З. м. Расстояние d_2 м. б. определено из следующего общего уравнения:

$$d_2 = \sin\vartheta_0 \int_0^h \frac{dh}{\sqrt{\mu^2 - \sin^2\vartheta_0}}.$$

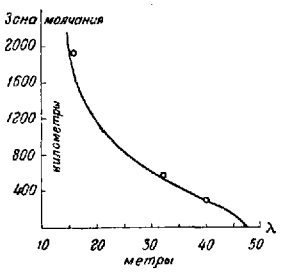
Здесь h — высота проникновения волны в слой Хивисайда; высота слоя Хивисайда (его нижней границы) относительно земли принимается за начало координат.

В табл. 2 приведены величины d_1 и d_2, а также $d_1 + d_2$ при высоте слоя над землей в 95 *км* для различных λ.

Табл. 2. — Расстояния, определяющие З. м. в зависимости от длины волны.

λ в *м*	d_1 в *км*	d_2 в *км*	$d_1 + d_2$ в *км*
40	333	78	411
30	555	122	677
20	1 200	194	1 394

На фиг. 3 показана кривая зависимости З. м. от длины волны, полученная Тейлором в Америке экспериментальным путем в результате многих наблюдений. Т. к. расстояние d_1 зависит от высоты слоя Хивисайда относительно земли, то ночью расстояние или радиус З. м. должны увеличиться. Теория и практика показывают, что ночью З. м. увеличиваются примерно от 3 до 4 раз по сравнению с З. м. днем. Кроме того, увеличивается и диапазон волн, обнаруживающих З. м. В то время как днем наибольшей волной, обнаруживающей З. м., является волна порядка 50 *м*, ночью З. м. наблюдаются на волнах порядка 70 *м*. По тем же причинам зимой З. м. значительно больше, чем летом. З. м. обусловливают применимость волн ниже 70 *м* для связи лишь на большие расстояния и в значительной степени определяют проходимость этих волн на данной линии связи в различные часы суток.



Фиг. 3.

Во многих случаях на практике полного прекращения приема в З. м. не наблюдается, а отмечается лишь несколько ослабленный прием по сравнению с приемом вне З. м. Исследование этих явлений показало, что отсутствие З. м. в большинстве случаев обязано приему отраженных волн ближнего эхо (см. *Замирание*). Кроме того, опыт показывает, что З. м. заметно уменьшаются при применении высоко поднятых над землей передающих антенн.

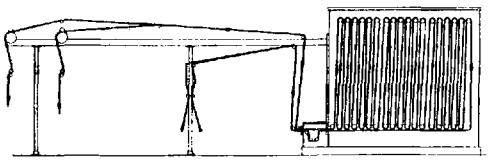
З. м. на средних волнах, а иногда и на длинных, наблюдаются в районах с очень сильным поглощением в почве, напр. в районах, богатых залежами руд. а также в горной или сильно пересеченной местности.

Лит.: Taylor A. H., Relation between the Height of the Kennelly-Heaviside Layer and High-Frequency Radio Transmission Phenomena, «Proceedings of the Inst. of Radio Engineers», New York, 1926, v. 14, 4, p. 521—540; Hulburt E. O. a. Taylor A. H., Propagation of Radio Waves over the Earth, «Physical Review», Minncapolis, 1926, v. 27, p. 189—215; Taylor A. H., An Investigation of Transmission on the Higher Radio Frequencies, «Proceedings of the Inst. of Radio Engineers», New York, 1925, v. 13, 6, p. 677—684; Mesny R., Les ondes électriques courtes, Paris, 1927 (русский перевод, Москва—Ленинград, 1928). **П. Куксенко.**

ЗРЕЛЬНИК, аппарат для непродолжительного запаривания тканей (см. *Запарка*), гл. обр. после печатания, с целью *закрепления*

красителей (см.) и получения вытравок и резервов (на окрашенных тканях). Через З. пропускают ткани после печати для закрепления кубовых (индигоидных, антрахиноновых), сернистых, нек-рых протравных, основных и ледяных красителей, а также черного анилина; гладкоокрашенные черным анилином ткани предпочитают получать при более низкой температуре около 60—70° в *зрельнях* (см.).

З. представляет собою камеру, состоящую из чугунных плит или железных листов (см. фиг.). Внутри З. ткань идет в расправку



по направляющим медным полым роликам, расположенным вверху и внизу по 20 шт. в каждом ряду. Некоторые из верхних роликов (3—5) имеют принудительное вращение и являются ведущими. Ткань проходит по роликам в вертикальном направлении и подвергается действию горячего насыщенного или слабо перегретого пара (100—105°); по выходе из З. она при помощи самоклада укладывается на тележку или деревянный настил. Самоклад и ведущие ролики приводятся в движение от трансмиссии или самостоятельного двигателя—электромотора. Вход и выход ткани происходит обычно через одну и ту же щель, находящуюся внизу или наверху в передней стенке З.; в зависимости от расположения этой щели иногда различают восстановительный (щель внизу) и окислительный (щель наверху) З. Расположение щели внизу позволяет достичь почти полного вытеснения воздуха паром; такой З. применяют для закрепления кубовых красителей, для восстановительных вытравок. Обычно в З. помещается 1 или 2 куска хл.-бум. ткани (42,7 *м*) в одно полотно, иногда ткань идет в два полотна — в належку. Продолжительность зреления $1^1/_2$—10 м. (обычно 2—5 м.). Часовая производительность З. в одно полотно—до 60 кусков. Обогревание З. производят паром, проходящим по ребристым калориферам, расположенным на дне З. Кроме того, в З. впускают свежий пар через перфорированные трубы, находящиеся главн. обр. на дне, иногда—наверху, у потолка. Для увлажнения пара его пропускают (до входа в З.) через небольшой котелок с водой или же наливают на дно З. небольшое количество воды, к-рая при действии указанных калориферов испаряется и увлажняет пар в З. Для предохранения нижних частей ткани от попадания брызг воды, находящейся на дне З., помещают над ней две деревянные решетки. Чтобы предупредить образование капе́ли, потолок З. изготовляют из полых чугунных плит, обогреваемых паром; для удаления выделяющихся в З. кислых паров и вредных газов, а также для обмена пара З. соединен с вентилятором. Для наблюдения за ходом работы в З. имеются окна, а для производства ремонта—лазы. Тепловые потери в З. уменьшены покрытием (снаружи) изолирующим слоем. З. снабжают термометром, манометром, конденсационным горшком, а иногда и гигрометром. Расход пара на 1 *кг* ткани ~0,8—1 *кг*; расход механической энергии ~1,5—2 HP.

Лит.: Петров П. П., Викторов П. П., Малютин Н. Н., Химич. технология волокн. веществ, стр. 145—148, Иваново-Вознесенск, 1928; Шапошников В. Г., Общая технология волокн. и красящих веществ, М.—Киев, 1926. **Д. Грибоедов.**

ЗРЕЛЬНЯ, аппарат для медленной обработки хлопчатобумажных тканей во влажной теплой (40—70°) атмосфере воздуха для частичного закрепления на них нек-рых протрав (гл. обр. алюминиевых). Обработка в З. (называемая иногда вызреванием) раньше была весьма распространена: 1) при пунцовом крашении, 2) при изготовлении заварных ситцев для частичного закрепления протрав (алюминиевых, хромовых, железных и др.), ализаринового масла и 3) для получения гладко окрашенных черным анилином тканей по окислительному способу. В настоящее время З. применяют преимущественно для последней цели.

В З., наряду с высушиванием, на ткани протекают также и химич. реакции: на тканях, оплюсованных ализариновым маслом, происходит частичное омыление сернокислых эфиров рицинолеиновой к-ты, ее окисление, полимеризация и фиксирование на волокне; на тканях, оплюсованных солями (уксуснокислыми, сернокислыми и др.) алюминия, хрома, железа, происходит их гидролиз—до более основных, а следовательно, и менее растворимых в воде соединений, также закрепляемых волокном; на тканях, пропитанных черно-анилиновым плюсом, состоящим из водного раствора анилиновой соли, соляной и винной к-т, NH_4Cl, $CuSO_4$, $NaClO_3$, в З. наряду с высушиванием происходит медленное предварительное окисление анилина в эмеральдин-нигранилин, к-рый лишь после выхода ткани из З. дополнительной обработкой раствором хромпика окисляется в черный анилин.

З. по конструкции разделяются на периодические и непрерывнодействующие. Периодические З. раньше были весьма распространены для «прижигания» ализаринового масла и фиксирования протрав при пунцовом и заварном способах крашения хл.-бум. тканей. Иногда их применяли и для вызревания черного анилина.

Непрерывнодействующие З. в настоящее время применяются для предварительного окисления черно-анилиновых тканей. Наиболее распространены зрельни систем Прейбиша и Гаубольда. Зрельня системы Прейбиша представляет собой длинную четырехугольную камеру емкостью на 3 — $3^1/_2$ куска (по 42,7 *м*), состоящую из чугунных рам, обшитых деревянными досками. Камера разделена перегородкой на две части—большую ($^2/_3$), где происходит высушивание ткани, и меньшую ($^1/_3$), где происходит ее окисление. Влажная ткань, пропитанная черно-анилиновым плюсом, входит в камеру с одного конца и, пройдя по роликам в вертикальном направлении, выходит частично окисленной обыкновенно с другого конца. Высушивание производится

при помощи теплого воздуха, обогреваемого калориферами, расположенными на дне З. Воздух засасывается снизу З. и проходит кверху, где удаляется вентилятором наружу; $t°$ в этой части 40—45°. Окисление до нигранилина происходит во второй части З. в присутствии воздуха, обогреваемого такими же калориферами. Необходимая здесь влажность достигается испарением воды в сосудах, находящихся на дне З.; температура в этой части достигает 60—70°. Продолжительность зрения составляет от 15 минут до 1 часа, производительность З.— от 4 до 10 кусков в 1 час.

З. системы Гаубольда представляет деревянную или цементированную длинную четырехугольную камеру, внутри которой установлены чугунные станины с направляющими деревянными роликами. Ткань входит в З., движется в горизонтальном направлении по этим роликам, подвергается высушиванию и окислению и выходит обычно с той же стороны, откуда она вошла. Высушивание и окисление происходят с помощью теплого воздуха, засасываемого вентилятором и прогоняемого через митральезу (для нагрева) в заднюю часть З., откуда он распределяется по всей З. Отработанный воздух отсасывается вентилятором З. в передней части и удаляется наружу. Средняя $t°$ в З. от 55 до 60°. Необходимая при этом влажность получается вдуванием в З. вместе с воздухом пара (через сопла). Емкость З. ок. 7 кусков (в одно полотно); производительность 6—14 кусков в 1 ч.; время зрения— от 30 м. до $1^1/_4$ ч.; расход пара на 1 *кг* ткани 3,5 *кг*; расход энергии 2,5 HP. **Д. Грибоедов.**

Лит.: см. *Зрельник.*

ЗРЕНИЕ, чувство, позволяющее нам через посредство глаза воспринимать цвета и пространственные соотношения предметов. Различают З. сумеречное и дневное, З. одним глазом (монокулярное) и двумя глазами (бинокулярное). Сумеречное З. есть З. глазом, приспособленным к малым яркостям (меньшим, чем $0{,}64 \cdot 10^{-3}$—$0{,}32 \cdot 10^{-5}$ международной свечи на *см*²); сумеречным З. мы не в состоянии различать цветовые тона, но различаем лишь оттенки серого. Физиологич. носителем сумеречного З. являются палочки сетчатки (см. *Глаз*); острота сумеречного З. значительно менее остроты З. дневного (колбочками сетчатки), но порог светоощущения для него лежит ниже, будучи наименьшим для зеленых лучей (с длиной волны около 507 $m\mu$).

Результатом бинокулярного З. по преимуществу является видение рельефа и удаленности. Места сетчаток, удаленные в одну и ту же сторону и на одно и то же расстояние от желтого пятна, называются корреспондирующими точками сетчаток. Одновременное раздражение их вызывает видение единичного предмета. При значительном несоответствии раздраженных мест на сетчатках и при разностороннем направлении этого несоответствия мы получаем уже двойственные изображения. При меньшем несоответствии и при одностороннем направлении его в обоих глазах (т. е., когда несоответствующие раздраженные точки в обоих глазах лежат обе или к виску или к носу от желтого пятна) возникает обыкновенно не удвоение предмета, а впечатление третьего измерения—большей или меньшей близости предмета по сравнению с фиксируемой точкой. Степень и направление видимой удаленности зависят от направления и величины т. н. бинокулярного параллакса. Оценка рельефа благодаря несоответствию раздраженных мест сетчатки бывает необычайно тонка; достаточным оказывается бинокулярный параллакс в 5″ и даже в 1,8″. Предметы, отстоящие более чем на 3 000 *м*, глаз уже не видит стереоскопически, т. к. даваемый ими бинокулярный параллакс оказывается слишком малым. На эффекте частичного несоответствия изображений на сетчатках основывается, как известно, устройство стереоскопа (см. *Стереоскопия*).

Монокулярное восприятие третьего измерения гораздо менее точно и осуществляется благодаря вторичным, косвенным признакам удаленности, как то: видимая величина предмета, линейная перспектива, воздушная перспектива, заполненность промежуточного пространства, различный характер кажущегося движения предмета при движении нашей головы, и т. п.

Лит.: Эббинггаус Г., Основы психологии, СПБ, 1911; Bourdon B., La perception visuelle de l'espace, P., 1902; Hofmann F., Die Lehre v. Raumsinn d. Auges, T. 1—2, B., 1920—25. **С. Кравков.**

ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА, оптич. инструмент для рассматривания в увеличенном виде удаленных предметов. З. т. состоит из объектива, дающего обратное действительное изображение предмета, и окуляра, служащего для рассматривания этого изображения. Объектив делается ахроматическим; он состоит из двух линз, склеенных в небольших инструментах и разделенных нек-рым промежутком в более значительных объективах. Объективы с уменьшенным вторичным спектром, так называемые апохроматы, состоят из трех линз. Окуляры бывают различной конструкции в зависимости от назначения зрительной трубы.

З. т., предназначенная для рассматривания земных предметов, должна давать прямое изображение, что достигается одним из трех способов: 1) окуляр состоит из рассеивающей линзы или системы, расположенной внутри фокуса объектива; такая З. т., называемая галилеевой, дает лишь слабое увеличение и употребляется гл. обр. в форме *бинокля* (см.); 2) окуляр состоит из двух частей: одной, выполняющей роль лупы, как и упомянутые ниже астрономич. окуляры, и другой, помещенной между предыдущей и объективом, состоящей обычно из двух собирающих линз и служащей для переворачивания изображения; такой окуляр имеет сравнительно небольшое поле зрения и называется земным; 3) изображение переворачивается при помощи системы призм (как в призматич. бинокле), помещенных перед самым окуляром и потому имеющих небольшие размеры; окуляр в этом случае употребляется т. н. астрономический.

З. т., предназначенные для измерительных целей, напр. в геодезич. и астрономич. инструментах, дают обратное изображение; в фокусе объектива помещена сетка нитей в виде натянутых паутинок, тонких проволок

или нарезанных на стеклянной пластинке штрихов, к-рые видны в поле зрения одновременно с объектом и служат для визирования (см. *Визирные приборы*).

Астрономич. окуляры бывают двух основных типов: положительный, или Рамсдена, и отрицательный, или Гюйгенса, и состоят не менее чем из двух линз. В окулярах первого типа изображение находится перед линзами, в окулярах второго типа—между ними. Как объектив, так и окуляр З. т. рассчитываются каждый отдельно и исправляются в отношении главных оптич. ошибок. Поэтому окуляры можно менять и ставить с разным фокусным расстоянием f, меняя, т. о., увеличение v, выражающееся ф-лой $v=\frac{F}{f}$, где F—фокусное расстояние объектива; f бывает обычно между 60 и 5 *мм*. Более сильные, т. е. короткофокусные, окуляры применяются редко, т. к. яркость изображения становится слишком малой и на отчетливость изображения начинает влиять диффракция. Последнее обстоятельство не позволяет применяемое увеличение делать больше, чем $3D$ для лучших объективов и $2D$ для объективов среднего качества (D—диаметр объектива в *мм*). Существуют и такие З. т. (небольшой величины), в к-рых изменение увеличения производится не переменой окуляра, а изменением фокусного расстояния дополнительной оптич. системы, расположенной между объективом и окуляром. В этом случае увеличение можно изменять непрерывно, в известных пределах, без нарушения фокусировки окуляра.

Яркость изображения пропорциональна площади выходного зрачка и измеряется величиной $\left(\frac{D}{v}\right)^2$, при чем $\frac{D}{v}$ нет смысла делать больше 8 *мм*, т. к. зрачок глаза даже ночью по диаметру не превосходит этой величины и потому не может пропустить пучка лучей большего диаметра. Днем, при ярком освещении, в виду сужения зрачка глаза, $\frac{D}{v}$ м. б. снижено до 3 *мм* без всякого ущерба для видимой яркости. Поэтому светосильная З. т. имеет преимущества только при слабом освещении (сумерках). Величина поля зрения во всех З. т., кроме галилеевой, не зависит от диаметра объектива и ограничивается круглой диафрагмой, помещенной в фокусе объектива. Субъективное поле, определяемое углом α', под к-рым виден диаметр диафрагмы, колеблется для разных типов окуляров от 30 до 50°; в последнее время выпущены специально широкоугольные окуляры с $\alpha'=80°$. Объективное поле зрения определяется углом α, приблизительно равным $\frac{\alpha'}{v}$. Иногда (для земных З. т.) поле зрения характеризуется линейной длиной в *м*, к-рая составляет диаметр поля зрения на расстоянии в 1 000 *м*. Длина эта приблизительно равна 17α, где α д. б. выражено в градусах.

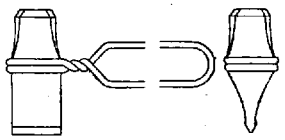
Из предыдущего видно, что диаметр объектива имеет большое значение для яркости изображения и возможности применять сильные увеличения. Диаметр, однако, находится в зависимости от фокусн. расстояния F и обычно составляет от $\frac{1}{15}$ до $\frac{1}{20}$ доли F. Более короткие З. т. с $D>\frac{F}{12}$ употребляются в геодезич. инструментах и в качестве так называемых кометоискателей.

Корпус З. т. обычно делается металлический (прежде часто—деревянный). Небольшие ручные З. т. часто состоят из коротких входящих одна в другую трубок, к-рые при наблюдении выдвигаются. Окулярная часть делается для наводки на фокус выдвижной—при помощи кремальеры или на винтовой нарезке. В последнем случае выдвижная часть снабжается иногда делениями в диоптриях, указывающими установку при фокусировании на удаленный объект.

Описание больших З. т., употребляемых для астрономических целей, см. *Рефрактор* и *Экваториал*. З. т., в которых изображение дается не объективом, а вогнутым зеркалом, называются *рефлекторами* (см.).

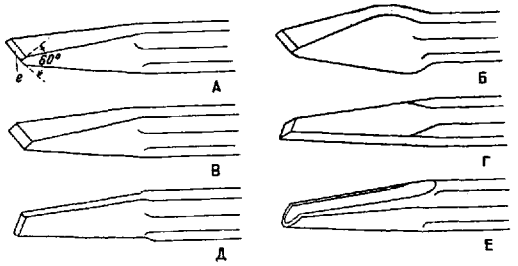
Лит.: Кислов Н. М., Теория оптич. инструментов, М., 1915; Czapsky S. u. Eppenstein O., Grundzüge d. Theorie d. optischen Instrumente nach Abbe, 3 Aufl., Lpz., 1924; Gleichen A., Die Theorie d. modernen optischen Instrumente, 2 Aufl., Stg., 1923; König A., Die Fernrohre u. Entfernungsmesser, Berlin, 1923; Hofe Ch., Fernoptik, 2 Aufl., Lpz., 1921. **А. Михайлов.**

ЗУБИЛО, ударный инструмент для резания металлов. По роду работы различают: кузнечные З., применяемые для горячей резки, и слесарные З.—для холодной резки; последние подразделяются на ручные и пневматические. Основной формой всякого З. служит клин; режущие грани затачиваются под таким углом, при котором получается наивыгоднейший компромисс между уменьшением долговечности острия вследствие уменьшения угла резания и увеличением сопротивления резанию вследствие увеличения этого угла. Практикой выработаны следующие, оказавшиеся наиболее выгодными углы: для горячих зубил 45—50°; для холодн. зубил для работы по бронзе и мягким сплавам 45—50°, по серому чугуну 55—65°, по мягкой стали 65—72°, по углеродистой стали 70—80° и по закаленному чугуну 80—90°.



Фиг. 1.

Кузнечные З. (фиг. 1) насаживаются на рукоятку и применяются для обрубки полос



Фиг. 2.

и вырубки углублений; материалом для них служит углеродистая сталь с содержанием 0,8—0,9% С.

Слесарные З., в зависимости от рода работы, делаются различных форм (фиг. 2). Обыкновенное З., или плоское,

(А) делается с широким лезвием, прямым для легкой работы и слегка выпуклым для тяжелой. Крейцмейсель (Б), с особо прочным узким острием, служит для выработки узких и глубоких канавок. Одностороннее З. (В)—для обработки в тех местах, где работа обыкновенным З. неудобна или невозможна (напр. обрубка боковых стенок, канавок, углов в глубоких выемках). Грабштихельное З. (Г)—служит для выработки V-образных канавок, обработки входящих острых углов и тому подобных работ. Канавочное З. (Д)—применяется главным образом для выборки смазочных канавок в подшипниках и направляющих. Полукруглое З. (Е)—служит для удаления больших количеств металла, преимущественно мягкого.

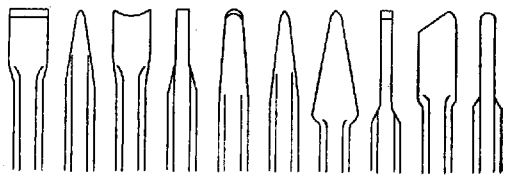
Холодные З. делают из углеродистой стали, имеющей состав, по возможности приближающийся к следующему: 0,75—0,85% C, 0,30—0,35% Mg, 0,10—0,15% Si, не более 0,025% S и P. Изготовленные из такой стали З. подвергаются после отковки, производимой при $t°$ не ниже 800°, следующей термич. обработке. З. нагревают (лучше всего в газовой или электрич. печи) до 730°, затем погружают острием на длину 8—12 *мм* в воду, после чего все З. закаливают, погружая в резервуар с льняным маслом. При этом способе острие получается достаточно твердым, остальной же металл З. остается вязким. После закалки острие З. отпускают, погружая его в нагретую до 220° масляную баню. Обрубка вручную представляет собою операцию, требующую от выполняющего большого навыка; производительность труда при этом очень низка, и вообще этот род обработки постепенно отходит на задний план, находя применение лишь в починочных мастерских и на монтажных работах. Там, где нельзя обойтись без обработки З., переходят к пневматическим З. (см. *Пневматический инструмент*), к-рые по конструкции вполне сходны с легкими пневматич. молотками. Размеры и производственные данные пневматических З. приведены в таблице.

Размеры и производственные данные пневматических зубил.

Размеры и производственные данные	Тяжелые модели		Нормальные модели				Легкие модели	
Общая длина в *мм* .	495	450	395	340	295	255	275	240
Вес в *кг*	10	8,5	5,5	5	5	3	3,0	3,0
Диам. поршня в *мм* .	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	20	20
Длина » » » .	120	120	110	90	72	55	52	42
Ход » » » .	205	163	147	112	85	62	72	50
Расход воздуха в $м^3$ в мин.	0,70	0,65	0,5	0,5	0,45	0,40	0,35	0,3
Число ударов в мин.	800	1 000	1 000	1 300	1 700	2 300	2 300	2 500
Диам. воздушного рукава в *мм*	13	13	13	13	13	13	10	10

Производительность пневматич. З. в 5—10 раз выше, чем ручных. Форма инструмента, применяемого при различных работах, показана на фиг. 3: А—обыкновенное З. для нормальных работ, Б—специальное З. для разрезки тонкостенных труб и листов до 4—5 *мм* толщиной, В—З. для удаления дефектных мест в чугунных болванках, Г—крейцмейсель, Д—канавочное З.

Работа ручными З. представляет собою опасность гл. обр. для глаз рабочего вследствие отлетающих под влиянием ударов кусков обрубаемого материала и в особенности частей расплющенной и разбитой головки З.



Фиг. 3.

Рабочий может быть предохранен очками, снабженными обязательно так называемыми небьющимися стеклами, так как обыкновенные очки еще больше увеличивают опасность ранения. Вторым мероприятием является закалка головки З. и удаление образующихся при работе заусенцев.

Лит.: Металлообработка. Элементарный справочник, под ред. В. Т. Соколова, М., 1927; Stier G., Die Handarbeitsweisen d. Metall-Handwerkers, Lpz., 1914; Stier G., Die heutige Metalltechnik, B. 1—Arbeitswerkzeuge, 2 Aufl., Lpz., 1921; Taschenbuch f. Pressluftbetrieb, hrsg. v. d. Frankfurter Maschinenbau A.-G., B., 1914; Machinery's Encyclopedia, v. 2, N. Y., 1917—25; Machinery's Handbook, 7 edition, N. Y., 1928. **Л. Павлушков.**

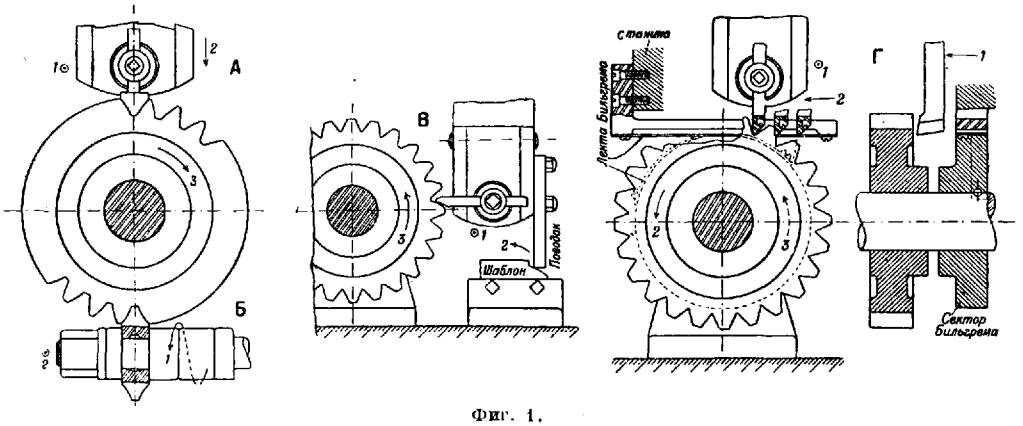
ЗУБОРЕЗНЫЕ СТАНКИ, машины, служащие для обработки зубцов зубчатых колес.

Необработанные зубцы пригодны для скоростей, не превышающих 1,5—2 *м/сек.* При бо́льших окружных скоростях, а также при необходимости получить правильную бесшумную и равномерную передачу приходится прибегать к выработке зубцов из цельного обода помощью З. с. Обработка однако тогда лишь приводит к желаемому результату, когда профиль зубцов в каждом сечении соответствует теоретическому,—это требование обусловливает собой всю конструкцию З. с., заставляя делать их особо точными и жесткими, чтобы точность постройки станка сохранялась и во время работы. Т.к. неравномерное нагревание обрабатываемых зубцов во время работы неблагоприятно отражается на точности обработки, то заслуживают предпочтения те системы З. с., в к-рых обработка всех зубцов ведется параллельно, т. е. над каждым зубцом в один прием совершается незначительная часть обработки, так что он успевает остыть к тому времени, когда подходит в следующий раз под резец.

По принципу обработки различают 3 основных типа З. с.: 1) станки, в которых форма обрабатываемого зубца соответствует в точности профилю рабочего инструмента—формового резца (фиг. 1, А)*, фрезера (фиг. 1, Б)

* В статье на фигурах приняты следующие обозначения: *1*—рабочее движение (движение резания), *2*—подача и *3*—движение обкатывания или деления; знак ⊙ обозначает стрелку, перпендикулярную к плоскости чертежа.

или протаски; 2) станки, в которых резец движется по кривой (ш а б л о н у), форма которой и определяет профиль получаемого резца (фиг. 1, В), и 3) станки, работающие по принципу о б к а т ы в а н и я, т. е. те, у к-рых форма зубца получается как результат качения без скольжения начальных



Фиг. 1.

окружностей обрабатываемого колеса и рабочего инструмента, представляющего собою часть рейки (фиг. 1, Г) или полное зубчатое колесо. Станки последнего типа имеют в качестве рабочего инструмента резец, гребенку, червячный фрезер, наждачный диск и режущее зубчатое колесо. По роду обрабатываемых зубчатых колес З. с. разделяются на т. н. у н и в е р с а л ь н ы е, на которых обычно возможна обработка цилиндрич. и червячных колес, затем—на специальные станки для обработки конич. шестерен, зубчатых колес с угловыми и **W**-образными зубцами; кроме того, к З. с. должны быть отнесены специальные станки для округления торцовых поверхностей зубцов шестеренок автомобильных сменных передач и станки для полировки, прирабатывания и испытания годности готовых колес.

Простейший способ обработки состоит в применении ф о р м о в о г о д и с к о в о г о ф р е з е р а, сечение зубьев которого соответствует профилю промежутка между зубцами обрабатываемого колеса (фиг. 1, Б). Обычно такие фрезеры применяются на нормальном фрезерном станке, к-рый снабжен обыкновенной или автоматической делительной головкой (см. *Бабка делительная* и *Делительные аппараты*). Достоинствами этого способа являются дешевизна инструмента и возможность применения нормальных станков. Недостатки—малая производительность и неточность получаемых зубчатых колес, происходящая частью оттого, что формовые фрезеры делаются одного профиля для целого ряда зубчатых колес с различными числами зубцов, частью же вследствие того, что каждый зубец обрабатывается от начала до конца в один прием, чем обусловливается сильное местное нагревание, также уменьшающее точность получаемого при обработке профиля. В виду невозможности иметь для каждого числа зубцов отдельный фрезер их делают наборами, для каждого модуля по 8 и 15 шт., при чем числа зубцов колес, обрабатываемых данным фрезером, собраны в группы т. о., чтобы ошибка в профиле не выходила из допустимых границ. Данные об этих наборах приведены в табл. При нарезании зубчатых колес со спиральными зубцами к упомянутому источнику неточности присоединяется еще ошибка профиля,

Р а з б и в к а н а б о р о в ф а с о н н ы х з у б о р е з н ы х ф р е з е р о в.

Набор из 8 фрезеров для $m = 0{,}5 \div 2{,}75$ мм

№ фрезера . .	1	2	3	4	5	6	7	8
Число зубцов нарезаемого колеса	12—13	14—16	17—20	21—25	26—34	35—54	55—134	135—∞

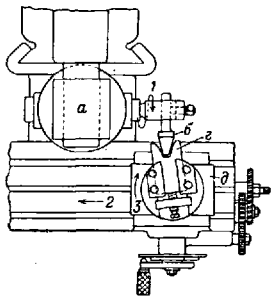
Набор из 15 фрезеров для $m \geqslant 3.0$ мм

№ фрезера . .	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½
Число зубцов нарезаемого колеса	12	13	14	15—16	17—18	19—20	21—22	23—25
№ фрезера . .	5	5½	6	6½	7	7½	8	
Число зубцов нарезаемого колеса	26—29	30—34	35—41	42—54	55—79	80—134	135—∞	

происходящая оттого, что дисковый фрезер не является бесконечно тонким профильным резцом, а физич. телом, к-рое при спиральных зубцах врезывается своей нижней частью в ножку зубца, а верхней—в его головку и т. о. портит профиль, выработанный им же в меридиональном сечении; ошибка эта увеличивается с уменьшением угла наклона зубцов.

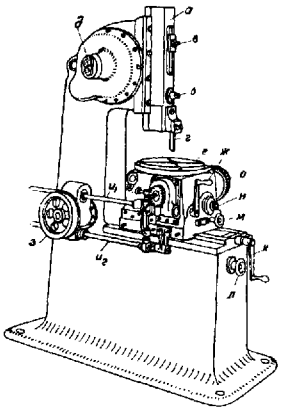
При обработке зубчатых колес на заводах с фабрикацией одиночным порядком особо крупных единиц часто даже затраты на

приобретение формового фрезера оказываются слишком велики, и в качестве З. с. пользуются шепингом, к рабочему столу которого прикрепляют делительную головку или делительный диск. В этом случае резец делают для каждого случая особый, иногда в виде обыкновен. резца с формовым лезвием, а иногда в виде призматич. стали фасонного сечения, обточка которой производится без нарушения профиля с торцевой стороны. Для выработки боковых поверхностей формового резца пользуются иногда фрезерным станком, снабженным универсальной фрезерной головкой *а* (фиг. 2), в которую зажимают однозубый фрезер *б*, к-рый имеет в сечении форму зубца рейки соответствующего шага, а обрабатываемый резец *г* прикрепляют на особой рукоятке к шпинделю универсальной делительной бабки *д*, поставленному вертикально таким образом, чтобы расстояние от оси шпинделя до линии резца, соответствующей начальной прямой рейки равнялось радиусу подлежащего обработке резцом колеса. Полученный т. о. резец является негативом и служит для выработки собственно рабочего резца; таким же способом получаются и резцы, служащие для обточки формовых зуборезных фрезеров. Зубчатые передачи между ходовым винтом стола и шпинделем делительной головки выбирают так, чтобы воображаемая начальная окружность колеса, изображаемого резцом, и начальная прямая рейки, зуб к-рой осуществлен фрезером, при движении стола катились одна по другой без скольжения. Этим способом удается часто получить точно обработанные зубчатые колеса размерами, на много превышающими вместимость имеющихся на заводе фрезерных станков.



Фиг. 2.

На фиг. 3 изображен З. с., работающий формовой сталью и предназначенный для массового производства гл. обр. зубчатых колес с внутренним зацеплением в том случае, когда ограниченность свободного пространства внутри шестерни не допускает применения более совершенных методов работы. Станок по внешности похож на нормальный долбежный станок и отличается от последнего лишь автоматич. делительной головкой. Особое затруднение при строгании зубчатых колес состоит в том, что резец при радиальной подаче должен доходить всегда в точности до окружности впадин; малейшее уклонение от этого приведет к неравномерной толщине зубцов и неправильному профилю. Обычный способ подачи и ограничения хода ее передвижением всех салазок и особыми упорками здесь поэтому недопустим. В З. с. этой конструкции подача совершается смещением верхней части делительной головки, осуществляемым особым кулаком; т. о., глубина подачи остается совершенно одинаковой для всех зубцов данного колеса. Ползун *а* приводится в движение четырехступенчатым ременным шкивом через зубчатую передачу и кулисный механизм; установка резца по высоте производится винтовым шпинделем, приводимым во вращение рукояткой, насаживаемой на квадратный валик *б*; закрепляется ползун гайкой *в*. В нижней части ползуна зажимается в особом супорте формовой резец *г*. Изменение величины хода ползуна производится помощью изменения эксцентриситета кулисного камня; приспособление для изменения величины хода *д* снабжено шкалой, по которой непосредственно отсчитывают величину хода в *мм*. Обрабатываемое зубчатое колесо укрепляется на круглом столе *е* делительной головки *жс*. Подача стола для выработки зубцов производится от общего привода станка, а величина подачи регулируется маховичком *л*. Рукоятка *к* служит для первоначальной установки рабочего стола. Ускоренный обратный ход стола и автоматическ. деление производятся от потолочного привода через шкив *з* и валик u_1; валик u_2 получает качательное движение от рабочего кривошипа и служит для вращения кулака подачи. Скорость обратного хода устанавливается маховичком *м*, а глубина обрабатываемого зуба устанавливается на шкале *н*. Сменные шестеренки *о* служат для создания соответствующей нарезаемому числу зубцов передачи между валом делительного прибора и червяком, приводящим во вращение стол *е*.

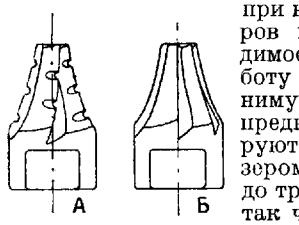


Фиг. 3.

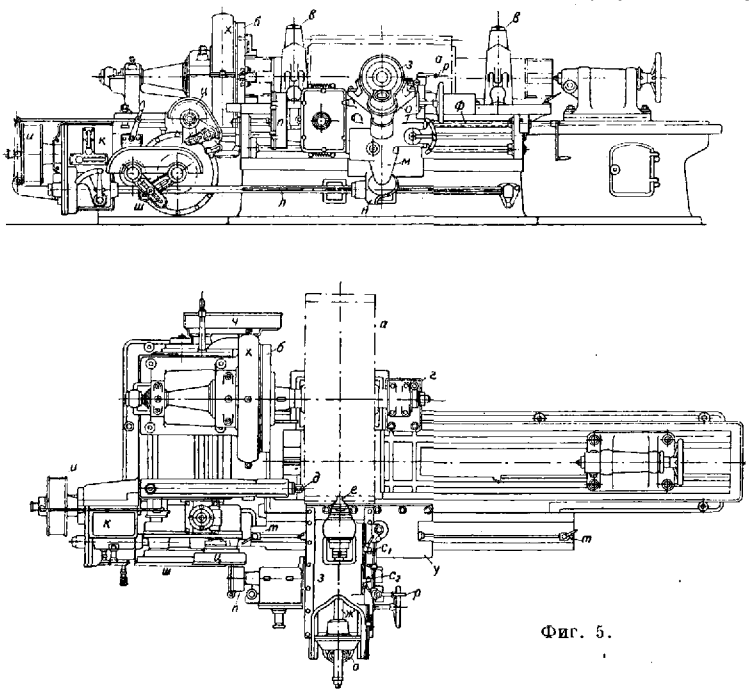
После установки и пуска в ход машина совершает все операции вполне автоматически: нарезает зуб, быстро отводит назад стол и поворачивает затем на соответственный угол обрабатываемую шестерню. Продолжительность обработки одного зубца t составляет, смотря по ширине и шагу зацепления, 10 ÷ 40 ск. (при модуле $m=2$ *мм* и ширине $b=20$ *мм*, $t=15$ ск.). Одним из главных удобств этого способа является то, что для схода резца необходимо лишь минимальное свободное пространство; таким образом, возможна обработка двойных шестеренок и зубчатых колес с внутренним зацеплением с весьма узкими проточками для схода резца (2—4 *мм*). Резец для этих З. с. обстрагивается начерно, закаливается и шлифуется по образующей поверхности. Наточка производится с торца; угол установки резца к вертикали 6—7°, угол резания 68°.

К помощи формового фрезера приходится прибегать также при обработке зубчатых колес с у г л о в ы м и (шевронными) и двойными угловыми (**Z**- и **W**-образными) зубцами. В виду того, что дисковой фрезер при обработке косых зубцов не дает точной работы, а также и по причине невозможности

выработки входящих углов, к-рых при этом приходится или избегать, разрезая в этом месте зубец и ослабляя его, или же обрабатывать вручную, на этих З. с. применяют формовые пальцевые фрезеры (фиг. 4, А и Б). Трудности сохранения правильн. профиля при наточке этих фрезеров вызывают необходимость уменьшить работу последних до минимума. Поэтому зубцы предварительно фрезируются черновым фрезером (фиг. 4, А) почти до требуемого размера, так что на долю чистового фрезера (фиг. 4, Б) *приходится только* работа снятия стружки толщиной в 0,2—0,8 *мм*. Станок для нарезки широких зубчатых валов изображен на фиг. 5. По своей основной конструкции он напоминает токарный станок. Обрабатываемое зубчатое колесо *а* зажимается в патроне делительной головки *б* (на фиг. 5 на вертикальной проекции зуборезный станок изображен с зажатым в нем зубчатым валом, а на горизонтальной—с большим зубчатым колесом); вес колеса и давление фрезера воспринимаются двумя роликовыми подшипниками-люнетами в *в* или опорным подшипником *г* и особой упоркой *д*, снабженной роликом. Пальцевый фрезер *е* укрепляется в шпинделе *ж*, вращающемся в подшипниках салазок *з*. Рабочее движение фрезер получает от ременного

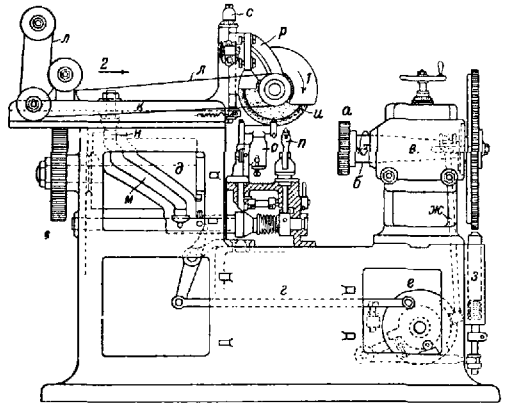


Фиг. 4.


Фиг. 5.

шкива *и* через коробку передач *к*, валы *л* и *м* и две пары конических шестерен *н* и *о*. Поперечная подача салазок *з*, необходимая в начале и в конце рабочего хода, осуществляется помощью рейки и шестерен, приводимых в движение непрерывно вращающимися сменными шестернями *п*. Включение и перемена направления поперечного самохода совершается вручную рычагом *р* или автоматически упорками c_1, c_2 в начале и в конце самохода. Салазки *з* ходят по супорту *у*, перемещающемуся вдоль станины при помощи ходового винта *ф*, приводимого в движение через ряд сменных передач *ш*. Длина продольного самохода ограничивается упорками *т*, *т*, которые одновременно с выключением продольного самохода включают в нужном направлении поперечный самоход салазок *з*. Вращение обрабатываемой шестерни, необходимое для получения угловых зубцов, совершается помощью насаженного на главном шпинделе червячного колеса *х* и ряда сменных передач *ц* и *ч*. *При помощи того же червячного колеса* совершается и деление обрабатываемого зубчатого колеса. Ход работы этих З. с. следующий: сначала фрезер подается поперечным самоходом супорта к оси обрабатываемого колеса, пока фрезер не дойдет до глубины, необходимой для образования зубца; при этом упорка c_2 выключает поперечный самоход и включает одновременно продольный самоход супорта и вращательное движение делительного шпинделя; в результате этих двух движений фрезер выбирает в теле колеса спиральную канавку; по достижении осью фрезера точки поворота нарезаемого зубца особый механизм переключает направление вращения делительной головки на обратное, и т. о. фрезер вырабатывает вторую половину углового зубца. По окончании обработки одного зубца продольный самоход и вращательное движение делительного шпинделя выключаются упоркой *т*, супорт быстро отводится назад и затем перемещается вдоль салазок в исходное положение; во время обратного движения супорта вступают в действие сменные передачи делительной головки, поворачивающей обрабатываемое колесо на один зубец. По достижении супортом конца продольного самохода вторая упорка *т* выключает продольный и включает поперечный самоходы, после чего описанный процесс начинается сначала. Весьма важной особенностью З. с. этого типа, изготовляемых заводом Лоренц, является особое устройство делительной головки, при к-ром передаточное число сменных шестерен, сообщающих делительному шпинделю вращательное движение для получения спирали, зависит исключительно от угла, образуемого спиралью с направляющей начального цилиндра, и не зависит от числа зубцов обрабатываемого колеса. Т. о., при переходе от обработки одной шестерни данной пары зубчатых колес

к другой меняются лишь сменные передачи, управляющие делительным движением головки, чем обеспечивается равенство углов обеих шестерен, а следовательно, и безукоризненная совместная работа их впоследствии. О производительности этих З. с. дают некоторое представление следующие числа: зубчатый вал, $z=15$, $m=18$ *мм*, угол $\gamma=45°$, ширина $b=650$ *мм*, из машинной



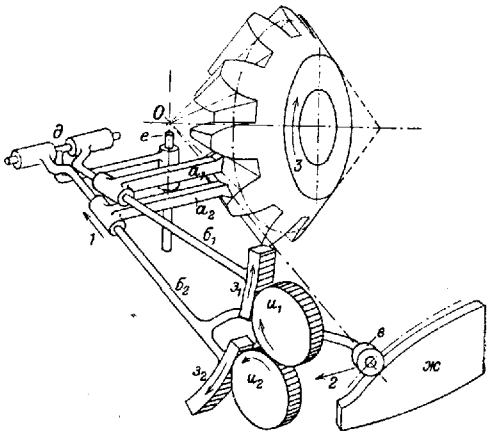
Фиг. 6.

стали, прочностью 70—80 *кг/мм*^{2}, был обработан начерно в 9¾ час. и отшлихтован в 9 ч.; зубчатое колесо из стального литья, $z=72$, $m=14$ *мм*, шириной $b=250$ *мм*,—соответственно в 16 и 12 часов.

Схематич. чертеж шлифовального З. с., работающего формовым наждачным кругом, изображен на фиг. 6. Обрабатываемое колесо *а* зажимается в шпинделе *б* автоматической делительной головки *в*. Рабочим инструментом служит фасонный наждачный диск *и*, сидящий на ползуне *к*, совершающем возвратно-прямолинейное движение под действием пальца *н*, скользящего по канавке *м* медленно вращающегося распределительного барабана *д*. Вал диска *и* вращается в подшипниках салазок *р*, устанавливаемых в вертикальном направлении шпинделем *с*. Вращение диск получает посредством ремня *л* от потолочного привода или электромотора, сидящего на ползуне *к*. В конце каждого хода тяга *г*, приводимая в движение от распределительного барабана *д*, освобождает защелку *з* и посредством фигурной шайбы *е* и тяги *жс* поворачивает шпиндель *б* на одно или несколько делений делительного диска. В конце каждого 5—10 хода ползуна вступают в действие особые приборы *о* и *п*, обтачивающие при помощи алмазов периферию диска *и*, придавая ему точную форму промежутка между двумя смежными зубцами обрабатываемой зубчатки. Станки этого типа обладают, вообще говоря, невысокой точностью, а, кроме того, значительным неудобством их является необходимость изготовления для каждого числа зубцов и модуля особых шаблонов для обтачивания круга или специальной установки механизма, приводящего в движение правильные алмазы; помимо этого, вся обработка одного зубца совершается за один проход, что вызывает сильное нагревание и т. о. отражается неблагоприятно на точности. Шлифовальные станки этого типа постепенно уступают место станкам, которые работают по способу обкатывания.

Последними в ряду станков, работающих формовыми орудиями, являются протасочные З. с. Они употребляются исключительно при обработке зубчатых колес с внутренним зацеплением, и в виду весьма значительной стоимости рабочего инструмента, область применения их еще более сужена и ограничивается ярко выраженным массовым производством. Для нарезания зубцов применяют мощные протасочные станки нормальной конструкции, по преимуществу гидравлические. Наибольшие затруднения встречаются при изготовлении самой протаски. Обычно ее обрабатывают как ряд зубчатых колес, надетых на общую ось, на З. с., работающих червячным фрезером, затем подвергают термич. обработке и наконец шлифуют на шлифовальных З. с. Точность получаемых зубчатых колес при этом всецело зависит от точности изготовления и состояния протаски. Производительность станков этого типа весьма велика, как видно, напр., из того, что на з-де Опеля (Германия) обработка барабанов с внутренним зацеплением, диам. 240 *мм*, с 96 зубцами, модуля 2,5 *мм*, шир. 25 *мм*, длится, включая побочные работы, всего 1,6 мин.

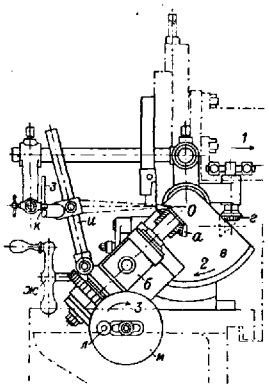
Применение З. с., работающих резцом, направляемым по кривой особым шаблоном, в настоящее время ограничивается гл. обр. обработкой зубчатых колес весьма больших размеров и конич. шестерен. Принцип работы этих З. с. весьма прост: резец совершает переменно-возвратное движение, направленное всегда к вершине начального конуса или параллельное оси цилиндрич. зубчатого колеса, в то время как салазки совершают криволинейное движение подачи, скользя одним концом по шаблону, представляющему собой в увеличенном масштабе профиль зуба. Принцип действия такого



Фиг. 7.

рода З. с. изображен на фиг. 7. Резцы a_1, a_2 двигаются по направляющим $б_1$, $б_2$, могущим вращаться вокруг осей *д*, *е*, точка пересечения к-рых лежит в центре *О* начального конуса зубчатого колеса; резцы уста-

навливают т. о., чтобы направление движения режущей кромки проходило через центр *O* начального конуса. Движение подачи осуществляется вращением всей рабочей системы или обрабатываемого колеса вокруг вертикальной оси *e*, проходящей также через центр *O*; при этом ролик *в* при движении по шаблону *жс* заставляет резец a_2 выстрагивать в теле зубчатого колеса поверхность, которая в точности соответствует профилю шаблона. На фиг. 7 изображено, кроме того, устройство, применяемое в станках этого рода для одновременной обработки двух сторон соседних зубцов помощью одного шаблона. Приспособление это состоит из двух зубчатых секторов $з_1$ и $з_2$, насаженных на концы направляющих $б_1$ и $б_2$; с секторами зацепляются два зубчатых колеса $и_1$ и $и_2$, находящихся одновременно в зацеплении между собой. Из рассмотрения кинематическ. цепи видно, что вращению направляющей $б_2$ вокруг оси *д* на нек-рый положительный угол соответствует вращение другой направляющей $б_1$ на равный, но обратный по знаку угол. Т. о. резец a_1 будет вырабатывать поверхность, являющуюся зеркальным отражением поверхности, обрабатываемой резцом a_2. Интересным применением этого способа работы является приспособление для

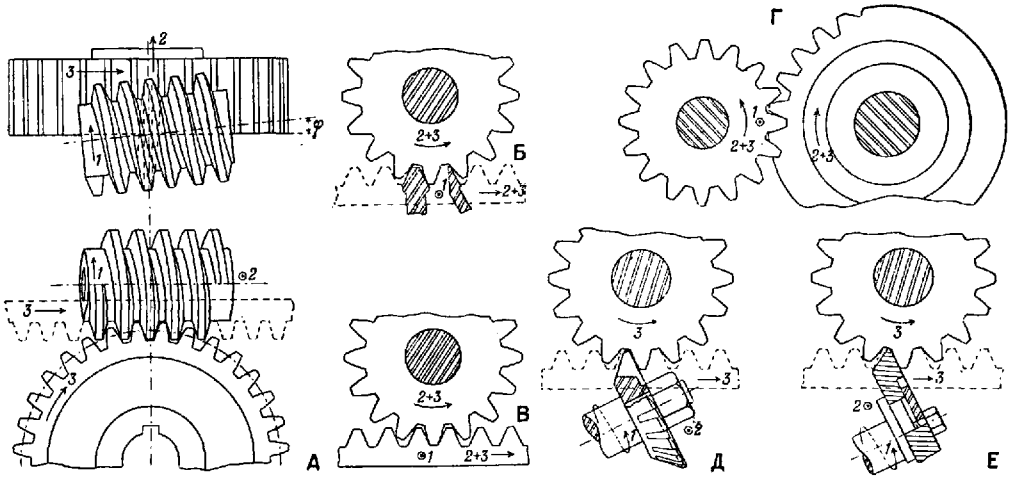


Фиг. 8.

механизма через конические шестеренки *е* и червячную передачу *жс*. Для придания обрабатываемому зубцу правильного профиля служит шаблон *з*, укрепленный в особой державке *и*, соединенной с делительной головкой. При подаче шаблон скользит по неподвижному штифту *к*, вращая обрабатываемую шестеренку на угол, необходимый для образования точной поверхности зубца; по окончании обработки одного зубца совершается деление обычным порядком при помощи рукоятки *л* и диска *м*.

Наиболее часто применяются при точной обработке зубчатых колес З. с., работающие по принципу о б к а т ы в а н и я. В случае зубцов с эвольвентным зацеплением основной рабочий инструмент должен представлять собой часть рейки с зубцами прямолинейного очертания; т. о., точное изготовление такого инструмента и поддержание его в точном состоянии во время работы не представляет больших затруднений. Способ Феллоу, при к-ром, в изъятие из этого правила, режущий инструмент имеет форму зубчатого колеса, сводится в конечном счете также к предыдущему, т. к. режущая зубчатка нарезается и шлифуется на З. с. с прямолинейным рабочим инструментом. Конструкция З. с. изменяется в зависимости от рода применяемого инструмента и характера обрабатываемых на них зубчатых колес. Основными типами рабочего инструмента являются (фиг. 9): винтовой фрезер (А), одиночный резец (Б), гребенка (В), режущее зубчатое колесо (Г), дисковый фрезер (Д) и наждачный круг (Е).

Типичным представителем универсальных З. с., работающих червячным фрезером, является станок системы П ф а у т е р а, изображенный в сильно схематизированном виде

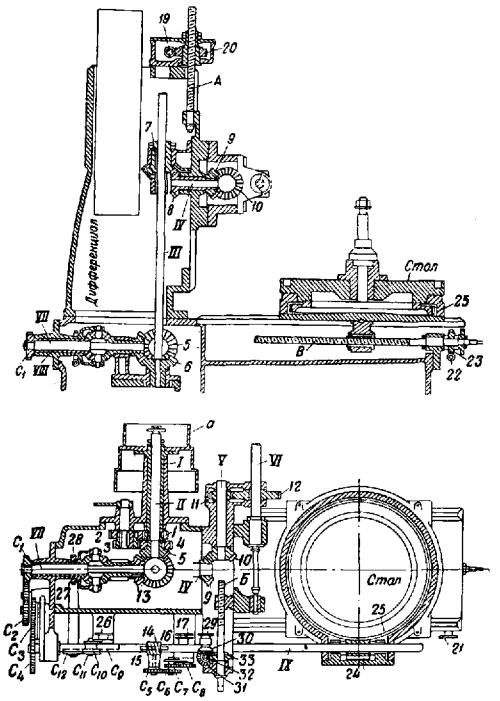


Фиг. 9.

обработки конич. шестеренок на обыкновенном шепинге, изображенное на фиг. 8. Обрабатываемое колесо *а* насаживается на шпиндель нормальной делительной головки *б*, прикрепленной к сектору *в*, вращающемуся вокруг оси, проходящей через вершину *O* начального конуса обрабатываемого колеса. Подача осуществляется вращением сектора *в*, получающего движение от особого

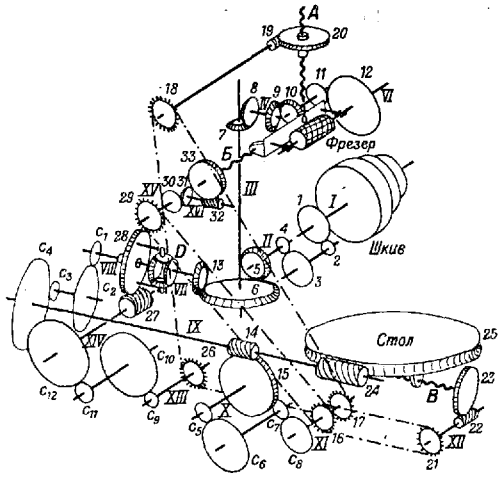
на фиг. 10. Станок состоит из L-образной станины, на вертикальной стойке которой ходит фрезерный супорт, несущий на себе фрезерный шпиндель; на горизонтальной части станины помещается стол, служащий для закрепления обрабатываемого колеса. Общая схема всего передаточного механизма изображена на фиг. 11. Рабочее движение фрезер получает от ременного

трехступенчатого шкива a через передачу I $\frac{1}{2}\frac{3}{4}$ II $\frac{5}{6}$ III $\frac{7}{8}$ IV $\frac{9}{10}$ V $\frac{11}{12}$ VI.* Обрабатываемое зубчатое колесо по самому способу работы должно иметь вращательное движение, при чем окружная скорость окружности катания должна равняться поступательной скорости фиктивной рейки, образованной зубьями фрезера, т. е. $\omega_1 \frac{h_1}{2\pi} = \omega_2 R$, где h_1—ход червячного фрезера, R—радиус окружности катания, ω_1 и ω_2—угловые скорости фрезера и колеса. При одноходовом червяке $h_1 = t = \pi m$; $R = \frac{mz}{2}$, т. о., $\omega_1 = z\omega_2$, где z—число зубцов колеса, t—шаг, m—модуль зацепления. Движение обкатывания связано



Фиг. 10.

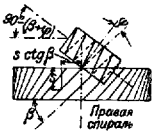
с вращением фрезера след. передачей: стол $\frac{25}{24}\left(\frac{c_4}{c_3}\frac{c_2}{c_1} \pm 2 \cdot \frac{14}{15}\frac{c_5}{c_6}\frac{c_7}{c_8}\frac{17}{26}\frac{c_9}{c_{10}}\frac{c_{11}}{c_{12}}\frac{27}{28}\right)$ VII $\frac{13}{6}\frac{7}{8}\frac{9}{10}\frac{11}{12}$ VI. При выключенном дифференциале эта передача упрощается следующим образом: стол $\frac{25}{24}$ IX $\frac{c_4}{c_3}\frac{c_2}{c_1}$ VII $\frac{13}{6}\frac{7}{8}\frac{9}{10}\frac{11}{12}$ VI; так как $\omega_1 = k_1 \frac{c_4}{c_3}\frac{c_2}{c_1}\omega_2$, то $\frac{c_1}{c_2}\frac{c_3}{c_4} = \frac{k_1}{z}$; k_1 обычно делают $=30$. Подача фрезера совершается винтом A, гайка которого получает вращение через передачу IX $\frac{14}{15}\frac{c_5}{c_6}\frac{c_7}{c_8}\frac{17}{18}\frac{19}{20}$; передача относительно стола равняется $\frac{25}{24}\frac{14}{15}\frac{c_5}{c_6}\frac{c_7}{c_8}\frac{17}{18}\frac{19}{20} = k_2\frac{c_5}{c_6}\frac{c_7}{c_8}$. При этом, если обозначим h_2—ход винта A в *мм*, то величина $\frac{c_5}{c_6}\frac{c_7}{c_8}$ выбирается т. о., что $h_2 k_2 \frac{c_5}{c_6}\frac{c_7}{c_8} = s_1$, или $\frac{c_5}{c_6}\frac{c_7}{c_8} = \frac{s_1}{h_2 k_2}$, где s_1 равно аксиальной подаче в *мм* за один полный оборот стола. Полная установка З. с. для нарезки цилиндрич. зубчатых колес с прямыми



Фиг. 11.

зубцами состоит: 1) в наклоне оси червяка т. о., чтобы вертикальная касательная к средней винтовой линии червяка была параллельна оси стола; 2) в установке стола в горизонтальном направлении так, чтобы глубина врезывания зубцов фрезера равнялась требуемой высоте зубца; 3) в подборе сменных шестерен $c_1 \div c_4$ таким образом, чтобы $\frac{c_1}{c_2}\frac{c_3}{c_4} = \frac{k_1}{z}$, и 4) в подборе сменных шестерен $c_5 \div c_8$ т. о., чтобы $\frac{c_5}{c_6}\frac{c_7}{c_8} = \frac{s_1}{h_2 k_2}$, где k_2—постоянная передача от стола к винту A.

При обработке винтовых колес дело усложняется тем, что направление подачи фрезера не совпадает с направлением зубца; для того чтобы фрезер при подаче не портил уже обработанных зубцов, необходимо сделать одно из двух: 1) дать обрабатываемому колесу добавочное вращение с таким расчетом, чтобы оно при вертикальной подаче фрезера на величину s (фиг. 12) поворачивалось на угол, который соответствует дуге длиной $s\,\mathrm{ctg}\,\beta$ на начальной окружности, т. е. на угол $\frac{s\,\mathrm{ctg}\,\beta}{R} = \omega_3$, или 2) оставляя неизменным отношение между величиной подачи и вращением стола, изменить передачу между подачей и фрезером т. о., чтобы фрезер в соответствии с углом спирали получал нек-рое дополнительное вращение. Из фиг. 12 видно, что фрезер должен сделать ± 1 лишний оборот в то время, как супорт совершит путь $S = t\,\mathrm{tg}\,\beta$. За это время нормально червячный фрезер должен сде-



Фиг. 12.

* В статье принят следующий условный способ обозначения передач: №№ валов обозначаются римскими цифрами, №№ зубчатых колес, постоянных—курсивными арабскими, а сменных—буквою c с соответствующим индексом. В том случае, когда для вычисления передаточных чисел вместо №№ колес ставятся числа зубцов, употребляются прямые цифры. Дифференциальная передача изображается стоящей в скобках суммой передач на зубчатку дифференциала и сателлитную клетку от того места, где эти передачи расходятся, и до дифференциала. Передачи с непосредственным касанием обозначаются 1 чертой дроби, передачи посредством гибкой связи—2 чертами.

лать $\Omega_1 = z \cdot \frac{S}{s_1}$ оборотов, где s_1 — аксиальная подача за один оборот колеса; стол за то же время сделает $\Omega_2 = \frac{S}{s_1}$ оборотов, т. е. новая передача от стола к фрезеру

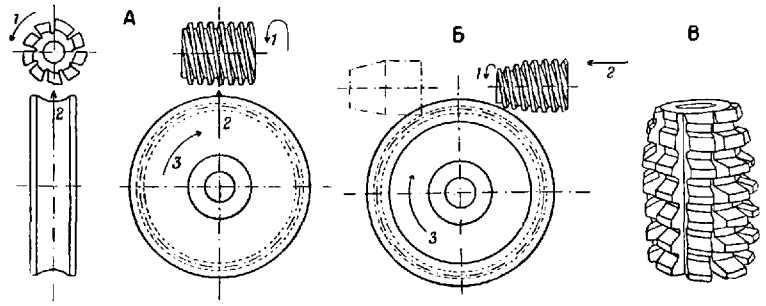
$$n_1' = \frac{\Omega_1 \pm 1}{\Omega_2} = z \pm \frac{s_1}{S},$$

при чем $s_1 = n_2 h_2$, где n_2—полная передача от стола к винту A. Передача стол—фрезер равна

$$k_1 \frac{c_4 c_2}{c_3 c_1} \pm 2 k_1 k_3 \frac{c_5}{c_6}\frac{c_7}{c_8}\frac{c_9}{c_{10}}\frac{c_{11}}{c_{12}},$$

где $k_3 = \frac{14}{15}\frac{17}{26}\frac{27}{28}$; т. о., окончательно имеем $z \pm 2k_1k_3\frac{s_1}{h_2k_2} \cdot \frac{c_9c_{11}}{c_{10}c_{12}} = z \pm \frac{s_1}{t\,\mathrm{tg}\,\beta}$, т.е. $\frac{c_9c_{11}}{c_{10}c_{12}} = \frac{k_4}{t\,\mathrm{tg}\,\beta}$, где $k_4 = \frac{h_2h_2}{2k_1h_3} = 0{,}5\ \left(\frac{6}{13}\frac{8}{7}\frac{10}{9}\frac{12}{11}\frac{26}{17}\frac{28}{27}\frac{17}{18}\frac{19}{20}\right) h_2$.

Для нарезания винтовых колес на станках системы Пфаутера необходимо сделать следующую установку: 1) наклонить фрезерный



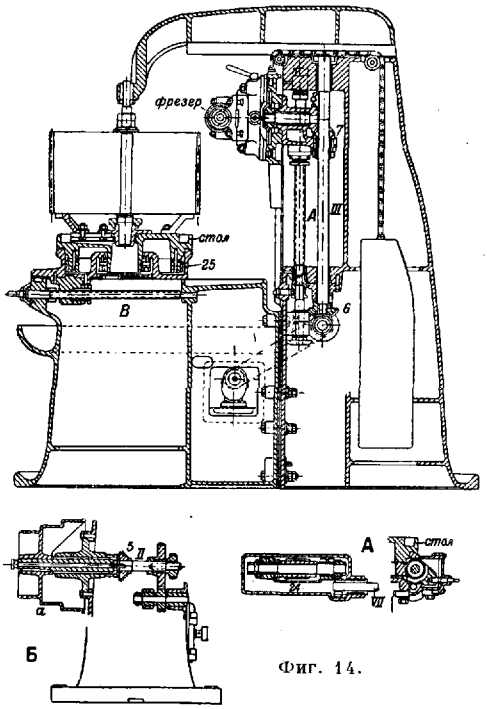
Фиг. 13.

шпиндель под углом $90° - (\beta \pm \varphi)$ к горизонту, где φ—угол наклона спирали червяка (фиг. 12); знак (+) берут, если направления нарезок червяка и фрезера различные, и знак (−), если они одинаковые; 2) подобрать сменные колеса $\frac{c_1c_3}{c_2c_4}$ по числу зубцов колеса $\frac{c_1c_3}{c_2c_4} = \frac{k_1}{z}$; 3) подобрать сменные колеса $\frac{c_5c_7}{c_6c_8} = \frac{s_1}{k_2h_2}$; 4) подобрать сменные колеса $\frac{c_9c_{11}}{c_{10}c_{12}} = \frac{k_4}{t\,\mathrm{tg}\,\beta}$; 5) подвести фрезер к оси колеса на расстояние, соответствующее требуемой глубине зубцов. На станках системы Рейнекера дифференциал включается не между червяком и подачей, а между столом и подачей. Соответственно этому $\frac{c_9c_{11}}{c_{10}c_{12}} = k_4\frac{h_2}{H}$, где h_2—ход винта подачи, H—ход спирали зубчатого колеса и k_4—полная постоянная передача стол—дифференциал—винт вертикальной подачи.

На станках типа Пфаутера возможно также нарезание червячных колес, как по методу радиальной (фиг. 13, А), так и тангенциальной (фиг. 13, Б) подачи. В первом случае фрезер берется обыкновенный цилиндрический, ось его устанавливается точно в плоскости, проходящей через середину червячного колеса, перпендикулярно оси последнего. Затем выключаются дифференциал и вертикальная (аксиальная) подача, а включается радиальная, осуществляемая винтом B (фиг. 10,11), вращаемым от вала IX через передачу $\frac{14}{15}\frac{c_5c_7}{c_6c_8}\frac{16}{21}\frac{22}{23}$; сменная передача $\frac{c_5c_7}{c_6c_8} = \frac{s_2}{k_5h_3}$, где s_2—радиальная подача за один оборот стола, k_5—постоянная передача стол—винт B, равная $\frac{25}{24}\frac{14}{15}\frac{16}{21}\frac{22}{23}$, а h_3—ход винта B. Передача между столом и червяком устанавливается как описано выше, при чем на место z ставится передаточное число, т. е. $\frac{z_1}{i}$, где z_1—число зубцов червячного колеса, а i—число ниток червяка. При многоходовых червяках описанный выше способ подачи непригоден, т. к. при радиальной подаче фрезер портит поверхность уже обработанных зубцов. В этом случае приходится прибегать к тангенциальной подаче; фрезер делается с одного конца конич. формы (фиг. 13, В), так что зубья его вырабатывают полную глубину зубцов червячного колеса постепенно. При работе с тангенциальной подачей винт B выключается, и подача производится винтом $Б$; при этом фрезер должен получить добавочное вращение т. о., чтобы передвижение его в направлении оси не нарушало зацепления между фиктивными рейкой и зубчатым колесом, образуемыми средним сечением передачи. При повороте стола на один оборот фрезер должен отстать в своем вращении на угол ω_1'', который соответствует произведенной за это время тангенциальной подаче s_3, т. е. $\omega_1'' = \frac{s_3}{r\,\mathrm{tg}\,\varphi}$, где r—радиус червяка по начальной окружности; или в оборотах $n_1'' = \frac{s_3}{2\pi r\,\mathrm{tg}\,\varphi}$, а т. к. $2\pi r\,\mathrm{tg}\,\varphi = h_1$, то $n_1'' = \frac{s_3}{h_1}$. Полная передача от стола к фрезеру равна $\frac{25}{24}\left(\frac{c_1}{c_3}\frac{c_2}{c_1} \pm 2\frac{14}{15}\frac{c_5c_7}{c_6c_8}\frac{17}{26}\frac{c_9c_{11}}{c_{10}c_{12}}\frac{27}{28}\right)\frac{13}{6}\frac{7}{8}\frac{9}{10}\frac{11}{12} = \frac{z_1}{i} \pm \frac{s_3}{h_1}$, но $\frac{25}{24}\frac{c_4c_2}{c_3c_1}\frac{13}{6}\frac{7}{8}\frac{9}{10}\frac{11}{12} = \frac{z_1}{i}$, а $s_3 = \frac{25}{24}\frac{14}{15}\frac{c_5c_7}{c_6c_8}\frac{16}{29}\frac{30}{31}\frac{32}{33} h_4$, где h_4—шаг винта $Б$; подставляя, получаем: $\frac{c_9c_{11}}{c_{10}c_{12}} = k_6\frac{h_4}{h_1}$, где $2k_6 = \frac{12}{11}\frac{10}{9}\frac{8}{7}\frac{6}{13}\frac{28}{27}\frac{26}{17}\frac{16}{29}\frac{30}{31}\frac{32}{33}$. В З. с. сист. Рейнекера это последнее соотношение не имеет места; там $\frac{c_9c_{11}}{c_{10}c_{12}} = k_6'\frac{h_4}{z-i}$.

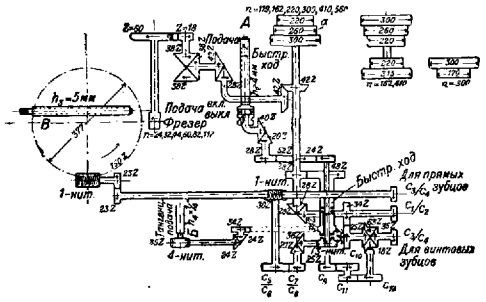
Общая конструкция зуборезного станка системы Пфаутера в исполнении з-да Лоренца изображена на фиг. 14, а схема всей передачи на фиг. 15. На фиг. 14, А показана конструкция делительного червяка стола, а на фиг. 14, Б—конструкция главного привода. Все данные передачи указаны на схеме. Т. о., вычисляя по приведенным выше ф-лам, имеем $k_1 = 30$, $k_2 = 1/4$, $k_4 = 15$, $k_6 = 1/4$; винт тангенциальной подачи имеет шаг, равный $1/4$ дм., т. к. шаг червяков обычно делают также в дюймовой мере. На фиг. 16 изображен быстроходный станок системы и з-да Пфаутера, приспособленный гл. обр. для массового производства шестерен малого

диаметра, валиков с винтовыми зубцами (напр. для привода сепараторов и других быстро вращающихся машин) и автомобильных многошпоночных валов. В виду этого



Фиг. 14.

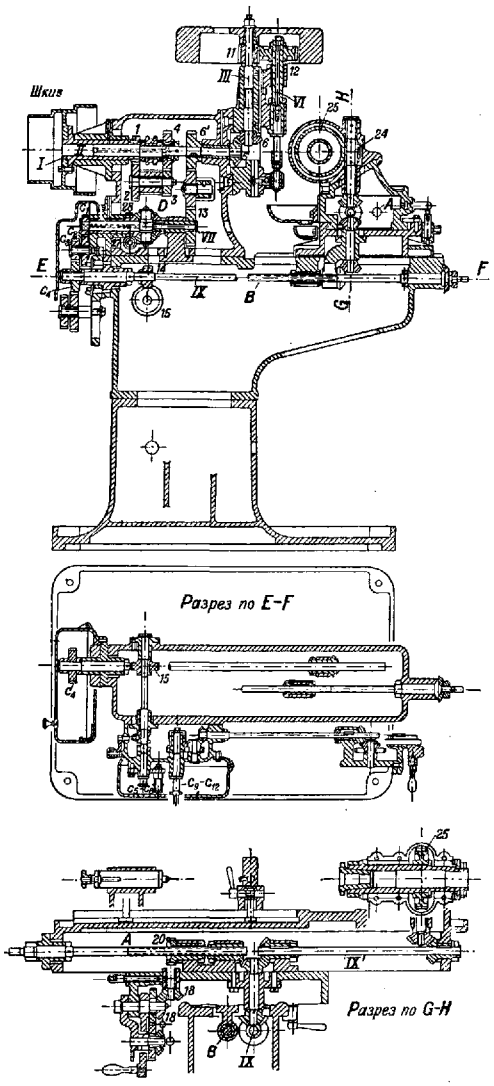
обрабатываемый предмет укрепляется в нем горизонтально, и станок не имеет тангенциального самохода; в остальном он вполне сходен с описанной выше конструкцией. Интересной особенностью, применяемой в последнее время часто на быстроходных З. с., является тяжелый маховик, насаженный на быстро вращающемся валу, предшествующем фрезерному шпинделю. Цель его—устранение дрожания и меток на обработанных поверхностях зубцов, получающихся вследствие того, что неравномерность



Фиг. 15.

вращения фрезера, обусловливаемая периодич. изменениями сопротивления резанию, передается остальному механизму станка. Кроме описанных, строятся также специальные станки упрощенного типа для обработки зубчатых колес с прямыми зубцами, зубчатых валиков или червячных колес; они отличаются от универсальных отсутствием нек-рых ненужных при этом деталей и большей жесткостью, позволяющей работать с большими скоростями резания и подачи, что является необходимым в виду применения этих станков главным образом при массовом производстве.

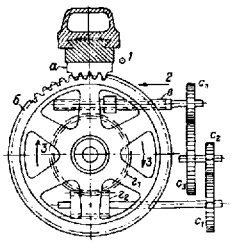
Колеса, нарезаемые винтовым фрезером, не отличаются особенной точностью, главн. образом в виду различия угла спирали по



Фиг. 16.

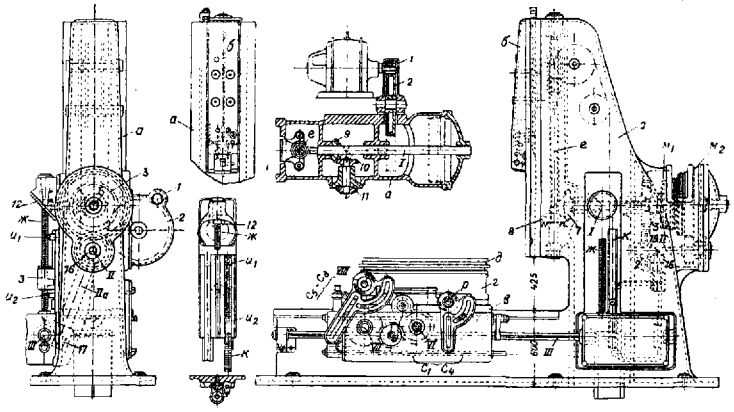
высоте зуба фрезера. Ошибка эта возрастает с увеличением угла подъема фрезера. Стремление освободиться и от этого, правда, весьма незначительного, источника неточности привело к созданию машин, в к-рых рабочим инструментом является р е й к а или о д и н з у б е ц ее. Эти З. с., по имени конструктора, носят часто название станков М а а г а. В принципе движение подачи в этих станках весьма несложно (фиг. 17): рейка *a* с шагом *t* совершает рабочее движение в плоскости, параллельной линии зубцов. Обрабатываемое колесо *б* радиуса *R*

должно двигаться т. о., чтобы начальная окружность его катилась без скольжения по начальной прямой рейки. Подача колеса совершается помощью винта *в* с шагом h_1 и червячной передачи z_1-z_2 с передаточным числом k. Из сказанного ясно, что линейная s_1 и угловая δ_1 подачи связаны между собой следующей зависимостью: $s_1 = 2\pi R\delta_1$, т. е. $\omega_1 h_1 = tz\frac{\omega_2}{k'}$, где k'—передача $\frac{z_1}{z_2}$, ω_1—угловая скорость винта *в*, а ω_2—угловая скорость вала червяка z_2. Таким обр., полная передача между винтом *в* и червяком z_1 $n_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z}{k'} \cdot \frac{t}{h_1} = \frac{c_1 c_3}{c_2 c_4}$. Автоматический станок этого типа изображен на фиг. 18 и 19. Он состоит из L-образной станины *а*, в направляющих которой двигается ползун *б*, несущий рейку или резец в форме одиночного зуба; на горизонтальной части станины

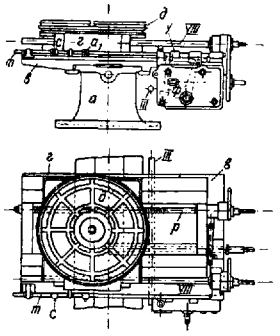


Фиг. 17.

помещается супорт *в*, несущий на себе салазки *г*, перемещающиеся в поперечном направлении. На салазках находится вращающийся стол *д*, служащий планшайбой для зажима обрабатываемого предмета. З. с. приводятся в движение электромотором через зубчатые передачи $\frac{1}{2}\frac{2}{3}$; последняя зубчатка соединена с той половиной $м_1$ электромагнитной муфты, которая дает ползуну быстрый обратный ход. Другая половина $м_2$ муфты вращается в обратном направлении помощью перебора и сообщает ползуну рабочее движение. Вал I вращается попеременно в различных направлениях и приводит через передачу $\frac{7}{8}$ и винт *е* в переменно-возвратное прямолинейное движение ползун *б*. От вала I через передачу $\frac{9}{10}\frac{11}{12}$ приводится винт *жс*, по к-рому ходит гайка *з*, в своих крайних положениях захватывающая помощью упорок $и_1$ и $и_2$ зубчатую рейку *к*; рейка в свою очередь вращает зубчатое колесо *13*, сидящее свободно на валу III и соединенное одной стороной с муфтой *л*, несущей два выступа, к-рые в нужный момент перекладывают рычаг *м* с защелкой *н*. Рычаг этот соединен с переключателем электромагнитной муфты $п_1$ и т. о. осуществляет перемену направлений движения ползуна. Стол *г* должен совершать следующие движения: 1) медленное катание вперед, т. е. рабочую подачу, состоящую из вращения и перемещения по поперечным салазкам; 2) быстрое откатывание назад по окончании хода; 3) поворот после откатывания на один или несколько зубцов обрабатываемого колеса; 4) подачу в исходное положение для уничтожения игры в механизме. Следует отметить, что во время второй операции рейка должна стоять в высшем положении, чтобы дать возможность пройти под ней колесу. Стол и салазки приводятся в движение от вала III, который поочередно сцепляется то с шестерней *14*, приводимой в непрерывное вращение валом перебора II через передачу $\frac{15}{16}$ IIа $\frac{17}{14}$, то с храповичком *18*, приводимым в движение в верхнем положении ползуна *б* рейкой *к*, шестерней *13* и собачкой *о*. Величина подачи регулируется особым языком, поднимающим собачку на часть оборота от храповичка



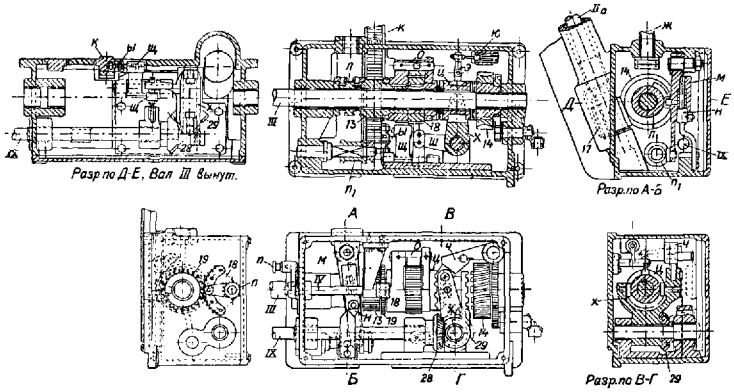
Фиг. 18а. Общий вид и детали станины.



Фиг. 18б. Супорт и вращающийся стол.

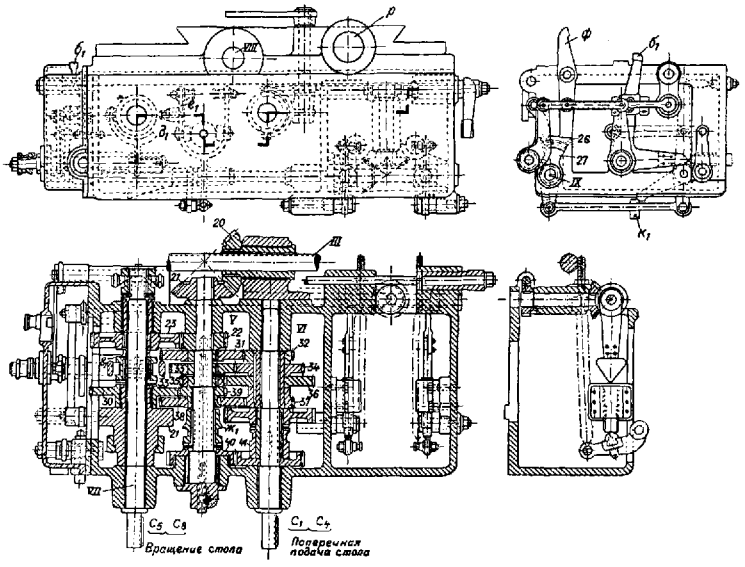
и устанавливаемым рукояткой *п*, валиком IV, сектором *18* и зубчаткой *19*. Вал III передает движение коробке супорта через передачу $\frac{20}{21}$ V; от вала V приводятся все упомянутые выше движения стола. Рабочая подача осуществляется в конце каждого рабочего хода ползуна *б* одновременным вращением винта подачи *р* (через передачу V $\frac{40}{41}$ VI $\frac{c_1 c_3}{c_2 c_4}$, при чем сменные шестерни $\frac{c_1 c_3}{c_2 c_4}$ надеваются на вал VI и выступающий конец винта *р*) и валика червяка, вращающего стол через передачу V $\frac{22}{23}$ VII $\frac{c_5 c_7}{c_6 c_8}$ VIII $\frac{24}{25}$. По окончании рабочего хода стола упорка *с* передвигает штангу *т*, последняя упоркой *у* поворачивает рычаг *ф*, который посредством передачи $\frac{26}{27}$ IX $\frac{28}{29}$ поворачивает рычаг *х* и сцепляет муфту *ц* с шестерней *14*. Интересен механизм, заставляющий переключение совершаться всегда при наивысшем положении ползуна *б*. Камни рычага *х* на много уже соответствующ. канавки муфты *ц*;

поэтому рычаг и может совершать поворот даже немного далее средней линии, не выводя этим муфты $ц$ из зацепления с храповичком *18*, что вызвало бы остановку вала III, а следовательно и IX. При дальнейшем продвижении рычага $к$ муфта $ц$



Фиг. 19а. Детали распределительной коробки на станине.

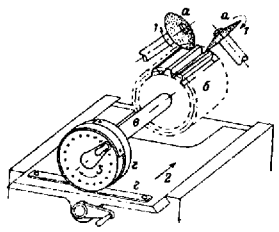
выводится из зацепления с храповичком, и подача останавливается, а вместе с тем останавливается и дальнейшее движение рычага $х$; теперь его заставляет двигаться направо клин защелки $ч$, но дальнейшему передвижению мешает то, что сидящий на рычаге $х$ рычажок $ш$ уперся выступом в упорку на рычаге $щ$; последний отводится в сторону упоркой $ы$, имеющейся на зубчатой рейке $к$, в момент прихода ползуна $б$ в высшее положение; после этого рычаг $х$ быстро передвигается направо, соединяет муфту $ц$ с шестерней *14* и одновременно выключает рычажком $э$ выключатель $ю$, находящийся в цепи магнитной муфты; т. о., движение ползуна $б$ временно прекращается. Теперь вал III вращается со значительной скоростью в обратную сторону, чем вызывается обратный отход стола, сопровождаемый вращением колеса в обратном направлении. Немного перейдя исходное положение, стол упоркой $а_1$ передвигает штангу $т$ вправо, при чем последняя захватывает рычаг $б_1$, к-рый в свою очередь переводит муфту $в_1$, сцепляющую зубчатку *30* с шайбой $г_1$. Последняя начинает вращаться, отодвигая при этом при помощи фигурной канавки, в к-рой ходит палец $д_1$, вилку $е_1$, и разобщает т. о. однозубцовую муфту $жс_1$. В результате этого вал VI, а вместе с ним и линейная подача стола останавливаются. Шайба $г_1$ получает вращение через ряд сменных передач *31*, *32*, *33*, *34*, *35*, *36*, *37*, *38*, *39* и *30*, при чем за один оборот вала V шайба может, смотря по положению передвижной шпонки, сделать 1, $^1/_2$ или $^1/_4$ оборота. После одного полного оборота шайба $г_1$ освобождает вилку $е_1$, находящуюся под действием пружины, и зубец муфты $жс_1$ заскакивает в выточку шестерни *40*. В результате этого между валами VI и VII получается разность хода точно в 1, 2 или 4 оборота, а так как сменная передача всегда ставится т. о., что передача V—винт подачи $= \frac{c_1c_3}{c_2c_4} = \frac{l}{h_1}$, а передача V—вал червяка $= \frac{c_5c_7}{c_6c_8} = \frac{k'}{z}$, то 1, 2, 4 оборота валика V соответствуют повороту обрабатываемого предмета относительно рейки инструмента на 1, 2 или 4 зубца (первое деление применяется при работе одиночным резцом, а два последних—при работе рейкой). После того как движение деления закончено, хвост вилки $е_1$ поднимается и освобождает упорку $к_1$, после чего сектор *27* поворачивает вал IX в обратном направлении, муфта $ц$ в коробке станины сцепляет вал III с храповым колесом *18*, выключатель $ю$ замыкает вновь ток



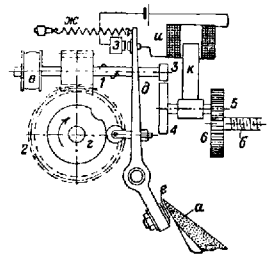
Фиг. 19б. Детали перебора супорта.

магнитной муфты, и рабочий ход начинается сначала. Машины этого типа удобны главн. обр. для обработки больших колес одиночным порядком, когда стоимость инструмента (рейка) становится слишком значительной по сравнению с числом подлежащих обработке зубчатых колес. При массовом производстве выгоднее пользоваться рейкой, при чем механизм подачи в этом случае изменяется так, что при обратном ходе стол не вращается, чем и осуществляется движение деления. Зубчатые колеса, в особенности

сложных форм (напр. короны дифференциала) при закалке обычно коробятся, так что после закалки желательна дополнительная обработка их на специальных шлифовальных станках. Маагом сконструированы для этой цели автоматич. станки, в которых рабочим элементом являются два наждачных круга *а-а* (фиг. 20), наклоненных под углом *α* к вертикали и образующих т. о. один зубец воображаемой рейки. Обрабатываемое колесо *б* насаживается на оправку *в* и совершает движения обкатывания при помощи сектора и ленты Бильгрема *г*. В минуту колесо совершает 20—30 качаний, продвигаясь после каждого на 0,2—2 *мм* вдоль направляющих; таким образом, на шлифование одного зубца длиной 60 *мм* при $m=6$ *мм* затрачивается около $2^1/_2$ минут. По окончании шлифования совершается деление поворотом оправки *в* относительно сектора Бильгрема на угол, соответствующий одному зубцу. Все упомянутые движения в станке Маага совершаются вполне автоматически. Интересен механизм, служащий для поддержания шлифовальных дисков неизменно в надлежащем положении, несмотря на их срабатывание. Схема действия этого приспособления изображена на фиг. 21. Каждый диск *а* приводится в действие особым мотором, к-рый помещается на салазках, ходящих по направляющим при помощи винта *б*. Шкив *в* непрерывно вращается от того же мотора, вращая через червячную передачу $\frac{1}{2}$ фигурную шайбу *г*, которая один раз за оборот (т. е. приблизительно каждые 6—10 ск.) освобождает на короткое время рычажок *д*, в остальное время поднятый. На конце этого щупового рычажка находится плоский алмаз *е*, опирающийся при освобождении рычажка под влиянием слабой пружины *жс* на рабочую поверхность наждачного круга. Как только диск несколько сработается, контакты *з-з*, из к-рых один сидит на рычажке, а другой—неподвижный, замкнут ток цепи катушки *и*, и железный сердечник *к*, втягиваясь внутрь катушки, прижмет друг к другу фрикционные колеса $\frac{3}{4}$; колеса приводят во вращение через передачу $\frac{5}{6}$ винт *б*, продвигающий шлифовальный круг влево, пока не разомкнется ток в цепи катушки. Описанный механизм настолько чувствителен, что наждачный круг не удаляется от своего нормального положения больше чем на 0,001—0,002 *мм* в ту или другую сторону.

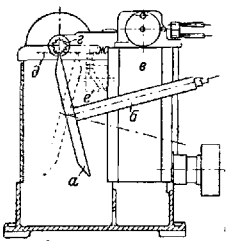


Фиг. 20.

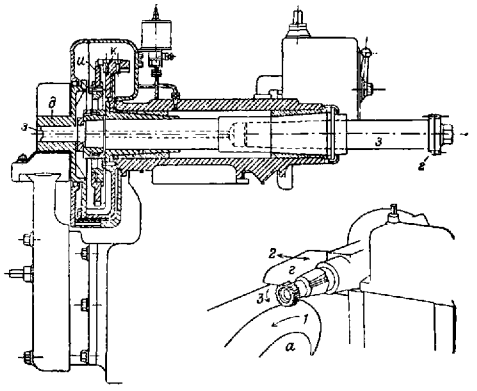


Фиг. 21.

В настоящее время для быстрой шлифовки зубцов незначительной ширины применяют шлифовальные станки с большим наждачным кругом, в к-рых продольная подача совершенно исключается, т. к. вся рабочая поверхность зубца шлифуется наждачным кругом за одно движение обкатывания (система Лис-Браднера); остающиеся по бокам в глубине зубца небольшие неотшлифованные треугольнички не играют роли, так как они не участвуют в зацеплении. Необходимость применения шлифовального круга большого диам. (до 800 *мм*) объясняется, помимо необходимости уменьшить необработанные участки зубца, тем, что в этих станках отсутствует автоматич. приспособление для удержания рабочей кромки круга в неизменном положении, а потому нужно ограничить износ круга настолько, чтобы это не имело практического значения хотя бы в течение обработки одного зубчатого колеса. Принцип устройства такого станка изображен на фиг. 22а, а конструкция шпинделя—на фиг. 22б. Вал тарельчатого наждачного диска *а* вращается в подшипниках *б*, укрепленных в салазках *в*, и может принимать любой



Фиг. 22а.

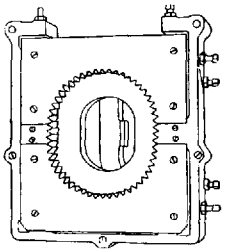


Фиг. 22б.

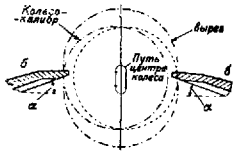
уклон относительно горизонта (±25°). Обрабатываемое колесо *г* зажимается на шпинделе *з*, связанном через делительный круг *и* с лентой и сектором Бильгрема *д*, служащими для придания колесу правильного движения обкатывания, осуществляемого шайбой *е* с фасонной канавкой и пальцем *жс*. По окончании каждого хода обкатывания особый механизм *к* поворачивает колесо на один зубец относительно сектора *д*. После того как все зубцы отшлифованы с одной стороны, вал наждачного колеса наклоняют в положение, симметричное предыдущему, и шлифуют вторые половины зубцов. Продолжительность шлифования одного зубца независимо от шага (в пределах мощности машины), включая время установки и смены шестерен, составляет 15—20 ск.

Весьма оригинален принцип, на котором основан шлифовальный З. с. Пратта и

Уитнея. Здесь проведен в жизнь принцип параллельной обработки всех зубцов колеса при помощи снятия многих легких стружек, при чем после снятия одной стружки сторона данного зубца подходит вновь под наждачный круг не раньше, чем все остальные зубцы успели подвергнуться той же операции; этим совершенно исключается возможность деформации зубцов во время обработки как вследствие нагревания, так и от чрезмерного давления рабочего инструмента. Осуществляется этот принцип след. обр.: зубчатое колесо-калибр такого же модуля и числа зубцов, что и шлифуемое, катается внутри выреза, состоящего из двух полуокружностей с внутренним зацеплением и двух коротких реек того же модуля, что и колесо (фиг. 23а). Под влиянием этого движения обрабатываемое колесо, сидящее на том же шпинделе, что и колесо-калибр, на прямых участках пути совершает движение обкатывания относительно двух наждачных дисков *б-б* (фиг. 23б), изображающих собою две боковые поверхности зубцов воображаемых реек. На полуокружностях выреза оба колеса совершают поворот относительно своей оси, вследствие чего под наждачный круг подходит каждый раз другой зубец. Размеры окружностей и реек выреза подбираются т. о., чтобы числа зубцов



Фиг. 23а.



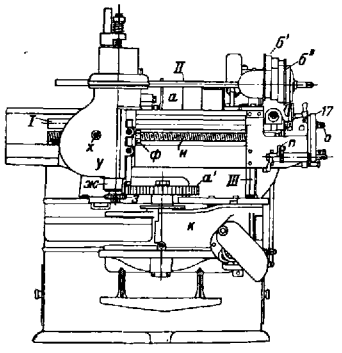
Фиг. 23б.

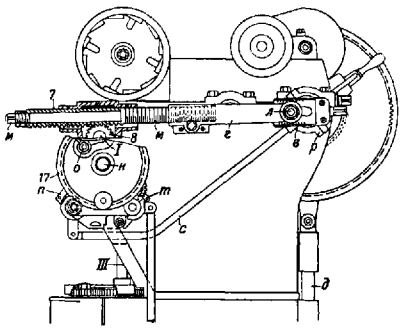
выреза и колеса были взаимно простыми. Т. о., зубец снова подходит под круг лишь после того, как все остальные проделали ту же операцию. Подача совершается продвижением шпинделя обрабатываемого колеса по направлению центра муфты, катающейся в вырезе. С каждого зубца снимается за все время обработки 20—30 стружек, при чем максимальная толщина стружки, снимаемая за один прием, равна 0,005—0,0075 *мм*; рабочий шпиндель совершает 150 полных катаний в минуту, так что время полной обработки одного зубца колеблется от 10 до 15 ск. Главным неудобством этого способа, делающим его пригодным лишь для массового производства, является необходимость изготовления для каждого модуля и числа зубцов дорого стоящих особого колеса-калибра и доски с фасонным вырезом.

В З. с. типа Феллоу (фиг. 24 и 25) рабочим инструментом является режущее зубчатое колесо, совершающее рабочее движение параллельно своей оси. Движения же подачи и деления объединены и заключаются в простом вращении резца и обрабатываемого колеса с угловыми скоростями ω_1 и ω_2, обратно пропорциональными радиусам окружностей катания, т. е. $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$ или $\omega_1 z_1 = \omega_2 z_2$. З. с. этого типа нормальной конструкции изображен на фиг. 24 и 25, а основная схема передаточного механизма на фиг. 26. Рабочее движение плунжер *же*, на к-ром сидит резцовая шестерня *з*, получает от шкива *а* через кривошип *в*, шатун *г*, рейку 7, зубчатое колесо 8, вал I и сектор 9, зацепляющийся с цилиндрич. рейкой *10* на теле плунжера. Механизм подачи осуществляется от ступенчатых шкивов *б-б*, приводящих при помощи ременной передачи одновременно во вращение плунжер *же* с резцовой шестерней *з* через передачу $\frac{1}{2}\frac{3}{4}$ II $\frac{5}{6}$, и рабочий стол через передачу $\frac{11}{12}$ III $\frac{13}{14}\frac{c_1 c_3}{c_2 c_4}\frac{15}{16}$. Полная передача от плунжера к обрабатываемому зубчатому колесу, т. о., равна

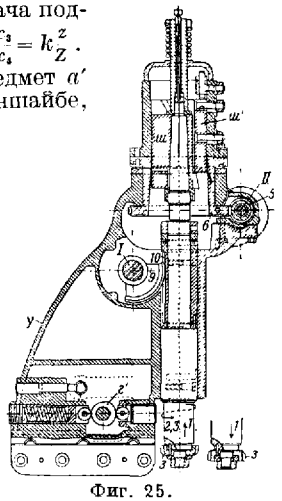
$$\frac{6}{5}\frac{4}{3}\frac{2}{1}\frac{11}{12}\frac{13}{14}\frac{c_1 c_3}{c_2 c_4}\frac{15}{16} = \frac{z}{Z},$$

где z—число зубцов резцовой шестерни, а Z—число зубцов нарезаемого колеса. Таким обр., сменная передача подбирается так, что $\frac{c_1 c_3}{c_2 c_4} = k\frac{z}{Z}$. Обрабатываемый предмет *а'* помещается на планшайбе, вращающейся в кронштейне *к*, снабженном рычагом *и*; последний под действием фигурного ползуна *д*, приводимого в движение кривошипом, сидящим на рабочем валу, заставляет кронштейн *к*, а вместе с ним и обрабатываемый предмет отходить при обратном ходе резца назад. В некоторых станках этого же типа движение отхода совершается под влиянием фигурного кулачка *г'*, отклоняющего рабочий супорт *у* вместе с плунжером (фиг. 25). Длина хода плунжера изменяется перестановкой пальца *л* кривошипа в вырезе последнего, а положение плунжера по высоте определяется длиной



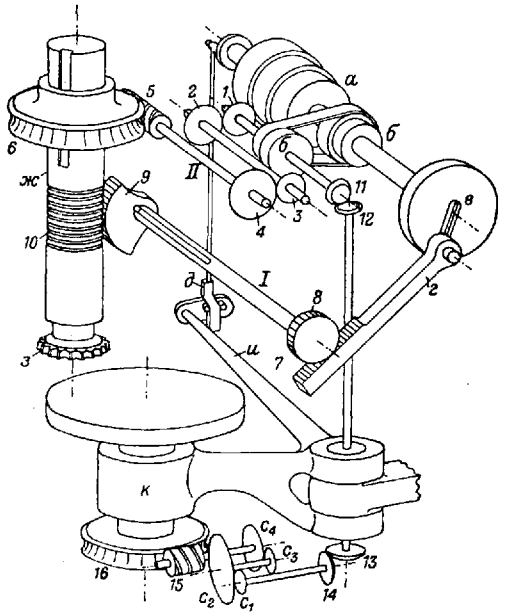


Фиг. 24.



Фиг. 25.

шатуна *г*, изменяемой посредством винта *м*, на котором сидит рейка 7. Схема устройства станка осложняется еще тем, что в начале обработки резец должен при неподвижном колесе врезаться в него в радиальном направлении на глубину зуба,

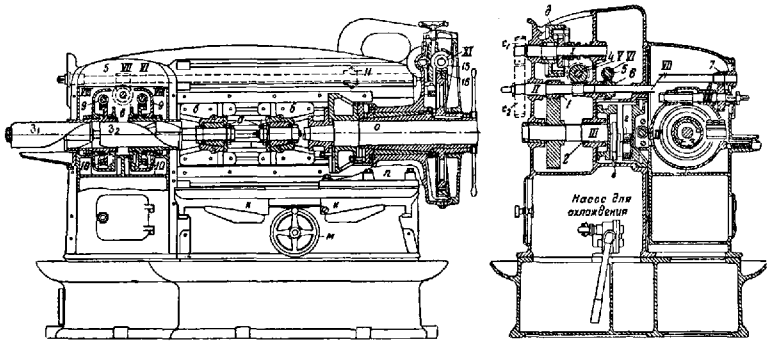


Фиг. 26.

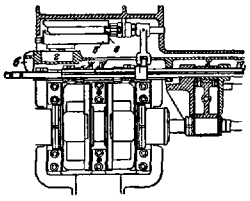
после чего продольная подача должна быть выключена, а включено движение обкатывания. Продольная подача осуществляется винтом *н* (фиг. 24), приводимым в движение шестерней *17*; эта шестерня несет на себе два пальца—один неподвижный (невидимый на фиг.), а другой подвижной *о*, которые при определенном положении шестерни *17* выключают собачку самохода *п*, приводимую в движение от главного вала через эксцентрик *р* и тягу *с*, и включают собачку движения обкатывания *т*. Перед пуском в ход колесо *17* отводится назад на величину, соответствующую углу поворота винта *н*, необходимому для получения требуемой глубины зубца; затем рабочий супорт *у*, вращением гайки *ф* при помощи валика *х*, подводится до соприкосновения резцового колеса с поверхностью болванки; после этого станок пускается в ход. Собачка *п* вращает через передачу *17* винт *н* до тех пор, пока палец *о* не переключит продольный самоход на движение обкатывания; по окончании одного полного оборота червячного колеса *16*, а следовательно и обрабатываемой шестерни, станок останавливается и извещает рабочего звонком об окончании обработки. Для особо точных колес станок снабжен приспособлением для вторичного, чистового прохода: в этом случае палец *о* устанавливается в прорезе колеса *17* на величину, соответствующую оставляемому для чистовой обработки припуску; по окончании одного оборота червячного колеса *16* механизм продольной подачи снова вступает в действие, при чем на этот раз салазки проходят лишь путь, равный оставленному припуску, обычно 0,5 до 1,0 *мм*; затем неподвижный палец вновь выключает собачку продольного самохода и включает собачку движения обкатывания, колесо *16* вновь совершает полный оборот, после чего станок автоматически останавливается и извещает рабочего звонком об оконченной работе. На этом же станке возможно нарезание колес с винтовыми зубцами; для этого плунжер в верхней своей части снабжается особыми направляющими (фиг. 25, *ш-ш'*) в виде части винтовой поверхности, сообщающими плунжеру добавочное вращательное движение, необходимое для образования винтовых зубцов. Резцовая шестерня затачивается по торцевой поверхности так, что характер зубцов при этом остается неизменным. Сама резцовая шестерня нарезается на станках, аналогичных описанному, а затем шлифуется по боковым поверхностям зубцов на станках, работающих по принципу Лис-Браднера. Интересно отметить, что все зубчатые колеса, полученные на станке Феллоу с данными винтовыми направляющими, имеют один и тот же угол наклона зубцов независимо от их диаметра. Производительность З. с. Феллоу описанного выше типа видна из того, что при нормальном числе ходов, равном 150 в мин. (изменяется от 56 до 200), и средней подаче (чугун, мягкая сталь) на обработку одного зубца $m=5$ *мм*, шириной 50 *мм*, требуется $0{,}31+\frac{1{,}6}{Z}$ мин. В настоящее время для зубчатых колес небольшого диаметра (до 180 *мм*) и модуля (5 *мм*) строятся быстроходные З. с. этой системы, плунжер которых делает 300—600 ходов в минуту. При этих условиях время нарезки одного зуба указанных размеров равно $0{,}20+\frac{0{,}7}{Z}$ мин.

Основываясь на том же принципе, что и Феллоу, Сайкс сконструировал станки, предназначенные для нарезки зубчатых колес с настоящими шевронными зубцами, т. е. неразорванными посредине и имеющими острые как входящий, так и выходящий углы. З. с. системы Сайкса изображен на фиг. 27, а схема передач его — на фиг. 28. Рабочим инструментом являются две режущие шестерни *а*, получающие переменно-возвратное движение вместе с салазками *б* от кривошипно-кулисного механизма *в-г*, приводимого в движение ременным шкивом *д* через передачу $I\frac{c_1}{c_2}II\frac{1}{2}III$. По окружности диска кривошипа *в* вырезана фигурная канавка, в к-рой ходит ролик *е*, приводящий через систему рычагов в колебательное движение валик IV; на этом валике сидят кулачки *жс*, прижимающие поочередно в начале рабочего хода то одну, то другую половину салазок к неподвижной упорке, ограничивающей глубину хода, и отводящие их назад во время обратного хода соответствующего резца. Резцы совершают двоякое вращательное движение: 1) вращение обкатывания под действием передачи $II\frac{3}{4}V\frac{c_2}{c_1}VI\frac{5}{6}VII\frac{7}{8}VIII\frac{9}{10}$ и 2) вращение, соответствующее углу образующей зубцов под действием винтовых направляющих $з_1$ и $з_2$. Обрабатываемое колесо *н* зажимается в шпинделе

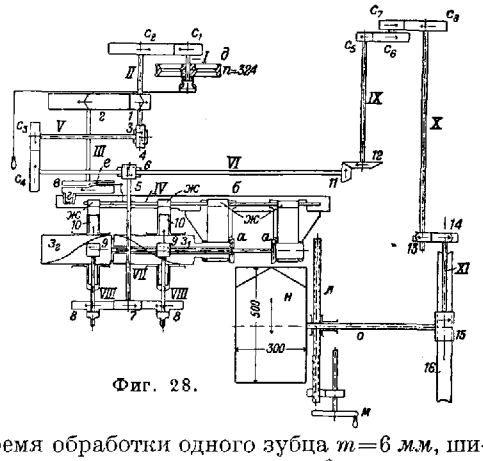
о супорта *п*, помещающегося вместе с рейштоком (не изображенным на фиг. 27) на столе *к*, который может передвигаться в поперечном направлении помощью винта *л* и маховичка *м*. Это движение совершается вручную и служит лишь для установки резцов на надлежащую глубину зубца в начале работы. Обрабатываемое зубчатое колесо, кроме того, совершает движение обкатывания под действием передачи $VI\frac{11}{12}IX\frac{c_5c_7}{c_6c_8}X\frac{13}{14}XI\frac{15}{16}$. Сменные колеса $\frac{c_1}{c_2}$ и $\frac{c_3}{c_4}$ служат для изменения числа ходов салазок (от 32 до 200 в мин.) и подачи ($^1/_{3000}$ до $^1/_{300}$ оборота



Фиг. 27.



резца за 1 ход салазок); колеса c_5, c_6, c_7 и c_8 служат для изменения передачи между резцами и обрабатываемым колесом в зависимости от их чисел зубцов *z* и *Z*. Общая передача резец—шпиндель $\frac{10}{9}\frac{8}{7}\frac{6}{5}\frac{11}{12}\frac{c_5c_7}{c_6c_8}\frac{13}{14}\frac{15}{16}=$ $=\frac{120}{1}\cdot\frac{44}{22}\cdot\frac{24}{6}\cdot\frac{25}{40}\cdot\frac{c_5c_7}{c_6c_8}\cdot\frac{24}{10}\frac{1}{180}=2\cdot\frac{c_5c_7}{c_7c_8}=\frac{z}{Z}$, т. е. колеса $c_5 \div c_8$ д. б. подобраны так, что $\frac{c_5c_7}{c_6c_8}=\frac{z}{2Z}$.



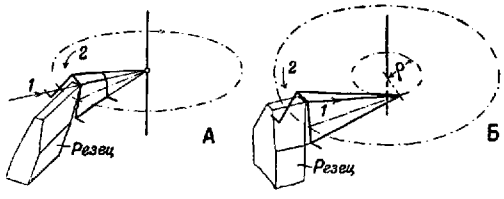
Фиг. 28.

Время обработки одного зубца $m=6$ *мм*, шириной 50 *мм*, составляет $0{,}3+\frac{2}{Z}$ мин., т. е. почти равно времени обработки на З. с. Феллоу.

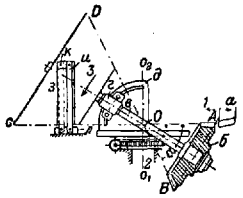
Совершенно на тех же принципах, что и описанные выше, основана конструкция З. с. для нарезки точных зубцов конич. шестерен по принципу обкатывания, с той лишь разницей, что здесь основным профилем является не зубчатая рейка, а плоское колесо, т. е. конич. зубчатое колесо с углом при вершине начального конуса равным 180°. За боковую поверхность зубцов плоского колеса принимают плоскость, проходящую через вершину начального конуса и наклоненную к начальной поверхности под углом $90°-\alpha$, где α—угол зацепления. Хотя такая форма зубцов и не является математически точной эвольвентой (см. *Зубчатые колеса*), но это отражается лишь на некотором искривлении линии зацепления, само же зацепление двух октоидных колес, полученных обкатыванием с одним и тем же плоским колесом, совершенно точно. Эта основная поверхность зубцов плоского колеса обладает тем чрезвычайно удобным свойством, что м. б. легко осуществлена движением прямолинейного резца по направлению к центру начального конуса (фиг. 29, А). Правильность зацепления не нарушится, если отдельные сечения зубца будут сдвинуты одно относительно другого. Этим обычно пользуются при обработке конических зубчатых колес с косыми (фиг. 29, Б), угловыми и криволинейными (фиг. 29, В) зубцами. В последн. случае форма образующей кривой зависит от соотношения между главным и добавочным движениями резца.

Одним из первых З. с., работающих по принципу обкатывания, был станок системы Бильгрема; способ работы его изображен на фиг. 30а, а конструкция—на фиг. 31. Резец *а* с прямолинейным острием, обрабатывающим за каждый проход лишь одну боковую поверхность зубца, совершает прямолинейное переменно-возвратное движение, при чем нижняя кромка его всегда проходит через центр *О* начального конуса *ОАВ*. Все движения подачи, обкатывания и деления совершает обрабатываемое колесо *б*, насаженное на оправку *в*, вращающуюся в подшипниках *г*; подшипники устанавливаются под углом, равным половине угла α при вершине начального конуса, и закрепляются в этом положении на секторах *д*; последние связаны с червячным колесом *е*, служащим для придания всей средней части колебательного движения вокруг оси o_1-o_2, проходящей через вершину начального конуса. Оправка *в* соединена через посредство делительного механизма *жс* с эллипсоидальным сектором *з* (сектор Бильгрема, фиг. 30б), к-рый при посредстве двух стальных лент *и* и *к* связан с линейкой *л*, укрепленной на станине станка. Сектор составляет часть поверхности продолженного начального конуса *OCD*. При вращении всей системы вокруг оси o_1-o_2 сектор *з* заставляет колесо совершать движение обкатывания по отношению к начальной поверхности плоского

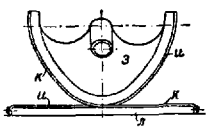
колеса, изображаемой плоскостью, проходящей через верхнюю кромку линейки *л* и центр конуса *О*. Смещая путь резца параллельно самому себе в горизонтальном направлении на величину ϱ, можно обрабатывать конические шестерни с косыми зубцами по типу фиг. 29, Б. Станок получает движение от шкива *м*; далее оно передается через коробку Нортона *н* на кривошип *п*, сообщающий переменно-возвратное движение ползуну *р* с укрепленным в нем резцом *а*. На боковой поверхности зубчатого колеса *с*, сидящего на одном валу с кривошипом, вырезана фигурная канавка *т*, служащая для



Фиг. 29.

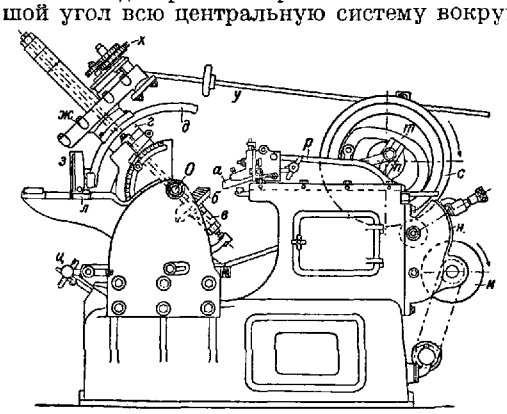


Фиг. 30а.



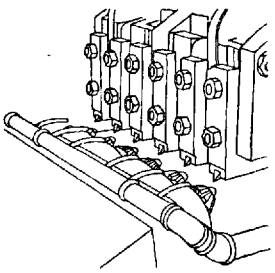
Фиг. 30б.

поднятия резца при обратном ходе; делительный аппарат *ж* получает движение от оси перебора через ряд шестеренок посредством валика *у* и ряда сменных передач *х*. Станок работает т. о., что после каждого хода резца обрабатываемое колесо поворачивается на один зубец, а после полного оборота колеса вступает в действие механизм подачи обкатывания *ц*, к-рый поворачивает на небольшой угол всю центральную систему вокруг

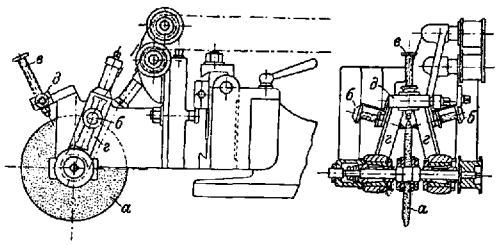


Фиг. 31.

вертикальной оси; т. о., здесь применен принцип параллельной обработки зубцов. По окончании всего движения обкатывания оказывается обработанной одна боковая поверхность всех зубцов колеса; для обработки другой меняют резец и направление движения обкатывания. Как и большинство З. с., З. с. Бильгрема для точной обработки требует предварительного чернового нарезания зубцов. В виду того что от этой операции не требуется особой точности, она совершается обычно при помощи нормальн. дисковых фрезеров или фасонных резцов; на фиг. 32 изображена рабочая часть З. с. для предварительной обработки сателлитных шестеренок для автомобильного дифференциала. Обработке подвергается шесть зубчаток за раз; производительность машины весьма велика; так, напр., обработка шестеренки из стали с 12 зубцами модуля 2,5 *мм*, шириной 20 *мм*, продолжается, включая время на зажим и простой машины, лишь 1,1 мин. Совершенно аналогично описанному выше З. с. Бильгрема для строгания зубцов конических шестерен строятся шлифовальные станки той же системы; вся разница состоит лишь в том, что резец заменяется небольшим наждачным кругом *а* (фиг. 33), боковые поверхности которого обточены под надлежащими углами и поддерживаются в точном состоянии посредством трех алмазов *б*, *б*, *в*, ходящих в неподвижных



Фиг. 32.

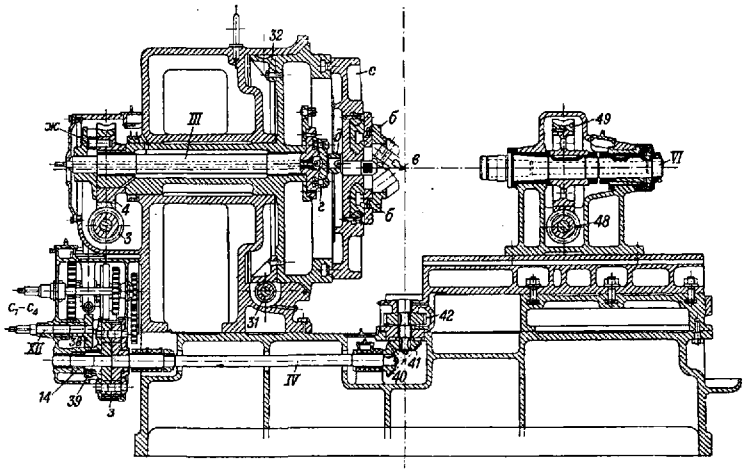


Фиг. 33.

направляющих *г*, *г*, *д*. Круг приводится во вращение сидящим на ползуне электромотором посредством ременной передачи. Движение обкатывания, кроме описанного выше способа Бильгрема, может быть осуществлено одновременным поворотом вокруг соответствующих осей обрабатываемой шестерни и воображаемого плоского колеса помощью зубчатых шестерен. На этом принципе основаны нек-рые модели З. с. Глисона, Гейденрейха и Гарбека, Бранденбергера и др.

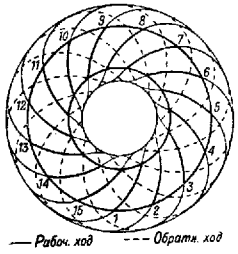
Вертикальный разрез З. с. системы Бранденбергера изображен на фиг. 34, принцип обработки — на фиг. 35, а общая схема приводного механизма—на фиг. 36. Этот З. с. интересен тем, что на нем нарезаются настоящие спиральные зубцы, вследствие того что резец при рабочем движении получает нек-рое добавочное движение в плоскости основного плоского колеса. Машина приводится в движение трехступенчатым ременным шкивом *а*; рабочее движение салазки *б-б*

с резцом $в$ получают через передачу $I\,\frac{1}{2}\,II\,\frac{3}{4}$, кулисный механизм $жс$, не изображенный на схеме, вал III, кривошип $г$ и шатун $д$. Салазки помещаются на диске $е$, соединенном с червячным колесом 32; последнее



Фиг. 34.

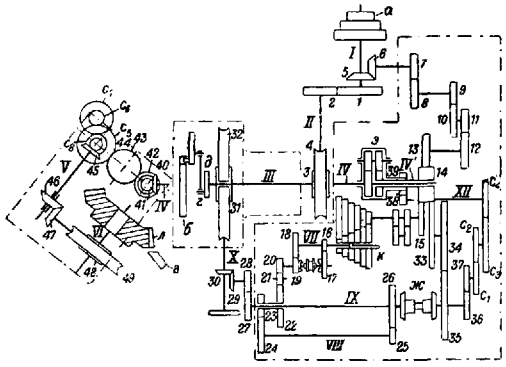
получает вращение через передачу $I\,\frac{5}{6}\,\frac{7}{8}\,\frac{9}{10}\,\frac{11}{12}\,\frac{13}{14}\,\frac{14}{15}$, перебор и ряд сменных передач, включаемых подвижной шпонкой $к$, вал $VII\,\frac{16}{17}$ или $\frac{18}{19}$, $\frac{20}{21}\,\frac{21}{22}\,\frac{23}{24}\,VIII\,\frac{25}{26}$, муфту $жс$, вал $IX\,\frac{27}{28}\,\frac{29}{30}\,X\,\frac{31}{32}$. Быстрое вращение диск $е$ получает через передачи $\frac{14}{33}\,\frac{34}{35}\,IX\,\frac{27}{28}\,\frac{29}{30}\,X\,\frac{31}{32}$. Обрабатываемое колесо получает вращение через передачу с дифференциалом $з$: $IV'\left(1 \pm 2\,\frac{14}{33}\,\frac{34}{35}\,IX\,\frac{36}{37}\,\frac{c_1c_3}{c_2c_4}\,XII\,\frac{38}{39}\right)IV\,\frac{40}{41}\,\frac{42}{43}\,\frac{43}{44}\,\frac{c_5c_7}{c_6c_8}\,\frac{c_8}{45}\,V\,\frac{46}{47}\,\frac{48}{49}\,VI$. Принцип работы станка состоит в следующем: диск $е$ в своем вращении опережает или отстает от воображаемого плоского колеса, сечение зубцов к-рого изображается режущими кромками двух резцов; вследствие этого при равномерном движении резцов к центру колеса они опишут режущими кромками поверхность зубца спиральной формы, определяемой в полярных координатах ур-ием $\varrho = a \cdot \varphi$. Вследствие того, что во время обратного хода обрабатываемое колесо продолжает вращаться, резцы встречают поверхность его в другой точке (фиг. 35); подбирая соответственным образом время обращения диска и скорость колеса, можно достигнуть того, что резцы будут встречать обрабатываемое колесо как раз в точках деления. Этого достигают тогда, когда отношение числа оборотов колеса и диска выражается дробью n, знаменатель которой равен числу зубцов обрабатываемого



Фиг. 35.

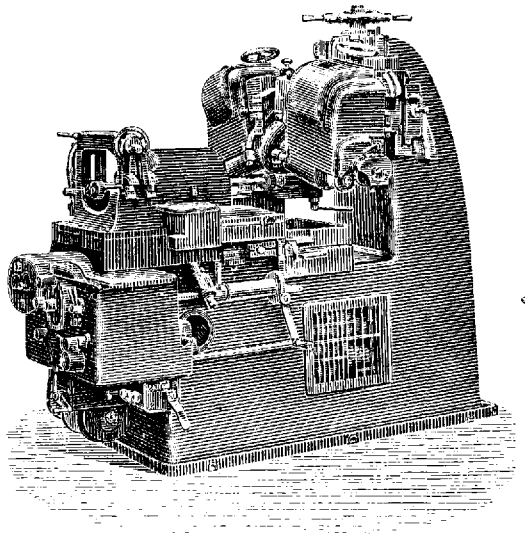
колеса; тогда числитель покажет, сколько зубцов пропускает резец, прежде чем снова придет в соприкосновение с колесом. Делая числитель и знаменатель взаимно простыми, мы достигнем параллельной обработки зубцов (на фиг. 35—колесо с 15 зубцами, $n = \frac{7}{15}$). Для осуществления подачи необходимо к этому рабочему движению присовокупить медленное движение обкатывания обрабатываемой шестерни и воображаемого плоского колеса. Полная передача от диска $е$ к обрабатываемому колесу равна: $\frac{32}{31}\,\frac{30}{29}\,\frac{28}{27}\left(\frac{35}{34}\,\frac{33}{14} \pm \right.$ $\left. \pm 2\,\frac{36}{37} \cdot \frac{c_1c_3}{c_2c_4}\,\frac{38}{39}\right)\frac{40}{41}\,\frac{42}{43}\,\frac{43}{44}\,\frac{c_5c_7}{c_6c_8}\,\frac{c_8}{45}\,\frac{46}{47}\,\frac{48}{49}$. Сменные колеса c_5—c_8 подбираются так, чтобы угловая скорость вращения колеса 48 отвечала вышеуказанному отношению n. Подбором же сменных шестерен c_1—c_4 достигаем медленного вращения обкатывания. О производительности станка дает представление следующий пример: колесо модуля 6 *мм*, шириной 50 *мм*, из литой стали с временным сопротивлением на разрыв 60—65 *кг/мм*^{2} потребовало при выработке из цельного обода по 160 ск. на 1 зубец.

В станках Глисона (фиг. 37) для обработки конических колес с круговыми зубцами рабочим инструментом является фрезер особой формы, представляющий режущей кромкой своих зубьев поверхность зубца плоского колеса с образующими в виде

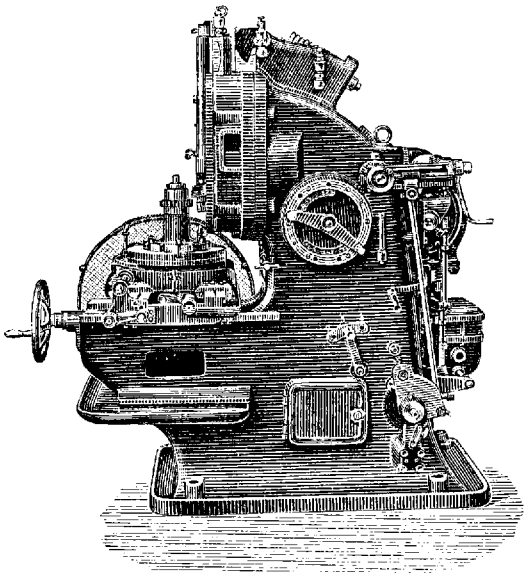


Фиг. 36.

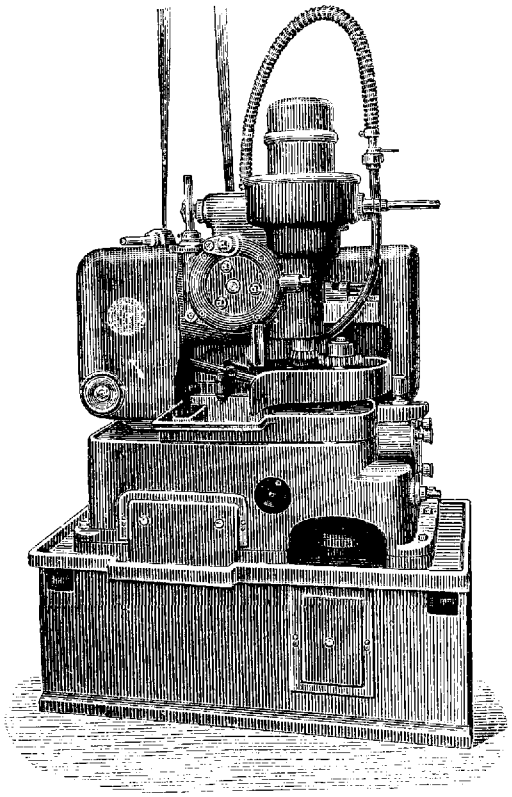
дуги круга. В З. с. Глисона новейшей конструкции фрезер совершает лишь рабочее движение; движения же обкатывания и деления совершаются обрабатываемым зубчатым колесом. Фрезер $а$ получает вращение непосредственно от электромотора $б$ через передачу $\frac{1}{2}$. Обрабатываемое колесо $в$ сидит на шпинделе $г$, помещающемся в люльке $д$; люлька может качаться в кольцевых направляющих вокруг оси, к-рая совпадает с горизонтальной образующей начального конуса колеса. Колебательное движение люльки



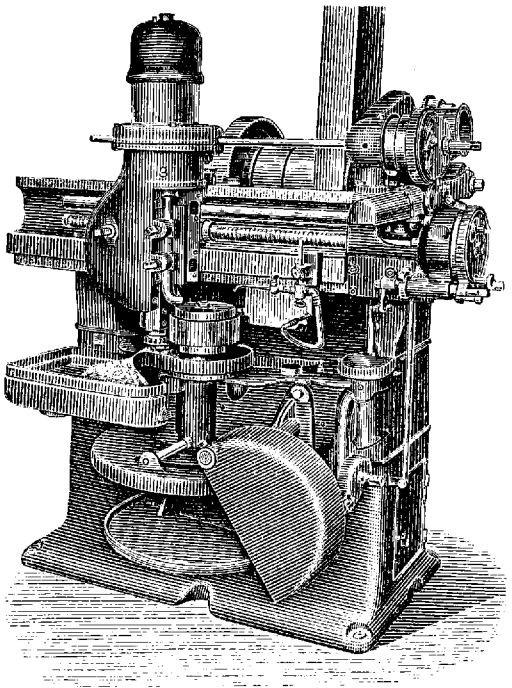
Шлифовальный станок для зубчатых колес системы Маага.



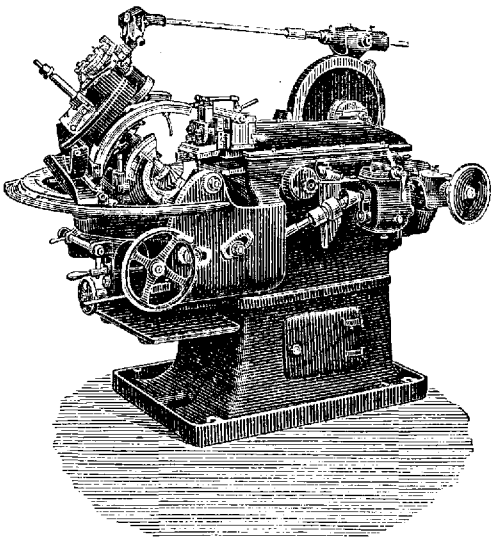
Зуборезный станок системы Маага.



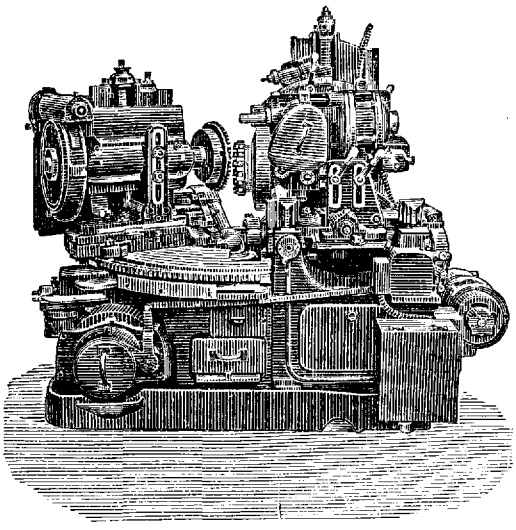
Быстроходный зуборезный станок системы Феллоу.



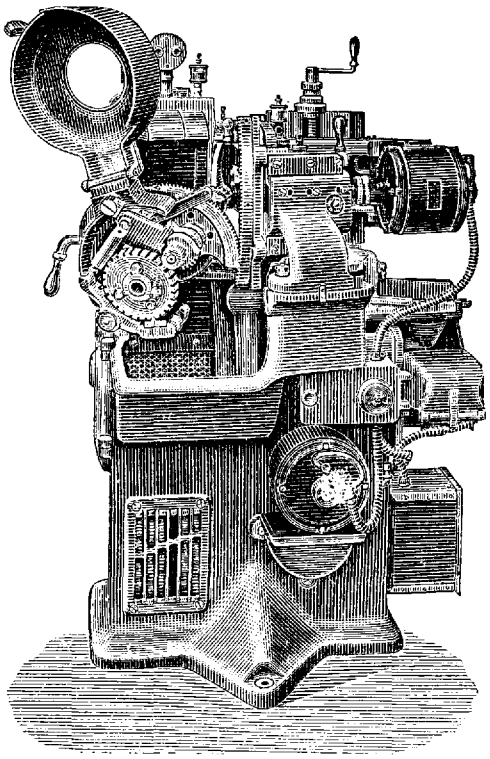
Нормальный зуборезный станок системы Феллоу.



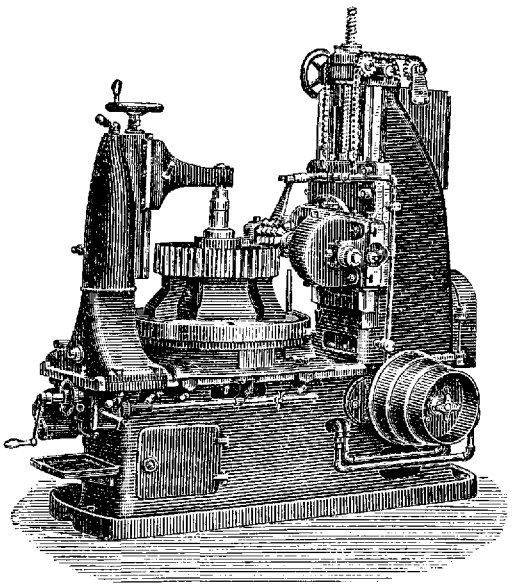
Зуборезный станок системы Бильгрема.



Зуборезный станок системы Глисона.

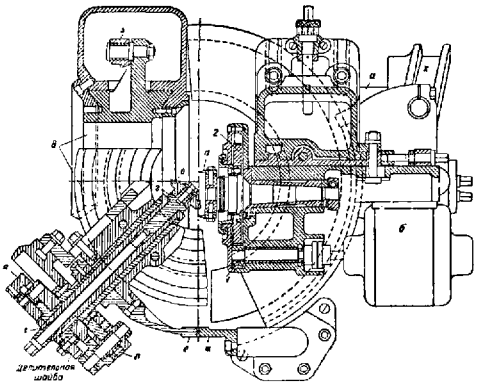


Быстроходный зуборезный станок системы Глисона.



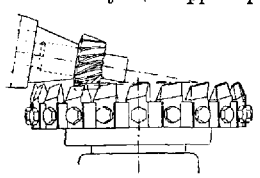
Зуборезный станок системы Пфаутера.

обусловливает движение обкатывания обрабатываемой шестерни по основному плоскому колесу. Шпиндель *г* получает вращение обкатывания от сектора *е*, зацепляющегося



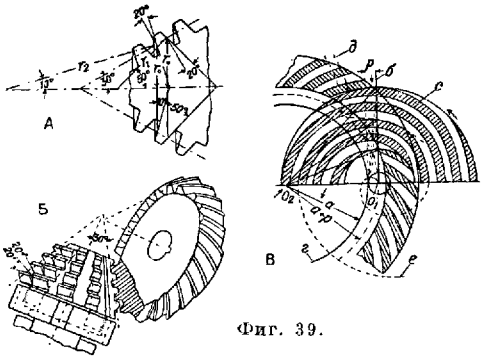
Фиг. 37.

с частью плоского колеса *ж*, неподвижно укрепленного на станине З. с. По окончании одного полного движения обкатывания, осуществляемого шатуном *з* от вала *и*, сидящая на последнем шайба с фигурной канавкой *к* отводит назад фрезерную бабку, и делительный аппарат *л* поворачивает зубчатое колесо на один зубец. Взаимное положение фрезера и обрабатываемой шестерни видно из фиг. 38. Весьма интересным является З. с. системы National Twist Drill a. Tool Co. в Детройте (С. Ш. А.), работающий по способу обкатывания, при чем рабочим инструментом является конич. червячный фрезер (фиг. 39, А—разрез и основные размеры, фиг. 39, Б—рабочее положение относительно обрабатываемого колеса). Теоретич. исследование показывает, что при вращении такого фрезера зубцы его зацепляются с зубцами плоского колеса, образующими к-рых являются укороченные или удлиненные эвольвенты; схематически это изображено на фиг. 39, В, где *с* есть развернутая поверхность червячного фрезера, *б*—линия, по которой совершается в пространстве зацепление зубцов фрезера и плоского колеса, O_1 — центр конуса червяка, O_2 — центр плоского колеса. *г*—основн. окружность эвольвенты радиуса *а*, *д* — удлиненная эвольвента и *е*—архимедова спираль, которая образована в плоскости развернутого фрезера линиями его зубцов; уравнение ее $\varrho = p\varphi$, где $p = t : \pi$.



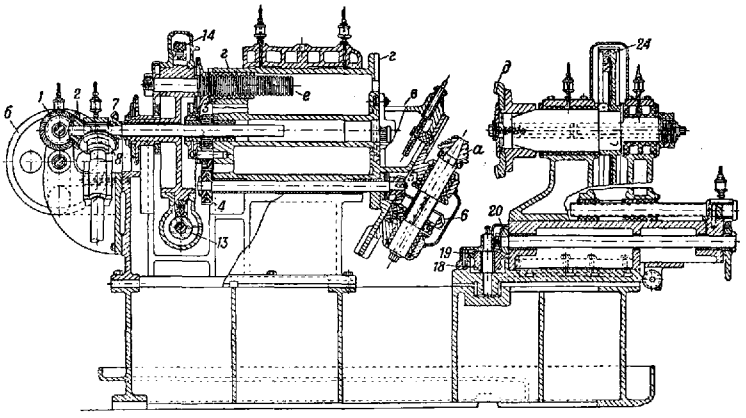
Фиг. 38.

Разрез станка, работающего по описанному способу, изображен на фиг. 40, а схема привода—на фиг. 41. Рабочее движение фрезер *а* получает от шкива *б* через передачу $\frac{1}{2}\frac{3}{4}\frac{5}{6}$, движение обкатывания осуществляется вращением всей фрезерной головки *в* вокруг оси барабана *г* через передачу $\frac{7}{8}\frac{9}{10}\frac{11}{12}\frac{c_1c_3}{c_2c_4}\frac{13}{14}$ и одновременным вращением обрабатываемого колеса *д* при помощи передач $\frac{7}{8}\frac{9}{10}\frac{11}{12}\left(1 \pm 2\frac{c_1c_3}{c_2c_4}\frac{c_6c_7}{c_8c_9}\frac{15}{16}\right)\frac{17}{18}\frac{19}{20}\frac{21}{22}\frac{c_9c_{11}}{c_{10}c_{12}}\frac{23}{24}$. Подача совершается перемещением всего



Фиг. 39.

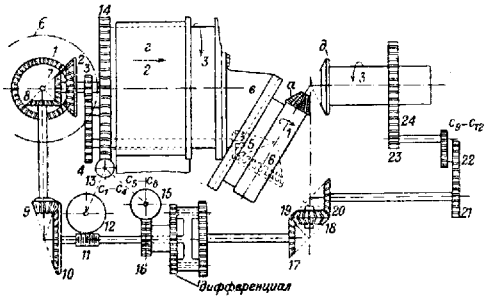
основного барабана *г* при помощи винта *е*. Три набора сменных шестеренок осуществляют следующие переменные элементы передачи: $\frac{c_1c_3}{c_2c_4}$ обусловливают движение подачи, колеса $\frac{c_2c_7}{c_6c_8}$ передают на кожух диффе-



Фиг. 40.

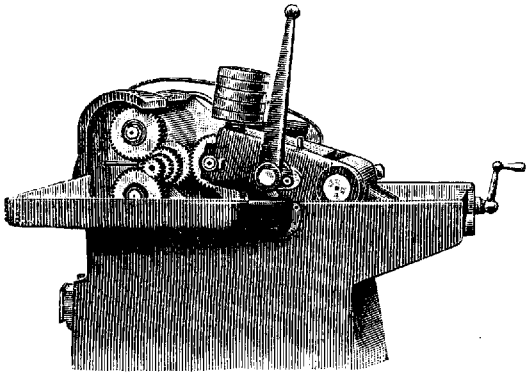
ренциала, а следовательно и на обрабатываемое колесо, движение обкатывания, колеса $\frac{c_9c_{11}}{c_{10}c_{12}}$ служат для сообщения обрабатываемой шестерне угловой скорости, соответствующей числу зубцов ее. Расчет сменных передач тождественен со станком системы Пфаутера (см. выше). Этому способу присущ тот же источник ошибок в зацеплении, что и способу Пфаутера; однако, измерениями доказано, что в случаях, встречающихся на практике, эта ошибка не играет почти никакой роли. К числу З. с. следует отнести также и станки, служащие для последующей отделки зубчатых колес. В последнее время в С. Ш. А. получил распространение способ уплотнения поверхности зубцов наклепом помощью точно изготовленных, закаленных

и отшлифованных колес-калибров. Станок для производства этой операции изображен на фиг. 42; принцип работы чрезвычайно простой: обрабатываемую шестеренку вкладывают между тремя колесами-калибрами, из которых два—постоянных, а третье



Фиг. 41.

укреплено на конце рычага, нагружаемого соответственно с шагом и числом зубцов обрабатываемой шестерни. Затем одна из шестерен приводится в быстрое вращение, и зубцы колес-калибров наклепывают и полируют зубцы колеса при непрерывной смазке смесью из керосина и машинного масла (4:1); вращение производится сначала в одну, затем в другую сторону; продолжительность всей операции составляет 0,7—1,5 ск. на один зубец. Раньше строились



Фиг. 42.

также станки для прирабатывания зубчатых колес друг к другу, но теперь этот способ употребляется лишь для особо точных колес, полируемых после шлифовки тончайшим трепелом или парижским мелом. Такой станок в основе состоит из двух шпинделей, находящихся в двух точно устанавливаемых салазках; один шпиндель снабжен движущим механизмом, другой—тормозом. Главное условие правильной работы этих станков заключается в точности установки шпинделей и постоянстве сопротивления тормоза.

Лит.: Гавриленко А., Механич. технологии металлов, 2 изд., ч. 4, вып. 3, стр. 163, М., 1926; Бажин А., Работа с делительной головкой, Л., 1926; его же, Нарезание шестерен на фрезерных станках, Л., 1925; Борович Л., Руководство к расчету наборных колес при работах на токарных и фрезерных станках и зуборезных машинах, 13 изд., М., 1926; Вильда Г., Станки и механизмы для обработки металлов, пер. с нем., вып. 2, М., 1923; Меламед И., Наладка зуборезных станков и работа на них, М.—Л., 1927; Гюлле Ф. В., Станки, пер. с нем., т. 1—2, М., 1926; Hülle F. W., Die Werkzeugmaschinen, 4 Aufl., B., 1923; Kagerer F., Moderne Werkzeugmaschinen, 2 Auflage, Wien, 1923; Schlesinger G., Die Arbeitsgenauigkeit der Werkzeugmaschinen, B., 1927; Preger E., Werkzeuge u. Werkzeugmaschinen, 7 Auflage, Lpz., 1927; Barth C., Die Grundlagen d. Zahnradbearbeitung, B., 1911; Oberg E., Spur a. Bevel Gearing, N. Y., 1920; Oberg E., Spiral a. Worm Gearing, N. Y., 1920; Buckingham E., Spur Gears. Design, Operation a. Production, N. Y., 1928; Machinery's Encyclopedia, vol. 3, N. Y., 1925; Logue C. H. a. Trautschold R., American Machinist Gear Book, N. Y., 1922; Ряд статей E. Buckingham'a в «American Machinist», L., 1926—27; «Engineering», L., 1928, v. 125, p. 531, 598; «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 73, 121, 190, 438; ibid., 1929, p. 75; «American Machinist», L., 1928, v. 68, p. 810; «Werkzeugmaschine», B., 1926, Jg. 30, p. 589, 620; «Z. d. VDI», 1920, B. 64, p. 208; ibid., 1922, B. 66, p. 308, 679, 813; ibid., 1924, B. 68, p. 913, 1075, 1105; ibid., 1925, B. 69, p. 482; ibid., 1928, B. 72, p. 259. По отдельным вопросам: З. с. с формовым инструментом: «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 85, 135; Протасочные З. с.: «American Machinist», L., 1928, v. 69, p. 539; «Werkstattstechnik», B., 1927, p. 563; З. с. Шфаутера: ibid., B., 1924, p. 80, 115, 700, 1926, p. 441, 712; «Iron Age», N. Y., 1926, v. 117, p. 1063; «Z. d. VDI», 1920, B. 64, p. 839; ibid., 1927, B. 71, p. 731; «Engineering», L., 1926, v. 121, p. 193; З. с. Маага: «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 88; «Automobile Engineer», N. Y., 1928, v. 18, p. 21; «Z. d. VDI», 1927, B. 71, p. 509; «Maschinenbau», B., 1926, B. 5, p. 402; «Shipbuilder», L., 1928, v. 35, p. 225; З. с. Феллоу: «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 113, 696; «Machinery», N. Y., 1922, v. 28, p. 407; «Engineer», L., 1922, v. 133, p. 700; «Werkzeugmaschine», B., 1928, Jg. 32, H. 22; З. с. Сайкса: «Werkstattstechnik», B., 1926, p. 414, 451; ibid., 1924, p. 697; «American Machinist», L., 1925, v. 62, p. 554; «Machinery», N. Y., 1928, v. 34, p. 777; «Engineering», L., 1928, v. 125, p. 462; З. с. прочих систем для нарезки цилиндрических колес; «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 112, 186; «Machinery», N. Y., 1927, v. 33, p. 474; ibid., 1925, v. 30, 3; «Machinery», L., 1927, v. 30, p. 689; «Trans. of the American Society of Mechanical Engineers», N. Y., 1928, v. 50, 27, p. 17; «Engineering», L., 1927, v. 124, p. 670; «Z. d. VDI», 1922, B. 66, p. 197; З. с. Глисона: «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 129; «Machinery», L., 1928, v. 33, *824*, *843*; «American Machinist», L., 1927, v. 67, *22*; З. с. Бранденбергера: «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 130; «Werkzeugmaschine», B., 1927, Jg. 31, p. 138; З. с. National Twist Drill Co.: «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 161; «Werkzeugmaschine», B., 1928, Jg. 32, p. 183; «Z. d. VDI», 1927, B. 71, p. 255; З. с. других систем для нарезки конич. зубчатых колес: «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 124, 142, 156, 194; «Z. d. VDI», 1927, B. 71, p. 507; ibid., 1922, B. 66, p. 197; Шлифовальные З. с.: «Werkstattstechnik», 1924, p. 132, 185, 440; ibid., 1927, p. 564; «Machinery», L., 1921, v. 18, p. 147; Станки для полировки, приработки и испытания зубчатых колес: «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 1103; ibid., 1928, H. 23; «Machinery», L., 1928, v. 33, p. 822, 1927, v. 31, p. 784; «Automotive Industries», N. Y., 1927, v. 57, p. 583; «Machinery», N. Y., 1928, v. 34, p. 749; Станки для закругления зубцов: «Werkstattstechnik», B., 1926, p. 738; «British Machine Tool-Engineering», L., 1927, *47*; Зуборезный инструмент: Zicting P., Fräser, B., 1925; «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 417, 439; ibid., 1926, p. 6; «Canadian Machinery», Toronto, 1927, v. 38, p. 17; «American Machinist», L., 1928, v. 69, p. 379, 469, 491; «Machinery», L., 1928, v. 32, p. 633; «Machinery», N. Y., 1921, v. 28, p. 138; «Werkzeugmaschine», B., 1924, Jg. 28, p. 63; Охлаждение и смазка зуборезного инструмента: Gottwein, Kühlen u. Schmieren bei Metallbearbeitung, 2 Aufl., B., 1928; «Z. d. VDI», 1929, B. 73, p. 643; Обработка неметаллич. зубчатых колес: «Maschinenbau», B., 1928, B. 7, H. 14; «Machinery», N. Y., 1928, v. 34, 7; «Maschinenkonstrukteur», Lpz., 1928, Jg. 61, p. 111; «Automotive Industries», New York, 1928, v. 58, p. 654.

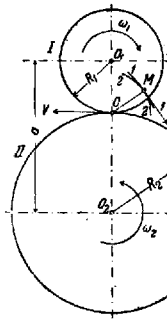
Л. Павлушков.

ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА служат для передачи работы и вращения от одного вала к другому с заданным отношением угловых скоростей. Колесо, получающее вращение извне, называется ведущим; второе колесо, получающее вращение от первого,—ведомым. Если угловая скорость ведущего колеса есть ω_1, а ведомого ω_2, то $\frac{\omega_1}{\omega_2} = k$ называется передаточным числом. Постоянное отношение $\frac{\omega_1}{\omega_2} = k$ осуществляется круглыми колесами,

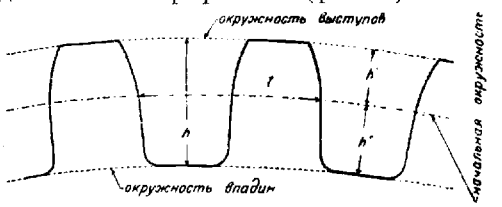
а именно: при параллельных осях вращения—цилиндрическими, при пересекающихся осях—коническими и при перекрещивающихся осях—гиперболоидальными и винтовыми З. к. и червячной передачей. Переменное k осуществляется некруглыми колесами (эллиптическими, овальными и т. п.), к-рые применяются обычно только при параллельных осях. Круглые З. к. находят преимущественное применение. Из них чаще всего встречаются цилиндрические колеса.

I. Цилиндрические колеса.

1. Теория зацепления. Относительное движение двух систем, вращающихся около параллельных неподвижных осей с постоянным отношением угловых скоростей $\frac{\omega_1}{\omega_2}=k$, есть движение плоское, определяющееся вполне центроидами в виде двух окружностей, к-рые перекатываются одна по другой без скольжения. Точка C касания окружностей — мгновенный центр вращения в относительном движении систем—имеет одну и ту же скорость v в обеих системах: $v=\omega_1 R_1=\omega_2 R_2$ (фиг. 1). При заданном расстоянии a между центрами O_1 и O_2, положение точки C определяется отношением: $\frac{R_2}{R_1}=\frac{\omega_1}{\omega_2}=k$, т. е. точка C, называемая полюсом передачи, делит расстояние между центрами на отрезки, обратно пропорциональные угловым скоростям. Окружности *I-I* и *II-II* имеют важное значение в теории зубчатых колес и называются делительными, или начальными, а соответствующие им цилиндры—начальными цилиндрами. Начальные цилиндры снабжаются зубцами, при помощи к-рых и происходит передача работы и движения. Зубцам дают обычно симметричную форму, очерчивая их с боков одинаковыми профилями (фиг. 2). Часть



Фиг. 1.



Фиг. 2.

зубца, расположенная над начальной окружностью, называется головкой, под начальной окружностью—ножкой.

Расстояние между двумя смежными соответственными профилями, измеряемое по начальной окружности, называется шагом зацепления и обозначается через t. Если число зубцов на колесе есть z и радиус начальной окружности R, то $2\pi R=zt$, откуда $k=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{R_2}{R_1}=\frac{z_2}{z_1}$. Для определения размеров колеса удобнее, однако, пользоваться величиной модуля зацепления, $m=\frac{t}{\pi}$, а не шага t; тогда расстояние между осями $a=\frac{m(z_1+z_2)}{2}$. Выражается m всегда в *мм*. Основные размеры колеса и зубцов, а также инструментов для нарезания зубцов выражают через m. Высота головки зубца (фиг. 2) $h'=m$; высота ножки $h''=\frac{7}{6}m=1{,}167\ m$, до $1{,}2\ m$; полная высота зубца $h=2\frac{1}{6}m=2{,}167\ m$, до $2{,}2\ m$. Толщина точно изготовленного зубца, считая по начальной окружности, равна $\frac{t}{2}=\frac{\pi m}{2}$; для грубо изготовленных З. к. толщина зубца равна $0{,}48\ t$, а ширина впадины—$0{,}52\ t$.

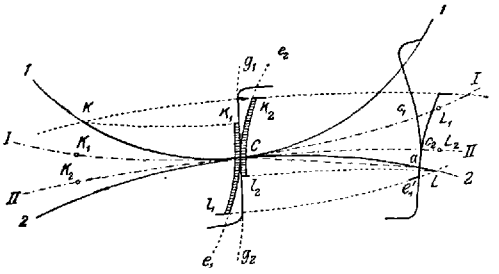
В Америке вместо модуля пользуются обратной величиной, к-рую называют диаметральным шагом (diametral pitch); в русской практике величину эту обычно называют английским словом «питч». Обозначая его через p, имеем: $p=\frac{z}{2R}$, где R выражается в дюймах (между m и p существует следующая простая зависимость: $m\cdot p=25{,}4$). В целях ограничения необходимого для нарезания зубцов количества инструментов почти во всех странах установлены нормальные ряды значений для m. Проектом, разработанным для СССР, намечен следующ. ряд, близко совпадающий с принятым в Германии по норме DIN 780: от 0,3 до 1 *мм*—через 0,1 *мм*; от 1 до 4 *мм*—через 0,25 *мм*; от 4 до 7 *мм*—через 0,5; от 7 до 16 *мм*—через 1; от 16 до 30 *мм*—через 2; от 30 до 45 *мм*—через 3 *мм*; дальше—через 5 *мм*. В С. Ш. А. и Англии принят следующий ряд значений p: от 1 до 3 через $\frac{1}{4}$, далее—$3\frac{1}{2}$, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18 и 20.

Общие законы зацепления. Профили, работающие друг с другом, называются сопряженными. В соответствии с основным требованием $\frac{\omega_1}{\omega_2}=k$, которому должны удовлетворять сопряженные профили, устанавливаются те геометрич. условия, к-рые определяют их очертание. Если профили *1-1* и *2-2* находятся в соприкосновении в нек-рой точке M (фиг. 1), то относительная скорость v_0 в точке касания д. б. направлена по общей касательной к профилям, в противном случае профили или разойдутся или врежутся один в другой, что недопустимо. Т. к. точка C является мгновенным центром в относительном движении профилей, то CM будет нормалью. Т. о., профили д. б. выбраны так, чтобы общая нормаль к ним в точке касания проходила через полюс передачи. Задавая один из профилей произвольно, можно на основании приведенной теоремы построить другой—сопряженный. Общий метод такого построения был указан Рело. В действительности для профилей зубцов применяют только два рода кривых: 1) циклические кривые и 2) эвольвенту круга—как наиболее простые из сопряженных кривых по способу их образования и по геометрич. свойствам.

Циклическое зацепление (фиг. 3). При качении производящей окружности *1-1* по начальн. *II-II* точка C первой опишет на плоскости *II-II* эпициклоиду (эпитрохоиду)

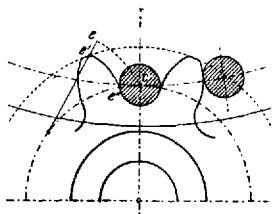
Ce_2; та же точка C вычертит гипоциклоиду (гипотрохоиду) Cg_1 на плоскости *I-I*, если окружность *1-1* будет катиться по *I-I*. Аналогичным образом точка C производящей окружности *2-2* вычертит: 1) эпициклоиду Ce_1 на плоскости *I-I* и 2) гипоциклоиду Cg_2 на плоскости *II-II*.

Представим себе профиль Ce_1 в новом положении c_1e_1. Он пересекает производящую окружность *2-2* в точке a. Очевидно $\smile Cc_1 = \smile Ca$. Соответствующее положение профиля Cg_2 определится условием: $\smile Cc_2 = \smile Cc_1$, значит, $\smile Cc_2 = \smile Ca$, т. е. оба профиля касаются в точке a и прямая aC—их общая нормаль. При зацеплении профилей перед линией центров гипоциклоида Cg_1 ножки будет работать с эпициклоидой Ce_2 головки, и точка касания профилей опишет дугу производящей окружности *1-1*. За линией центров эпициклоида Ce_1 будет работать с гипоциклоидой Cg_2, и точка касания пойдет по окружности *2-2*. Дуги производящих окружностей представляют собою геометрич. место точек касания сопряженных профилей в неподвижной плоскости, к-рое носит название линии зацепления. Линия зацепления дает исчерпывающую характеристику профилей и их взаимной работы. Чем проще вид линии зацепления, тем проще соответствующие ей профили как по закону образования, так и по геометрич. свойствам, и наоборот. Начало зацепления профилей определяется точкой K пересечения линии зацепления с окружностью выступов ведомого колеса *II-II*, а конец—точкой L пересечения линии зацепления с окружностью выступов ведущего колеса *I-I*. Сумма длин дуг $\smile KC + \smile CL$ дает длину e линии зацепления. Снося точку K дугой радиуса O_1K на профиль Cg_1 ножки колеса *I-I*, получим точку k_1, к-рая находилась в зацеплении с вершиной k_2 ведомого профиля в точке K; аналогичным образом получаем точку l_2 на профиле ножки Cg_2, работающей с вершиной l_1 ведущего зуба в точке L. Отмеченные на фиг. 3 двойными линиями участки k_1Cl_1 и k_2Cl_2—рабочие участки профилей. Часть профиля ножки, лежащая между окружностью впадин и точкой k_1 (соответственно l_2), никогда в зацеплении не участвует и м. б. очерчена совершенно произвольно, с одним лишь условием—чтобы путь, описываемый вершиной сопряженного зуба, не врезался в тело ножки. В соответствии с этим следует построить удлиненную эпициклоиду, описываемую вершиной сопряженного зуба, и принять ее за профиль неработающей части ножки; построение удлиненной эпициклоиды м. б. выполнено приближенно [14]. Часто очертание ножки переходит закруглением с радиусом равным $0{,}1\,t$ в окружность впадин.



Фиг. 3.

Для вычерчивания профилей наносят на начальной и производящей окружностях ряд равных небольших делений, начиная от точки C. Из каждого деления начальной окружности, как из центра, радиусом, равным расстоянию точки C до соответствующего деления производящей окружности, описывают ряд дуг; огибающая всех этих дуг дает эпициклоиду при качении производящей окружности снаружи начальной окружности и гипоциклоиду—внутри ее. На зубчатой рейке получаются циклоиды над и под начальной прямой. При черчении в большом масштабе пользуются для спрямления дуг одним из правил Ранкина. Радиусам ϱ производящих окружностей дается обычно значение: $\varrho = (0{,}35 \div 0{,}4)\,R$. Увеличению ϱ препятствует ослабление зуба у основания. При ϱ, равном $0{,}5R$, ножка получает прямолин. очертание по радиусам начальной окружности. При дальнейшем увеличении ϱ ножка еще более суживается и при $\varrho = R$ обращается в точку C, к-рая, при зацеплении с эпициклич. выступом Ce сопряженного профиля, перемещается по начальной окружности, представляющей собою линию зацепления (фиг. 4).



Фиг. 4.

Взяв вместо точки равноотстоящую кривую—круг и вместо эпициклоиды Ce равноотстоящую $e'e''$, получим цевочное зацепление. Одним из частных случаев цевочного зацепления является передача Гриссона (см. *Гриссона передача*).

З. к. с циклическими профилями весьма чувствительны к неточностям установки. Напр., при увеличении расстояния между осями на 1 *мм*, при $m = 10$ *мм* и радиусах производящих окружностей $\varrho_1 = \varrho_2 = \frac{11t}{4\pi}$, получаются колебания скорости в 4% от средней скорости вращения. При дальнейшем сближении осей зацепление еще более ухудшается вследствие преждевременного начала зацепления и сопутствующего ему зацепления ребром зуба [1,14].

Скольжение профилей. При зацеплении сопряженные профили частью катятся, частью скользят один по другому. Разность $\smile Ck_2 - \smile Ck_1$ (фиг. 3) длин рабочих участков профилей дает абсолютную величину скольжения профилей при работе их перед линией центров, а $\smile Cl_1 - \smile Cl_2$—соответственно, за линией центров. Точка касания проходит по сопряженным профилям разные пути за один и тот же промежуток времени. Если взять сопряженные профили в произвольный момент зацепления, то за время dt по ведущему профилю будет пройден путь $d\lambda_1$, а по ведомому—$d\lambda_2$. Разность $d\lambda_2 - d\lambda_1$ даст абсолютное скольжение по ведущему профилю, а $d\lambda_1 - d\lambda_2$—по ведомому. В основу оценки скольжения кладется относитель-

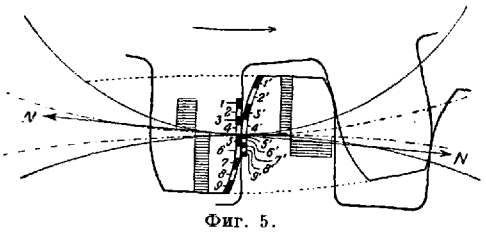
ное, или удельное, скольжение g, величина к-рого определяется для первого профиля отношением

$$g_1 = \frac{d\lambda_2 - d\lambda_1}{d\lambda_1},$$

а для второго

$$g_2 = \frac{d\lambda_1 - d\lambda_2}{d\lambda_2}.$$

Относительное скольжение—величина переменная, зависящая от формы профиля. Величину его можно определить аналитически,



Фиг. 5.

если выразить длину λ дуги профиля в полярных координатах с началом в центре начальной окружности.

Обычно прибегают к приближенному способу. Для этого делят рабочие участки одного из профилей (напр. ведущего) на малые равные части. Через линию зацепления сносят точки деления на ведомый профиль и т. о. определяют на нем соответствующие участки. На фиг. 5 рабочая часть ножки ведущего профиля разделена на 4 равные части, а головки—на 5 частей; деления ножки и головки не равны между собой. Соответствующие участки профилей обозначены на фиг. 5 одинаковыми цифрами. Длины участков ведущего профиля обозначаем через λ_1', λ_2', λ_3', ..., а ведомого, соответственно, через λ_1'', λ_2'', λ_3'', ... Приближенное значение относительного скольжения на первом участке ведущего профиля

$$g_1' = \frac{\lambda_1'' - \lambda_1'}{\lambda_1'},$$

а ведомого

$$g_1'' = \frac{\lambda_1' - \lambda_1''}{\lambda_1''}.$$

Для второго участка:

$$g_2' = \frac{\lambda_2'' - \lambda_2'}{\lambda_2'} \text{ и } g_2'' = \frac{\lambda_2' - \lambda_2''}{\lambda_2''}$$

и т. д. Вычислив величины относительных скольжений для всех участков и отложив их на перпендикулярах от средних радиусов зубцов, наносят диаграммы относительного скольжения (фиг. 5).

Износ профилей является следствием скольжения и качения профилей, находящихся под действием силы N нормального давления. Степень износа, т. е. толщину отделяемого слоя материала, принимают пропорциональною работе трения и обратно пропорциональною величине подверженной изнашиванию поверхности. Работа трения равняется $fN(d\lambda_2 - d\lambda_1)$; величина изнашиваемой поверхности, при ширине обода равной 1, будет $d\lambda$. Тогда степень износа ведущего профиля

$$y_1 = k_1 \cdot fN \frac{d\lambda_2 - d\lambda_1}{d\lambda_1},$$

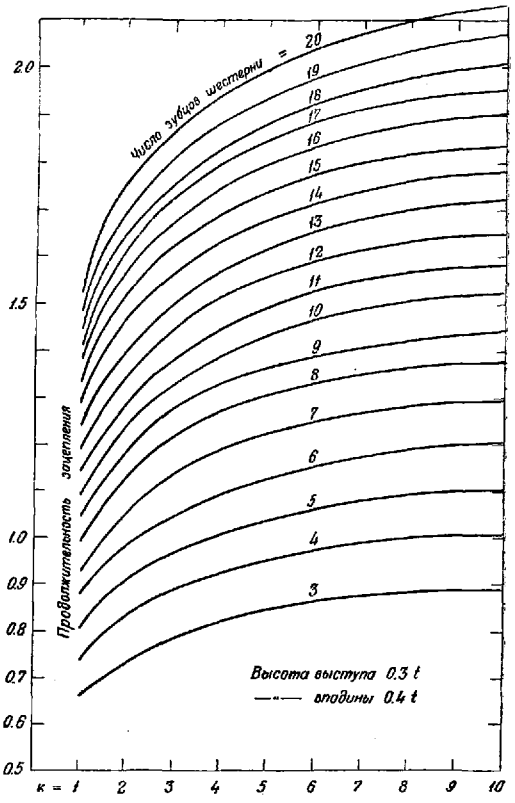
а ведомого

$$y_2 = k_1 \cdot fN \frac{d\lambda_1 - d\lambda_2}{d\lambda_2}.$$

Коэфф. k_1, зависящий от материала зубцов и их формы, принимают для простоты постоянным. Т. о., степень износа оказывается пропорциональной удельному скольжению. За неопределенностью коэфф-та k_1 невозможно определить абсолютное значение степени износа; можно лишь указать его характер, что само по себе дает достаточно ясные указания для целесообразного проектирования профилей.

Дугой зацепления называется дуга начальной окружности, на к-рую повернется колесо за время зацепления одной пары профилей. Сумма $\smile K_1C + \smile CL_1 = \smile KC + \smile CL = \smile K_1L_1$ или $\smile K_2C + \smile CL_2 = \smile KC + \smile CL = \smile K_2L_2$ (фиг. 3) дает длину S дуги зацепления. Для циклич. профилей $S = e$. Отношение длины S дуги зацепления к шагу t называется продолжительностью, или плавностью, зацепления, $\sigma = \frac{S}{t}$; σ определяет в среднем число пар зубцов, находящихся одновременно в зацеплении; для непрерывной работы необходимо, чтобы продолжительность зацепления σ была < 1. Величина σ является весьма важной характеристикой работы пары З. к., так как позволяет судить о распределении передаваемого усилия между зубцами.

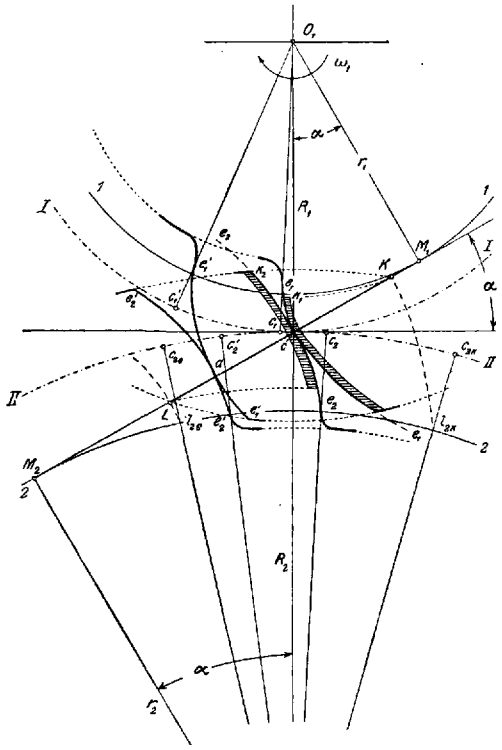
Из рассмотрения фиг. 3 ясно, что для циклич. зубцов S и σ зависят от: 1) радиусов



Фиг. 6.

R_1 и R_2, т. е. чисел зубцов z_1 и z_2, 2) радиусов ϱ_1 и ϱ_2 и 3) высоты h' головок; регулируется значение σ надлежащим изменением числа зубцов. Диаграмма, изображенная на фиг. 6, дает зависимость σ от z_1 и $k = \frac{R_1}{R_2}$.

Эвольвентное зацепление (фиг. 7). Точка c производящей прямой M_1M_2 опишет: 1) на плоскости колеса *I-I* эвольвенту e_1ce_1—при качении прямой по основной окружности *1-1* и 2) на плоскости *II-II* эвольвенту e_2ce_2—при качении прямой по основной окружности *2-2*. Допустим,



Фиг. 7.

что ведущее колесо повернулось на некоторый угол и профиль e_1ce_1 занял новое положение $e_1'ae_1'$. Соответствующее положение $e_2'ae_2'$ профиля e_2ce_2 определится условием: $\smile c_2c_2' = \smile c_1c_1'$. Так как $\frac{\smile e_1e_1'}{\smile c_1c_1'} = \frac{r_1}{R_1} = \cos\alpha$ и $\frac{\smile e_2e_2'}{\smile c_2c_2'} = \frac{r_2}{R_2} = \cos\alpha$, то $\smile e_1e_1' = \smile e_2e_2'$. По свойствам эвольвенты, $M_1c = \smile M_1e_1$, $M_1a = \smile M_1e_1'$ и $M_1a - M_1c = \smile M_1e_1' - \smile M_1e_1$, т. е. $ac = \smile e_1'e_1$, откуда

$$ac = \smile e_1e_1' = \smile e_2e_2'.$$

Точка a—точка касания профилей в новом положении; прямая M_1M_2—общая нормаль и вместе с тем линия зацепления. Угол α между общей касательной к начальным окружностям в точке c и линией зацепления называется углом зацепления. Чаще всего $\alpha = 15°$; в Америке применяют $\alpha = 14^1/_2°$ и $\alpha = 20°$; применение последнего распространяется также и в Европе. Длина линии зацепления $e = KL = \smile l_{2k}l_{2e}$, длина дуги зацепления $s = \smile c_{2k}c_{2e}$, откуда

$$s = e\frac{R_2}{r_2}, \text{ т. е. } s = \frac{e}{\cos\alpha}.$$

Продолжительность зацепления

$$\sigma = \frac{s}{t} = \frac{e}{\pi m\cos\alpha}.$$

Для рейки зубцы получают прямолинейный профиль, перпендикулярный линии зацепления, т. к. основная окружность при этом удалена в бесконечность.

Для вычерчивания эвольвенты на основном круге и производящей прямой, начиная от точки M касания их, наносят ряд равных делений, малых сравнительно с радиусом круга. В каждой точке деления основного круга проводят к нему касательную и, откладывая на ней длину соответствующей спрямленной дуги круга, получают ряд точек эвольвенты. При черчении в большом масштабе спрямление дуг производится по одному из правил Ранкина. Часть профиля, лежащая внутри основной окружности, часто очерчивается радиально, с закруглением в 0,3 m при переходе к окружности впадин. Радиус этого закругления следует брать возможно больше, т. к. это дает более выгодное распределение местных напряжений при изгибе зубца [4]. В соответствии с работой зубцов и их нарезанием по методу обкатывания, можно рекомендовать очертание нерабочей части профиля по удлиненной циклоиде, описываемой вершиной сопряженного профиля.

Ценная особенность эвольвентных профилей заключается в том, что при раздвигании осей колес профили продолжают работать правильно, уменьшается лишь продолжительность зацепления, т. к. увеличивается угол зацепления α. Новое направление линии зацепления определится, если провести общую внутреннюю касательную к основным окружностям в их новом положении. Пользуясь этой особенностью, при сборке сближают колеса настолько, чтобы зубцы работали без зазора, не защемляясь, однако, во впадинах.

Приближенные способы очертания профилей были вызваны трудностями точного изготовления последних и сводились к тому, чтобы заменить эпициклоиды, гипоциклоиды и эвольвенты профилей дугами кругов, весьма близко подходящих к истинным профилям. Было предложено большое количество различных способов, приспособлений и приборов (одонтографов), решающих эту задачу. Исследования В. Гартмана [15] показали, однако, что З. к. весьма чувствительны к неточностям профиля. Для передачи с числами зубцов $z_1 = z_2 = 20$, при замене эвольвенты дугой круга, имеющей с ней три общие точки, оказалось, что при отступлении от теоретич. линии зацепления на $^1/_{600}$ *мм*, а от профиля на 0,05 *мм*, получаются колебания угловой скорости в 2,2% (от средней скорости) и ускорения в 8,8 *м/сек*, при $n = 191$ об/м. и $r = 0{,}1$ *м*. Еще сложнее обстоит дело с циклич. профилями.

С переходом к построению З. к., работающих при большой окружной скорости, которая доходит в настоящее время в некоторых турбинных передачах до 70 *м/сек*, применение приближенных профилей оказалось невозможным, и приближенные способы почти потеряли свое значение. Взамен их развились методы точного изготовления зубцов, обеспечивающие построение бесшумных передач, работающих с высокими окружными скоростями. Наилучшие результаты дает нарезание зубцов по методу обкаты-

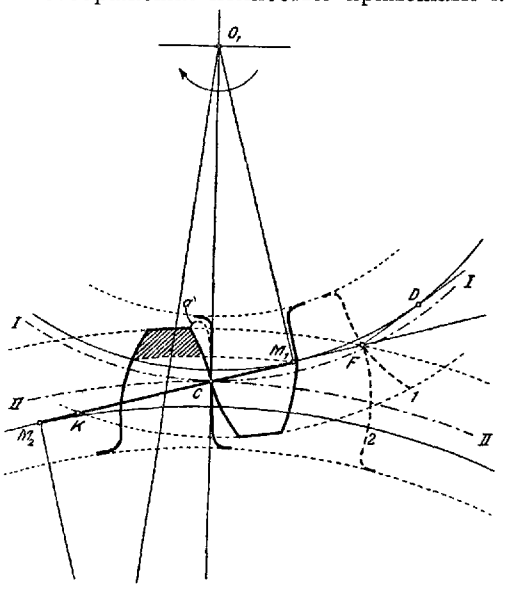
вания. Заключается он в том, что нарезающий зубцы инструмент изготовляется в виде зубчатого колеса или рейки с модулем, равным модулю изготовляемого колеса. Между инструментом и заготовкой колеса воспроизводится при нарезании последнего относительное движение, соответствующее зацеплению их; начальная линия инструмента (колеса или рейки) перекатывается без скольжения по начальной окружности нарезаемого колеса. В результате на заготовке вырезаются зубцы с профилями, сопряженными профилям инструмента. Теоретически говоря, зубцы инструмента можно снабдить произвольными профилями, и они автоматически вырежут в заготовке сопряженные профили. В действительности приходится выбирать простейшие профили, могущие быть изготовленными с высокой степенью точности, к-рая должна сохраняться и при последующих заточках инструмента во время его работы. Поэтому особенное значение приобрели эвольвентные профили, при к-рых зубцы рейки имеют прямолинейное очертание. Работа нарезания зубцов по методу обкатывания производится автоматически, специальными станками.

Необходимость точного изготовления профилей окончательно разрешила вопрос о выборе между циклическим и эвольвентным зацеплением. Независимо от теоретич. недостатков и достоинств сравнительно с циклич. профилями, эвольвентные получили исключительное применение в современном машиностроении вследствие того, что: 1) З. к. с эвольвентными профилями весьма просты в установке, 2) исходный инструмент (рейка), которым м. б. нарезаны все колеса, обладает простейшим профилем, допускающим изготовление с высокой степенью точности.

Способ нарезания зубцов оказал сильное влияние на всю постановку теории эвольвентных профилей. Т. к. в основе изготовления их лежит инструмент, к-рый находится в зацеплении со всеми нарезаемыми при помощи его З. к., то пришлось положить в основу теории, как исходный элемент, режущий инструмент и исследовать влияние его: 1) на характер профилей нарезаемых колес, 2) на продолжительность зацепления их и 3) на удельное скольжение как основную характеристику износа. Т. к. одним и тем же инструментом м. б. нарезаны для данного модуля все колеса, начиная от нек-рого наименьшего числа зубцов и до бесконечно большого (рейка), то в зависимости от исходного инструмента оказался также и вопрос о сменных колесах.

Набор сменных колес представляет собою ряд колес с разными числами зубцов, начиная от нек-рого наименьшего и до наибольшего, при чем любая пара колес этого ряда должна находиться в правильном зацеплении. Последнее условие требует, чтобы профили колес ряда удовлетворяли одному общему закону, который для эвольвентных колес сводится к тому, чтобы основные элементы профилей (шаг, угол зацепления и высота головки) были одинаковы у всех колес ряда.

Сменные колеса применяются весьма широко в машинах-орудиях (металлообрабатывающие станки, прядильные машины и т. д.), где по характеру работы часто требуется менять скорости вращения тех или иных частей. В наборе сменных колес выгодно назначать для наименьшего (начального) колеса возможно малое число зубцов, т. к. этому отвечает соответственное уменьшение чисел зубцов на всех остальных колесах ряда и, как следствие этого, уменьшение затрат на материал и изготовление колес. Эти соображения полностью применимы к



Фиг. 8.

назначению наименьшего числа зубцов также и в парных колесах, к-рые работают всегда только друг с другом и не должны зацепляться ни с какими иными колесами. Наименьшее число зубцов определяется подрезанием и необходимой продолжительностью зацепления.

Подрезание зубцов. Если зацепление будет происходить за пределами участка M_1M_2 линии зацепления, напр. в F (фиг. 8), то профили не будут иметь в этой точке общей нормали. Нормаль к профилю F-2 пойдет по направлению M_1M_2, а для профиля F-1—по DF. В результате заштрихованная часть головки колеса II будет врезаться в ножку профиля на колесе I. Характер подрезания определится удлиненной эпициклоидой a, описываемой вершиной зубца колеса II при качении его по колесу I. Наиболее сильно подрезание сказывается при зацеплении колес малого числа зубцов с рейкой.

Подрезание зубца ослабляет его ножку, влечет за собой потерю части рабочего профиля и соответственное уменьшение продолжительности зацепления, а поэтому оно не должно допускаться. Для любой пары колес зацепление, во избежание подрезания, должно начинаться в точке K, лежащей между точками M_1 и M_2 (фиг. 9). При данном радиусе r_1 основной окружности отрезок M_1K определяется углом ε_{10}:

$$\operatorname{tg}\varepsilon_{10}=\frac{M_1K}{r_1};$$

но $M_1K = M_1M_2 - M_2K$, где

$$M_1M_2 = (r_1 + r_2)\operatorname{tg}\alpha$$
$$\text{и } M_2K = r_2\operatorname{tg}\beta_2 .$$

Так как $\cos\beta_2 = \frac{r_2}{R_2 + h_2'}$, где R_2—радиус начальной окружности колеса 2 и h_2'—высота головки зубца на нем, то

$$\operatorname{tg}\varepsilon_{10} = \left(1 + \frac{r_2}{r_1}\right)\operatorname{tg}\alpha - \frac{r_2}{r_1}\sqrt{\frac{(R_2 + h_2')^2}{R_2^2\cos^2\alpha} - 1}.$$

Выражаем важнейшие размеры через модуль m:

$$R_2 = \frac{mz_2}{2};\ r_1 = \frac{mz_1}{2}\cos\alpha;\ r_2 = \frac{mz_2}{2}\cos\alpha \text{ и}$$
$$h_2' = \gamma_2' m;$$

замечая, что $\frac{z_2}{z_1} = k$, получаем:

$$\operatorname{tg}\varepsilon_{10} = (1 + k)\operatorname{tg}\alpha - k\sqrt{\frac{\left(1 + \frac{2\gamma_2'}{kz_1}\right)^2}{\cos^2\alpha} - 1}.$$

Полагая $\operatorname{tg}\varepsilon_{10} = 0$, т. е.

$$(1 + k)\operatorname{tg}\alpha = k\sqrt{\frac{\left(1 + \frac{2\gamma_2'}{kz_1}\right)^2}{\cos^2\alpha} - 1},$$

находим выражение для наименьшего числа z_1 зубцов, работающих без подрезания:

$$z_1 = 2\gamma_2'\frac{k + \sqrt{k^2 + (1 + 2k)\cdot\sin^2\alpha}}{(1 + 2k)\sin^2\alpha}.$$

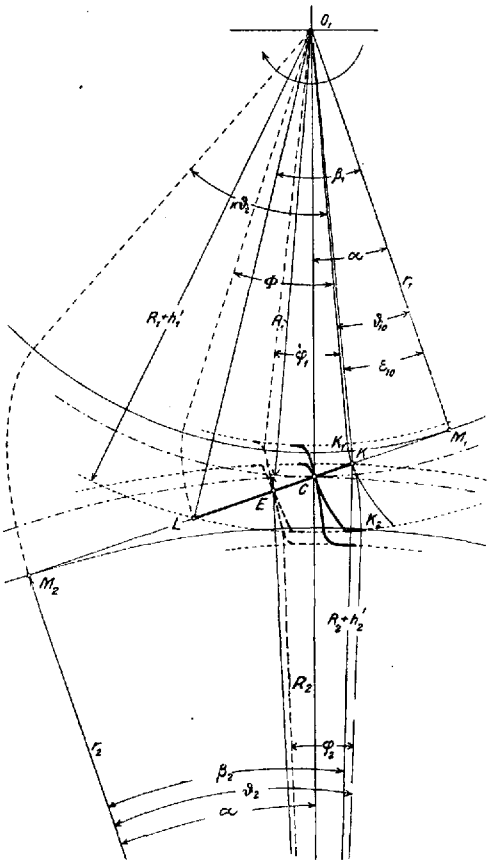
Для случая рейки, т. е. при $k = \infty$, получим: $z_1 = \frac{2\gamma_2'}{\sin^2\alpha}$. Табл. 1 дает значения z_1, округленные до целых чисел, при изменении k от 1 до ∞ для $\alpha = 15°$ и $\alpha = 20°$ для зубцов с высотами головки: $\gamma_2' = 1$ и $\gamma_2' = 0{,}8$.

Из рассмотрения табл. 1 следует, что при $\alpha = 15°$ и $\gamma = 1$ начальному колесу ряда теоретически следует дать 30 зубцов, если желательно совершенно исключить подрезание. Практически при $z_1 = 28$ подрезание почти исключается, т. к. значение k в наборе сменных колес обычно не достигает 10. В металлообрабатывающих станках наименьшему колесу дается 20, 22, а чаще всего 24 зубца. Т. к. в этом случае k не превосходит 5, то при 24 зубцах правильная работа колес получится при значениях $k = 1 \div 2$ и работа с

Табл. 1.—Минимальные числа зубцов шестерни при $\alpha = 15$ и $20°$ для $k = 1 \div \infty$.

Углы	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	∞
$\alpha = 15°$	$\gamma_2' = 1$	21	24	26	27	27	28	28	28	28	29	30
	$\gamma_2' = 0{,}8$	17	20	21	22	22	23	23	23	23	23	24
$\alpha = 20°$	$\gamma_2' = 1$	13	14	15	16	16	16	16	16	17	17	17
	$\gamma_2' = 0{,}8$	11	11	12	13	13	13	13	13	14	14	14

нек-рым подрезанием—при $k = 2 \div 5$. При начальном колесе с 20 зубцами во всех случаях работа связана с подрезанием. Увеличение угла α до 20° значительно уменьшает значение величины z_1 для начального колеса, такое же влияние оказывает уменьшение высоты головки при неизменном α. Уменьшение числа z_1 и связанное с ним уменьшение размеров колес является главной причиной того, что в Америке давно уже нашел применение угол α в 20°, в особенности в тех



Фиг. 9.

случаях, где требование компактности передачи является основным (автомобили и т. п.). Дальнейшее стремление к уменьшению z_1 повело к применению укороченных зубцов, с высотой головки $h' = 0{,}8\ m$. При выработке стандарта на зубчатые колеса Германия приняла $\alpha = 20°$ и $h' = m$; в Голландии эти величины установлены: $\alpha = 20°$ и $h' = 0{,}8\ m$.

Продолжительность зацепления определена выше ф-лой:

$$\sigma = \frac{e}{\pi m\cos\alpha}.$$

Длина e линии зацепления равна KL (фиг. 9). $KL = M_1M_2 - (M_1K + LM_2)$; но $M_1M_2 = r_1(1 + k)\operatorname{tg}\alpha$; $M_1K = r_1(1 + k)\operatorname{tg}\alpha - r_2\operatorname{tg}\beta_2$; $LM_2 = r_1(1 + k)\operatorname{tg}\alpha - r_1\operatorname{tg}\beta_1$, откуда

$$e = r_1\left[(\operatorname{tg}\beta_1 + \frac{r_2}{r_1}\operatorname{tg}\beta_2) - (1 + k)\operatorname{tg}\alpha\right].$$

Продолжительность зацепления

$$\sigma = \frac{z_1}{2\pi}\left[(\operatorname{tg}\beta_1 + k\operatorname{tg}\beta_2) - (1 + k)\operatorname{tg}\alpha\right],$$

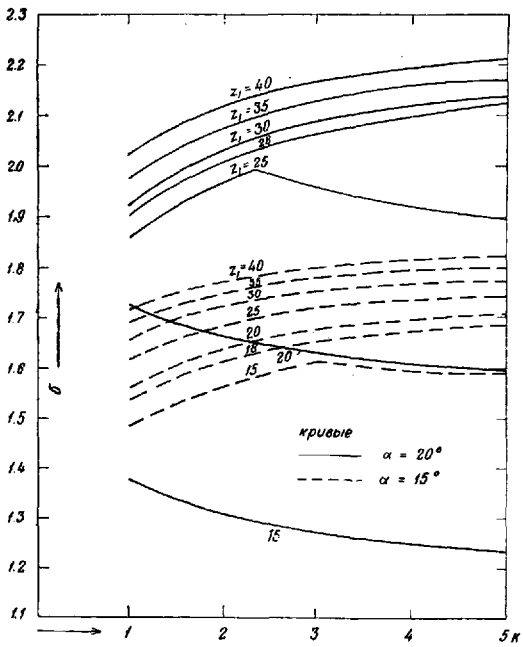
при чем

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \sqrt{\frac{\left(1+\frac{2\gamma_1'}{z_1}\right)^2}{\cos^2\alpha}-1} \text{ и}$$

$$\operatorname{tg}\beta_2 = \sqrt{\frac{\left(1+\frac{2\gamma_2'}{kz_1}\right)^2}{\cos^2\alpha}-1},$$

где γ_1' и γ_2'—высоты головок на колесах, выраженные в отношениях: $\gamma_1' = \frac{h_1'}{m}$ и $\gamma_2' = \frac{h_2'}{m}$; σ зависит от z_1, k, α, γ_1' и γ_2'. Для случая рейки и колеса соответствующую ф-лу следует вывести самостоятельно. Предельный случай, соответствующий зацеплению рейки с рейкой, дает: 1) для $\alpha = 15°$ и $\gamma' = 1$, $\sigma = 2{,}54$; 2) для $\alpha = 20°$ и $\gamma' = 1$, $\sigma = 1{,}98$. Кривые, данные на фиг. 10, выражают зависимость σ от z_1 при разных значениях k и α.

Относительное скольжение представляет собою главную характеристику износа зубцов, зависящую от формы и элементов профиля. Рассматривая зубцы в начале зацепления (фиг. 9), отмечаем, что точка ведущего профиля, находящаяся в этот момент в зацеплении, определяется углом $\vartheta_{10} = \operatorname{tg}\varepsilon_{10}$, а соответствующая точка ведомого профиля, т. е. его вершина, углом ϑ_2. Угол φ_1 поворота ведущего колеса будем отсчитывать от радиуса O_1K_1, а угол φ_2 поворота ведомого колеса—от радиуса O_2K_2. Если профили будут касаться один другого в нек-рой точке E на линии зацепления, то



Фиг. 10.

положение соответствующей точки на ведущей эвольвенте будет определяться углом $\vartheta_{10} + \varphi_1$, а на ведомой—углом $\vartheta_2 - \varphi_2$; соответствующие длины дуг эвольвенты:

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} r_1 (\vartheta_{10} + \varphi_1)^2 \quad \text{и} \quad \lambda_2 = \frac{1}{2} r_2 (\vartheta_2 - \varphi_2)^2.$$

Переходя к величине g относительного скольжения, получим две следующие формулы.

1) Для ведущего профиля

$$g_1 = \frac{d\lambda_2 - d\lambda_1}{d\lambda_1} = \frac{\vartheta_2 - \varphi_2}{\vartheta_{10} + \varphi_1} - 1,$$

2) для ведомого (т. к. $r_1\, d\varphi_1 = -r_2\, d\varphi_2$)

$$g_2 = \frac{\vartheta_{10} + \varphi_1}{\vartheta_2 - \varphi_2} - 1.$$

Из фиг. 9 следует:

$$\vartheta_2 = \frac{1+k}{k} \operatorname{tg}\alpha - \frac{\vartheta_{10}}{k}.$$

Подставляя это значение ϑ_2 в ф-лы для g_1 и g_2 и замечая, что $\varphi_1 = k\varphi_2$, по выполнении всех действий получим следующее выражение для удельного скольжения на ведущем и ведомом профилях в ф-ии угла поворота ведущего колеса:

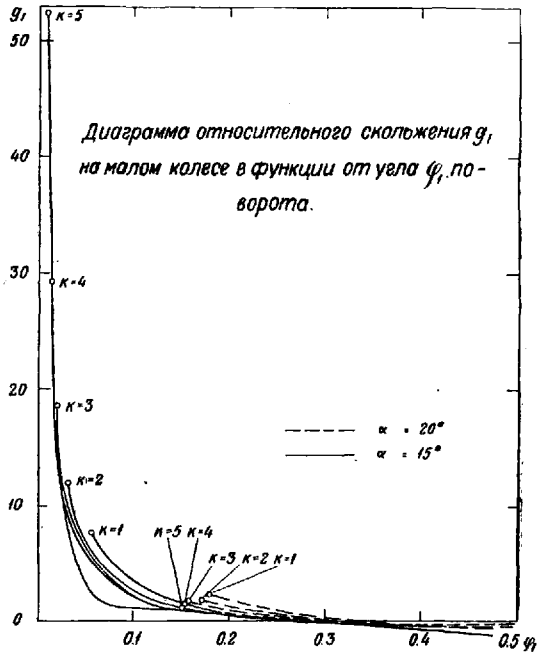
$$g_1 = \frac{1+k}{k}\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\vartheta_{10}+\varphi_1} - 1\right);$$

$$g_2 = -\frac{(k+1)\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\vartheta_{10}+\varphi_1} - 1\right)}{(k+1)\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\vartheta_{10}+\varphi_1} - 1}.$$

В начале зацепления $\varphi_1 = 0$, и мы получаем:

$$g_{10} = \frac{1+k}{k}\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\vartheta_{10}} - 1\right) \text{ и } g_{20} = -\frac{(k+1)\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\vartheta_{10}} - 1\right)}{(k+1)\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\vartheta_{10}} - 1}.$$

С увеличением передаточного числа k относительное скольжение уменьшается. Угол

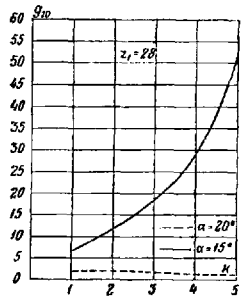


Фиг. 11а.

φ_1 изменяется за время зацепления одной пары зубцов от $\varphi_1 = 0$ до $\Phi = \frac{2\pi}{z_1}\sigma$. Если $\vartheta_{10} = 0$, т. е. ножка ведущего профиля вступает в зацепление той точкой эвольвенты, к-рая лежит на основном круге, то $g_{10} = \infty$, чему будет соответствовать весьма сильный износ ножки. Такого случая следует избегать. Диаграмма (фиг. 11а) дает представление об относительном скольжении g_1 для передачи при $z_1 = 28$ и $k = 1, 2, 3, 4, 5$. Определяющее значение для передачи имеет величина g_{10} относительного скольжения на профиле ножки малого колеса. Диаграмма (фиг. 11б) дает

зависимость этой величины от k для шестерни с $z_1=28$. При постоянном угле α величина g_1 зависит только от $\vartheta_{10}+\varphi_1$, т. е. в конечном счете от ϑ_{10}.

Наименьшее число зубцов, которое можно назначить на малом колесе передачи или набора сменных колес, зависит от всех исследованных выше факторов, т. е. от подрезания, продолжительности зацепления и относительного скольжения, и определяется характером работы передачи. Для передач, работающих с малой окружной скоростью, допускается $\sigma<2$. Износ при малых скоростях, особенно в передачах, работающих с перерывами, также теряет свое значение. Поэтому для колес, зубцы к-рых изготовляются отливкой и обработке не подвергаются, наименьшее z_1 доводят в лебедках до 10—11, при условии применения циклоидальных профилей или эвольвентных, но с увеличением угла α или уменьшением высоты головки большого колеса. В исключительных случаях z_1 доводят до 4, как, напр., для шестерен домкрата, работающих с рейкой; профили—циклоидальные. Для трансмиссионных передач наименьшее число зубцов на малом колесе должно удовлетворять условию $\sigma=2$, что дает для z_1 числа 28—30, при к-рых практически удовлетворяются также и условия подрезания, как можно видеть из вышеприведенной таблицы. Величина $\sigma=2$ обусловливает также наибольшую равномерность.



Фиг. 11б.

Наибольшее передаточное число пары колес k определяется наименьшими значениями z_1. В крановых передачах с ручным приводом k доходит до 10, в моторных передачах—до 6, что для числа z_2 на большом колесе дает значения ок. 120. Приведенные для k пределы основаны на чисто практич. соображениях о компактности передачи и удобствах производства колес.

Трение на зубцах. При передаче работы, между ведущим и ведомым профилями будет действовать нормальное давление N (фиг. 12), направленное по общей нормали к профилям, при чем для ведомого профиля оно будет направлено в сторону движения, а для ведущего—против. Для эвольвентных профилей N будет иметь постоянное направление по касательной к основным кругам обоих колес. При отсутствии трения моменты обоих колес $M_1=Nr_1$ и $M_2=Nr_2$, так что $\frac{M_2}{M_1}=\frac{r_2}{r_1}=k$. Сила трения fN, в соответствии с направлением скорости скольжения, будет направлена на ведущем профиле: 1) к основанию зубца—при работе перед линией центров и 2) к вершине зубца—за линией центров. Перемена направления силы трения происходит в точке C. Предполагая движение установившимся, из условий равновесия ведущего колеса определяем нормальное давление следующим образом.

1) Перед линией центров

$$N=\frac{PR_1}{R_1\cos\alpha+f(R_1\sin\alpha-x)};$$

2) за линией центров

$$N=\frac{PR_1}{R_1\cos\alpha-f(R_1\sin\alpha+x)}.$$

Выражая все линейные размеры через m и пользуясь соотношением между длиной x линии зацепления и углом поворота

$$x=r_1[\operatorname{tg}\alpha-(\vartheta_{10}+\varphi_1)],$$

получим для N следующее выражение, справедливое для работы профилей как перед линией центров, так и за ней:

$$N=\frac{P}{\cos\alpha[1-f(\vartheta_{10}+\varphi_1)]}.$$

Отсюда заключаем, что нормальное давление и сила трения суть ф-ии угла φ_1 поворота ведущего колеса.

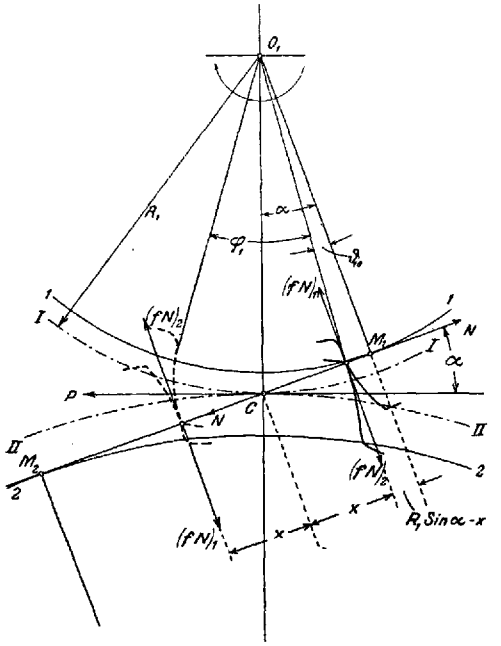
Коэффициент полезного действия η пары З. к. вычисляют обычно в предположении, что $N=\frac{P}{\cos\alpha}$, т. е. пренебрегают влиянием трения на величину N. В результате получается выражение

$$\eta=1-\pi f\left(\frac{1}{z_1}+\frac{1}{z_2}\right)(\sigma_1^2+\sigma_2^2-\sigma+1),$$

или, приближенно,

$$\eta=1-\pi f\left(\frac{1}{z_1}+\frac{1}{z_2}\right)\frac{\sigma}{2},$$

где z_1 и z_2—числа зубцов, σ_1 и σ_2—продолжительность зацепления перед и за линией центров, σ—полная продолжительность зацепления; коэфф-т трения $f=0{,}1\div0{,}25$.



Фиг. 12.

Опытом установлены следующие средние значения η, включая трение в опорах: 1) для новых литых и необработанных зубцов—от 0,85 до 0,88; 2) для обработанных—0,92; 3) для очень хорошо обработанных—0,95. Опыты Каммерера и Кранца с трамвайными З. к. показали, что η зависит от смазки и ее сорта, нагрузки на зубцы и ок-

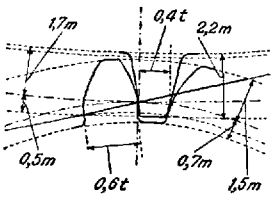
ружной скорости. Для новых колес при нормальной нагрузке и жидкой смазке η доходило до 0,98. Для изношенных зубцов η понижается при тех же условиях до 0,87, и колеса работают весьма неспокойно. Подробные данные об η и влиянии на него различных обстоятельств дают американские опыты [21, 25, 26].

Трение на зубцах оказывает влияние на равномерность вращения колес. Если ведущий момент M_1 постоянен, то при переменном моменте трения ведомый момент не м. б. постоянным. Особенно сильное влияние оказывает при этом то обстоятельство, что сила трения, а значит и полная реакция на ведущий зубец, меняют свое направление в точке C. Все это сказывается гл. обр. в звуковых явлениях: колеса шумят или ревут при работе. Опыты показали, что колеса, зубцы к-рых после обработки были закалены, работают с шумом вследствие искажения профилей при закалке; если зубцы после закалки подвергались шлифовке, то колеса работают без шума. При профилях, весьма точно и тщательно изготовленных, колеса давали вместо шума музыкальный тон, высота к-рого пропорциональна произведению числа оборотов колеса на число его зубцов, т. е. числу зацеплений зубцов в минуту. Сила звука зависит от нагрузки; при увеличении нагрузки она увеличивается, при уменьшении—уменьшается; при холостом ходе она равна нулю, пения не слышно. Применение одностороннего зацепления, в к-ром устранена перемена направления силы трения, устраняло пение колес [27]. При большой продолжительности зацепления оно тоже устраняется, что особенно ярко сказывается на колесах со спиральными зубцами. Т. о., бесшумность колес достигается: 1) весьма точным изготовлением профилей; 2) односторонним зацеплением; 3) увеличением продолжительности зацепления, т. е. увеличением числа зубцов на малом колесе или заменой прямых зубцов спиральными; 4) применением для зубцов малого колеса особых материалов—кожи, фибры, просмоленных и спрессованных тканей (Novotext).

Исправленное эвольвентное зацепление имеет целью устранение тех отрицательных сторон зацепления, которые сказываются в системе сменных колес: 1) подрезания, препятствующего осуществлению колес с малыми числами зубцов; 2) большого относительного скольжения на ножке малого колеса, ведущего к сильному и быстрому ее износу.

Т. к. наивыгоднейшая форма профиля зависит не только от числа зубцов колеса, но также и от передаточного числа, то всякая передача требует специального выполнения зубцов на каждом из колес, вследствие чего применение исправленного зацепления становится в зависимость от режущего инструмента и методов обработки зубцов. Улучшение характера зацепления сводится в конце концов к увеличению эвольвентной части зубцов малого колеса и м. б. достигнуто: 1) увеличением высоты головки за счет сокращения ножки при неизменном угле; 2) увеличением эвольвентной части ножки путем увеличения угла α при неизменной высоте головки; 3) одновременным увеличением высоты голозки и угла α при очень малом числе зубцов.

Примером исправления профиля по первому способу являются зубцы, применяемые с 1901 г. германской фирмой AEG (Всеобщая компания электричества) для передач от электромоторов (фиг. 13). Высота головки этих зубцов на малом колесе увеличена на 0,5 m, угол $\alpha=15°$, общая высота зубцов 2,2 m; остальные размеры указаны на фиг. 13. Исправление это позволяет брать на малом колесе 14 зубцов, но не является универсальным, т. к. дает хорошее зацепление только для передаточных чисел от 3 до 5. Обобщение его на любые передаточные числа потребовало бы установления шкалы размеров для высоты головок в зависимости от числа зубцов на колесах, составляющих передачу; в соответствии с этим осложнилась бы обработка зубцов, вследствие необходимости большого количества инструментов, тем более что приходится менять толщину зубцов на начальной окружности.



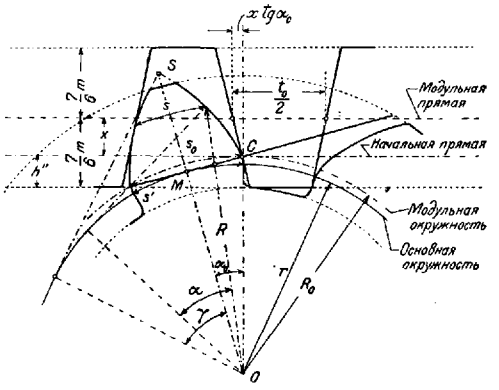
Фиг. 13.

Увеличение угла зацепления до 20°, как указано выше, привело к созданию новой системы сменных колес. Назначение же для каждой пары особого угла приводит снова к большому количеству необходимых инструментов. Одновременное изменение высоты головки, толщины зубца и угла зацепления настолько осложняет вопрос, что построение системы исправленных профилей по этому способу становится просто невыполнимым. Основой всех указанных затруднений является то обстоятельство, что все размеры зубцов (толщина, высота головки и ножки) связываются с начальной окружностью.

Инженеру Мааг (Maag) принадлежит заслуга детальной разработки и широкого проведения в жизнь системы получивших его имя исправленных эвольвентных профилей, к-рые при любых числах зубцов на колесах передачи дают наилучшее зацепление. В основе способа Маага, предполагающего изготовление зубцов по методу обкатывания, заложены две идеи: 1) правильное зацепление эвольвентных профилей не нарушается с изменением расстояния между осями колес и 2) два колеса, нарезанные одним инструментом, будут работать всегда правильно друг с другом. Исходным инструментом выбрана рейка с углом зацепления $\alpha_0=15°$ и шагом $t_0=\pi m$. Толщина зубца по средней прямой, к-рая называется модульной прямой, равна $\frac{t_0}{2}=\frac{\pi m}{2}$. Высота головки равна высоте ножки $=\frac{7}{6}m$ (фиг. 14). Т. к. все точки рейки в прямолинейном ее движении имеют одинаковые скорости, то за начальную прямую можно взять любую прямую, параллельную модульной. Другими словами, можно отодвинуть рейку от центра колеса на величину x, называемую смещением и выражаемую через модуль

$x = \xi m$. Смещение считается положительным, если модульная прямая отодвигается от центра обрабатываемого колеса, и отрицательным, если последняя придвигается к центру. Начальной окружности, к-рая в точке C касается начальной прямой рейки, дается название модульной окружности, для к-рой $R_0 = \frac{mz}{2}$; по ней измеряется толщина зубца, и от нее отсчитываются высоты головки и ножки зубца на колесе. На фиг. 14 высота ножки $h'' = \left(\frac{7}{6} - \xi\right) m$.

Относительное смещение ξ есть величина, определяющая форму зуба. Полагая зацепление рейки с колесом без зазора, определим толщину s_0 зубца на колесе по модульной окружности:



Фиг. 14.

$$s_0 = \frac{\pi m}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha_0 = 2\left(\frac{\pi}{4} + \xi \operatorname{tg} \alpha_0\right) m ,$$

т. е. толщина s_0 определяется величиной смещения. На фиг. 14 изображен такой зубец, и пунктиром профили его продолжены до пересечения в точке S. Толщина зубца на любой окружности радиуса R

$$s = 2\left[(\operatorname{tg}\gamma - \gamma) - (\operatorname{tg}\alpha - \alpha)\right] R ;$$

т. к. $r = R\cos\alpha$ и $r = R_0 \cos\alpha_0 = \frac{mz}{2}\cos\alpha_0$, то

$$s = \left[(\operatorname{tg}\gamma - \gamma) - (\operatorname{tg}\alpha - \alpha)\right] \frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha} mz .$$

Толщина зубца по модульной окружности по этой общей ф-ле определится как

$$s_0 = \left[(\operatorname{tg}\gamma - \gamma) - (\operatorname{tg}\alpha_0 - \alpha_0)\right] mz .$$

Сопоставляя два выражения для s_0, находим:

$$\operatorname{tg}\gamma - \gamma = \frac{2\operatorname{tg}\alpha_0}{z} \cdot \xi + \frac{\pi}{2z} + \operatorname{tg}\alpha_0 - \alpha_0 ,$$

где угол γ определяет толщину идеального зубца на основной окружности $s_1 = 2r(\operatorname{tg}\gamma - \gamma)$. Полагая, что рейкой нарезаются два колеса, к-рые составят передачу, при чем зубцы будут работать без зазора и иметь по начальным, модульным, окружностям передачи толщины s_1 и s_2, имеем:

$$s_1 + s_2 = t = t_0 \frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha'} ,$$

где α'—новый угол зацепления. Применяя к каждому колесу выражение, приведенное выше для s в ф-ии $\operatorname{tg}\gamma - \gamma$, находим:

$$(\operatorname{tg}\gamma_1 - \gamma_1) z_1 + (\operatorname{tg}\gamma_2 - \gamma_2) z_2 - (\operatorname{tg}\alpha' - \alpha')(z_1 + z_2) = \pi .$$

Подставляя соответствующие значения для $\operatorname{tg}\gamma - \gamma$, находим выражение для определения угла α' зацепления нашей пары колес:

$$\operatorname{tg}\alpha' - \alpha' = \frac{2\operatorname{tg}\alpha_0}{z_1 + z_2}(\xi_1 + \xi_2) + \operatorname{tg}\alpha_0 - \alpha_0 ,$$

где ξ_1 и ξ_2—смещения рейки при нарезании 1-го и 2-го колес передачи, z_1 и z_2—числа зубцов на них, $\alpha_0 = 15°$. Изменение расстояния между центрами колес

$$y = R_1\left(\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha'} - 1\right) + R_2\left(\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha'} - 1\right) = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m\left(\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha'} - 1\right) = \eta m ,$$

где $\eta = \frac{z_1 + z_2}{2}\left(\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha'} - 1\right)$ — относительное смещение центров колес. Каждому α', т. е. паре значений ξ_1 и ξ_2, соответствует свое η. Для упрощения вычислений при нахождении угла α' служит вспомогательная таблица значений функции $\operatorname{tg}\alpha - \alpha$ [14]. При нарезании рейкой зубцов на колесах допускается нек-рое подрезание их, но так, чтобы при этом совершенно не затрагивался рабочий участок эвольвенты на профиле.

В основу определения величин ξ положены два требования: 1) зубцы колес должны работать без подрезания, 2) толщина зубцов по окружностям, отделяющим подрезанную рейкой часть профиля от неподрезанной, д. б. на обоих колесах одинаковой. Результаты вычислений сведены в диаграмму [14], изображающую ξ в функции от z.

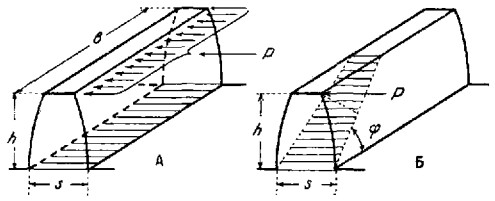
Колесами Маага могут осуществляться передачи от $^3/_3$ до $^3/_\infty$ и от $^{50}/_{50}$ до $^{50}/_\infty$. Для шестерен с числом зубцов свыше 50 оказывается, что наилучшие результаты дают обыкновенные колеса сменного ряда с углом зацепления $\alpha = 15°$. Колеса Маага не удовлетворяют условиям сменности и пригодны только для парных передач.

Позднейшие исследования показывают однако, что, исходя из рейки как основного инструмента, можно нарезать системы сменных колес, отличные от современных. При построении этих систем удобнее исходить из основных кругов, относя к ним модуль и шаг зацепления. Определяющими условиями являются: 1) беззазорная работа зубцов, 2) недопустимость подрезания, 3) недопустимость заострения зубцов, 4) минимальная продолжительность зацепления для малых колес набора. Вообще следует отметить, что отнесение модуля и шага зацепления к основным окружностям весьма упрощает общее геометрическое исследование и характеристику также и существующих систем сменных колес.

2. Расчет и конструкция цилиндрических зубчатых колес. Расчет зубцов ведется обычно в следующих предположениях: 1) окружное усилие P; изгибающее зубец, действует на вершине зубца и дает в опасном сечении изгибающий момент $M_u = Ph$ (фиг. 15, А); 2) толщина s зубца у основания его принимается для простоты равной $\frac{t}{2} = \frac{\pi m}{2}$, т. е. равной толщине зубца по начальной окружности. Тогда из ур-ия прочности зубца получаем: $\sigma'_u = \frac{6Ph}{bs^2}$, где b—длина зубца. В грубых колесах возможно действие силы P на угол зубца (фиг. 15, Б), что дает:

$Ph\cos\varphi = \frac{bs^2}{6\sin\varphi}\sigma''_{и.}$, т. е. $\sigma''_{и.} = \frac{3P}{s^2}\sin 2\varphi$.

Опасное сечение определяется углом $\varphi = 45°$, при котором $\sigma''_{и.} = \frac{3P}{s^2}$. Полагая $\sigma'_{и.} = \sigma''_{и.} = \sigma_{и.}$, приходим к условию равнопрочности зубца: $b=2h$; при $h = 0{,}7t \cong 2{,}167\,m$ получаем $b = 1{,}4\,t = 4{,}334\,m$, т. е. при грубых колесах, когда не исключена возможность действия силы P на угол зубца, бесполезно брать длину зубца больше $1{,}4\,t$, т. к. это не повышает его прочности. Обычно в этих случаях принимают $b = 2t \cong 6m$.



Фиг. 15.

Переходя к установлению расчетных уравнений, полагаем $b = \psi' t = \psi' \pi m = \psi m$; в дальнейшем, при выводе ф-л для перехода на *см*, будем вводить везде $\frac{m}{10}$, где m выражено в *мм*; тогда $b = \frac{\psi m}{10}$ *см*, $h = \frac{2.167\,m}{10}$ *см* и $s = \frac{0.5\,\pi m}{10}$ *см*;

$P = \frac{bs^2}{6h}k_{и.} = \frac{\psi m \cdot 0{,}25\,\pi^2 m^2}{6 \cdot 2{,}167\,m \cdot 100}k_{и.} = 0{,}001885\,m^2\psi\,k_{и.}$, откуда

$$m = 23\sqrt{\frac{P}{\psi\,k_{и.}}}.$$

Т. к. вращающий момент $M = PR$ *кгсм* $= P\frac{mz}{20}$ *кгсм*, то

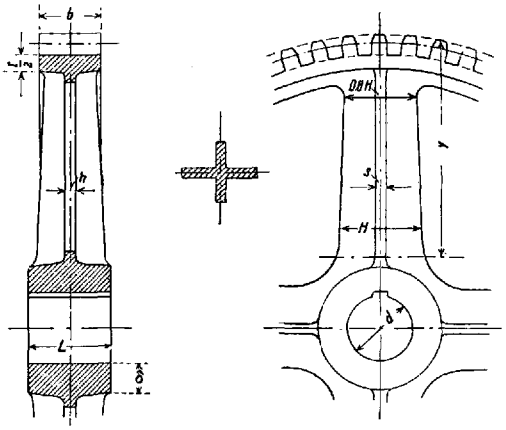
$$m = 22\sqrt[3]{\frac{M}{\psi z k_{и.}}}.$$

Переходя к мощности N_{IP} и числу об/м. n, найдем

$$m = 912\sqrt[3]{\frac{N}{\psi z n k_{и.}}}.$$

При расчете различают два типа З. к.: 1) силовые колеса и 2) рабочие колеса. Первые работают при весьма малых скоростях и имеют целью не длительную передачу работы, а гл. обр. передачу усилий, иногда весьма больших. Типичный пример таких колес дают передачи в кранах с ручным приводом. Основанием для расчета зубцов силовых колес являются исключительно соображения прочности, т. е. выбор допускаемого напряжения $k_{и.}$, которое определяется лишь материалом. В противоположность силовым, рабочие колеса имеют главной своей целью б. или м. продолжительную передачу работы. В типичных случаях они работают при весьма значительных скоростях. При расчете их приходится принимать во внимание не только прочность, но также износ и нагревание зубцов вследствие трения. Последние обстоятельства приводят к необходимости увеличивать длину $b = \psi m$ зубца, а также уменьшать значения $k_{и.}$ при возрастании окружной скорости. Для средних скоростей и усилий $\psi = 9 \div 12$. Сюда относятся, между прочим, З. к. в металлообрабатывающих станках, для к-рых принимают обычно $\psi = 10$. Для колес, передающих большие усилия при большой скорости, $\psi = 13 \div 16$.

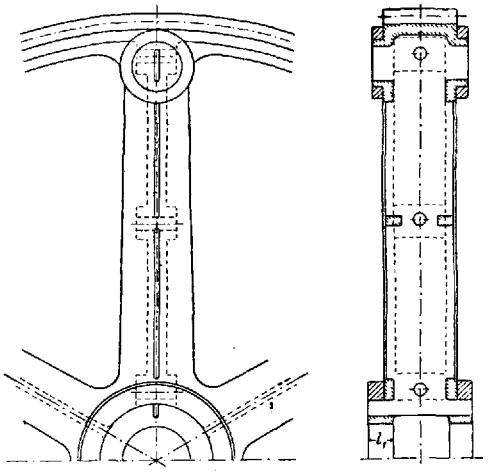
Сопоставляя данные лучших герм. з-дов, а также соображения разных авторов (Бах, Рело), Гённике (G. Hönnicke) [16] установил,



Фиг. 16.

что все их можно объединить в одном законе: $K_{и.} = \frac{10\,k_{и.}}{v+6}$, где $K_{и.}$ (выраженное в *кг/см²*)— допускаемое напряжение для зубцов рабочих колес, $k_{и.}$—допускаемое напряжение для зубцов силовых колес и v—скорость на начальной окружности в *м/сек*. Табл. 2 дает значения $K_{и.}$ для разных материалов, применяемых при изготовлении З. к.

Напряжения, соответствующие $v = 4$ *м/сек*, должны применяться для расчета силовых колес. Расчет приходится вести методом последовательных приближений, задаваясь вначале произвольной скоростью v; для облегчения и ускорения расчета пользуются



Фиг. 17.

вспомогательными таблицами и номограммами. Строго выработанного метода расчета зубцов не имеется, а поэтому приводимый способ не является единственным.

Конструкция цилиндр. колес и расчет деталей (фиг. 16, 17 и 18). Обод делается толщиной от 0,5 до 0,6t; для

Табл. 2.—Значения $K_{u.}$ для различных материалов.

Окружная скорость при необработ. зубцах (v'), *м/сек*	Окружная скорость (v), *м/сек*	Допускаемые напряжения $K_{u.}=\frac{10k_{u.}}{v+6}$ в *кг/см²* для рабочих колес с обработанными зубцами. Значения напряжений при $v=4$ *м/сек* применяются для силовых колес										
		Чугун	Стальное литье	Бессемеровская и кованая сим.-март. сталь	Никелевая сталь	Хромоникелевая сталь, колеса закалены в масле	Бронза	Фосфористая бронза	Дельта-металл	Кожа	Бук	Фибра
—	0,1	492	1 030	1 525	3 100	4 100	656	885	1 312	410	295	184
—	0,25	480	1 000	1 485	3 020	4 000	640	864	1 280	400	288	160
—	0,5	462	970	1 430	2 910	3 850	615	830	1 230	385	277	154
0,1	1	428	900	1 328	2 700	3 570	572	772	1 144	357	257	143
0,25	2	375	788	1 160	2 360	3 125	500	675	1 000	313	225	125
0,5	3	333	700	1 032	2 100	2 780	444	600	889	278	200	111
1	4	300	630	930	1 890	2 500	400	540	800	250	180	100
2	5	273	572	845	1 717	2 270	363	491	725	227	164	91
3	6	250	525	775	1 575	2 085	333	450	667	209	150	84
4	7	231	485	715	1 452	1 923	307	416	615	192	138	77
5	8	214	450	664	1 350	1 785	288	386	576	179	129	72
6	9	200	420	620	1 260	1 665	267	360	535	167	120	67
—	10	187	394	581	1 180	1 563	250	337	500	156	113	63
—	11	176	371	546	1 111	1 470	235	318	470	147	106	59
—	12	166	350	516	1 050	1 388	222	300	445	133	100	56
—	13	158	331	490	995	1 315	213	284	423	132	95	53
—	14	150	315	465	945	1 250	200	270	400	125	90	50
—	15	143	300	443	903	1 190	190	257	380	119	86	48
—	16	136	286	422	860	1 135	182	245	364	114	82	46
—	17	130	274	404	822	1 090	174	234	349	109	78	44
—	18	125	262	387	787	1 042	166	225	333	104	75	42
—	19	120	256	372	756	1 000	160	216	320	100	72	40
—	20	115	242	357	729	962	154	207	308	96	69	39
—	21	111	233	344	700	926	148	200	296	93	66	38
—	22	107	225	332	675	893	143	193	286	89	64	36
—	23	103	217	320	661	862	138	186	277	86	62	35
—	24	100	210	310	630	833	133	180	267	83	60	34
—	25	97	203	300	610	806	129	174	258	81	58	32
—	26	94	197	290	591	782	125	169	250	78	56	31
—	27	91	191	282	573	758	121	164	243	76	54	30
—	28	88	185	273	556	735	117	159	234	74	53	29
—	29	86	180	265	540	714	114	154	228	71	51	28
—	30	83	175	258	525	695	111	150	223	70	50	27

увеличения жесткости обод снабжают одним или двумя ребрами. Толщину стенок δ ступицы для чугунных колес берут равной $0{,}4d+1$ *см*; для стального литья $\delta=0{,}3d+1$ *см*, где d—диам. расточки ступицы в *см*; длина ступицы $L=b+0{,}05R$; при больших размерах она снабжается в средней части выемкой по фиг. 17, но так, чтобы $l_1 \geq 0{,}5\,d$.

Закрепление З. к. на валу производится при помощи шпонок, реже—стопорных болтов; гнездо для шпонки в ступице располагается всегда против спицы. Обод связывается со ступицей при помощи спиц. В малых колесах спиц не делается, и З. к. выполняются в виде сплошных дисков постоянной толщины, или же обод связывается со ступицей сплошным диском, толщина к-рого меньше ширины обода; в последнем случае диск снабжается обычно ребрами жесткости. Для больших колес число спиц определяется по формуле $i=0{,}5\sqrt{D}$, где D—диаметр колеса в *см*. Число спиц обычно назначается от 4 до 8. Сечение спиц крестообразное (фиг. 16), двутавровое (фиг. 17), корытное, реже овальное.

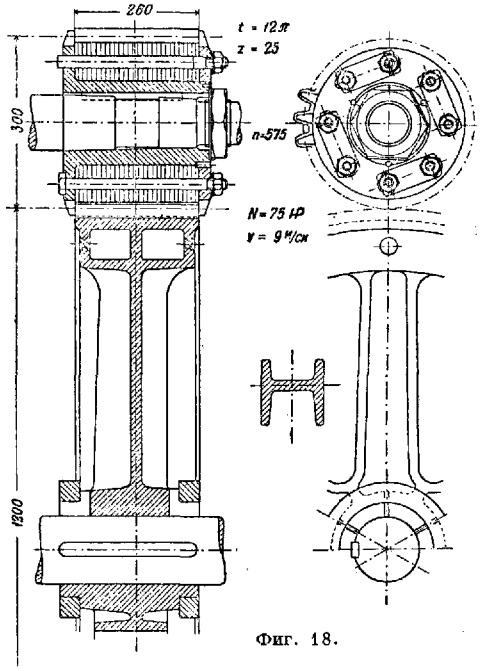
Закон распределения окружного усилия между отдельными спицами весьма сложен; поэтому расчет спиц ведется приближенно, в предположении, что в работе участвует одновременно $^1/_4$ общего числа спиц. Обыкновенно в расчет принимаются только ребра, расположенные в плоскости вращения колеса. Ширина ребра в опасном сечении—H, толщина $h\cong 0{,}2\,H$. Рассматривая спицу как балку, защемленную в сечении у втулки колеса и нагруженную сосредоточенной силой P на начальной окружности, получают:

$$Py=\frac{1}{4}\,i\cdot\frac{H^3}{30}\cdot k_{u.},\ \text{откуда}\ H=\sqrt[3]{\frac{120\,Py}{i\cdot k_{u.}}}.$$

Для чугунных колес $k_{u.}=300$ *кг/см²*. Ширину спицы у обода берут равной $0{,}8H$. Ребра, перпендикулярные плоскости колеса, являются ребрами жесткости и служат для связи обода со ступицей. Ширина их определяется размерами b и L, а толщина s делается равной h. Если чугун не удовлетворяет условиям работы, то большое колесо передачи изготовляют в виде стальной отливки, а малое—из кованой стали, при чем зубцы последнего часто закаливают для увеличения срока его службы. В специальных случаях малые колеса изготовляют из никелевой или хромоникелевой стали, подвергают термич. обработке и шлифовке,—тогда обод большого колеса готовится из кованой стали. Для бесшумных передач малое колесо изготовляется из кожи (фиг. 18), фибры, за последние годы—из тканей, спрессованных в нагретом состоянии с искусственной смолой (Novotext) [34]. Для бесшумности иногда делают обод колеса полым и заливают его цементом или свинцом. С той же целью применяют деревянные зубцы, которыми снабжается обыкновенно большое колесо передачи, чтобы избежать сильного износа деревянных зубцов. Обработка зубцов чугунной шестерни содействует даль-

нейшему уменьшению износа. Толщина деревянных зубцов $0{,}6t$; толщина обода для них от 1 до $1{,}2t$.

При невозможности надевать колесо с торца вала (напр. в трамвайных передачах) или затруднительности его отливки вследствие больших размеров колесо изготовляется разъемным (фиг. 17). Разъем обыкновенно делается по спицам, и части колеса соединяются между собой болтами или стяжными кольцами. Число зубцов колеса в этом случае



Фиг. 18.

д. б. кратным числа спиц. Для обеспечения постоянной смазки передача заключается в кожух и работает в масле. При окружных скоростях больше 9 *м/сн*, вследствие действия центробежной силы масло сбрасывается с зубцов; поэтому при больших скоростях масло подается особым насосом и вбрызгивается между зубцами в месте зацепления. Смазка действует также в качестве охладителя и глушителя шума зубцов.

3. Изготовление цилиндрических З. к. Изготовление производится двумя методами: 1) по методу к о п и р о в а н и я и 2) по методу о б к а т ы в а н и я. В основе первого, более старого метода, который можно назвать геометрическим, лежит вычерчивание тех профилей, к-рые подлежат изготовлению. При изготовлении вычерченная форма копируется тем или иным способом, в зависимости от способа изготовления зубцов.

1) По методу к о п и р о в а н и я З. к. изготовляются отливкой или снятием стружки. Л и т ы е З. к.: для формовки небольших З. к. пользуются часто формовкой по модели; при массовом производстве применяют *формовочные машины* (см.); иногда отливкой зубцам придается лишь приблизительная форма, а точная отделка производится на специальных станках. Достоинство литых З. к.—низкая стоимость и твердость рабочих поверхностей; недостаток—неизбежные погрешности в форме профиля и в шаге, вследствие чего применение З. к. с литыми зубцами ограничивается только низкими скоростями, т. к. при скоростях больше 3 *м/сн* колеса в работе обычно дают большой шум. Обработка с н я т и е м с т р у ж к и производится в настоящее время гл. обр. при помощи дисковых фасонных фрезеров. Режущая кромка дискового фрезера имеет форму впадины зубца. Фрезер устанавливается так, что средняя плоскость его проходит через ось колеса. За один проход нарезается впадина, после чего колесо поворачивается делительным механизмом на один шаг и происходит прорезание следующей впадины. Точность работы зависит прежде всего от точности режущего профиля фрезера, а поэтому требуется особая тщательность при изготовлении и проверке последнего. При обработке твердого материала и большом модуле нарезаемого колеса рекомендуется предварительная обдирка впадины особым дисковым фрезером или же одновременное прохождение двумя рядом один за другим насаженными фрезерами, из к-рых один является обдирочным, а другой проходным. Развивающееся при фрезировании зубцов тепло нагревает обод нарезаемого колеса неравномерно, что влечет за собой ошибку в шаге. Для устранения ошибки при изготовлении колес с точным шагом проходят впадину дважды, со снятием весьма малого слоя при втором проходе. Той же цели достигают, переходя от прорезанной впадины не к следующей, а через 3, 4, 5 и до 7 зубцов. При этом нагревание обода нарезаемого колеса происходит более равномерно, и для полного его нарезания потребуется не один его оборот, а соответственно 3, 4, 5 и до 7.

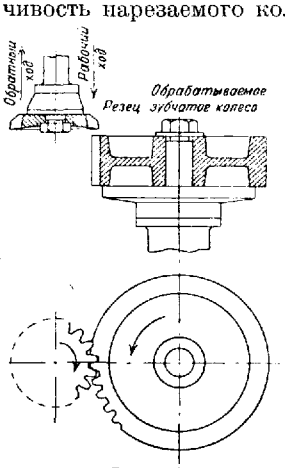
2) Изготовление З. к. по методу о б к а т ы в а н и я представляет собою наиболее совершенный современный способ изготовления зубцов. Способ этот чисто механический и основывается на том, что особенно простой профиль принимается за исходный. Между ним и обрабатываемым колесом создается такое же относительное движение, какое зацепляющиеся колеса имеют в действительности; инструмент и изделие как бы образуют передачу. Углубляясь в заготовку, инструмент вырезает огибающий профиль на колесе. Любые два колеса, нарезанные по методу обкатывания одним и тем же инструментом, будут давать совершенно правильное зацепление; поэтому для нарезания набора сменных колес при этом способе достаточно одного инструмента. Применяется исключительно эвольвентный профиль, вследствие его простоты и независимости правильного зацепления от изменения расстояния между осями. Для нарезания З. к. по методу обкатывания применяются четыре инструмента: а) зубчатая рейка, б) один зубец рейки, в) шестерня, г) червячный фрезер.

а) Нарезание зубцов р е й к о й особенно полно и всесторонне разработано инж. Мааг, к-рый не только применил ее для нарезания сменных и исправленных эвольвентных профилей, но также изумительно разработал соответствующие зуборезные станки и автоматич. станки для фрезирования и шлифовки

самих реек, к-рые подвергаются после закалки шлифовке со всех сторон. Рейка представляет собою наиболее совершенный инструмент для нарезания зубцов благодаря прямолинейности ее профиля. Степень точности изготовления реек—до 0,002 *мм*. Рейка затачивается лишь со стороны режущей кромки, благодаря чему степень точности ее остается неизменной. Для увеличения производительности, а также повышения точности изготовления зубцов применяются три рейки: для обдирки, для чистовой обработки и для обработки под шлифовку. Рейки изготовляются обычно с 8 зубцами и ок. 20 *мм* толщиной.

б) Нарезание З. к. одним зубцом рейки представляет собою упрощение предыдущего способа в отношении исходного инструмента, который представляет призму, имеющую в сечении профиль зуба рейки. Простота и дешевизна являются главными достоинствами этого способа. Движение обкатывания воспроизводится сходно с предыдущим. Поверхность зубцов получается правильной и чистой. Станки работают долблением. При большом модуле, перед нарезанием профилей производится предварительное долбление двух пазов, в результате чего выпадает клин материала З. к. и т. о. уменьшается количество материала, подлежащего снятию чистовым резцом.

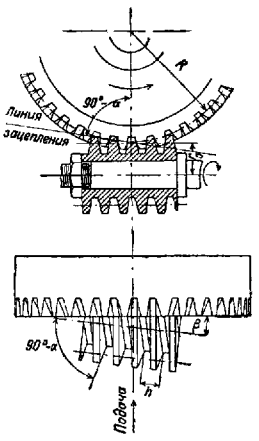
в) Нарезание З. к. шестерней разработано и введено в жизнь в 1899 г. американцем Феллоу (Fellow), именем которого часто и называют описываемый способ. Исходным инструментом является зубчатое колесо с 24 зубцами. Резец м. б. укреплен на оправке режущими кромками вниз (фиг. 19) или вверх. Последний способ предпочтителен, т. к. при нем лучше обеспечена устойчивость нарезаемого колеса, прижимаемого в этом случае сверху особым упором на супорте. Резцу и нарезаемому колесу сообщается вращательное движение обкатки соответственно тому отношению скоростей, которое имело бы место, если бы резец и колесо находились в зацеплении.



Фиг. 19.

г) Нарезание цилиндрич. З. к. червячным фрезером изобретено в 1856 г., но введено в жизнь в 1896 г. Пфаутером (Pfauter), построившим соответствующий станок. Исходным инструментом является червячный фрезер, к-рый в сечении плоскостью, перпендикулярной средней винтовой линии, дает эвольвентную рейку; рабочее движение этой рейки заменяется вращательным движением фрезера. При одноходовом червяке одному обороту фрезера соответствует перемещение рейки на один шаг; таким образом, для движения обкатки необходимо, чтобы одному обороту фрезера соответствовал поворот нарезаемого колеса на один зуб.

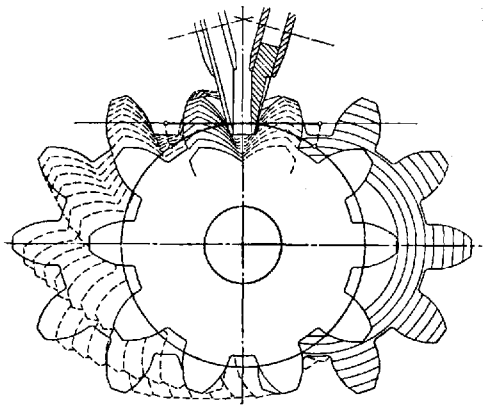
При нарезке прямого зуба фрезер устанавливается так, чтобы витки его были параллельны оси колеса, т. е. ось фрезера д. б. наклонена к плоскости колеса под углом, равным углу подъема β средней винтовой линии фрезера (фиг. 20). Фрезер должен врезаться в колесо настолько, чтобы начальная окружность последнего касалась начальной прямой рейки, образуемой зубьями фрезера. Кроме вращательного движения, фрезер имеет движение подачи, параллельное оси колеса. Движение обкатки таково, что в процессе нарезания находятся одновременно все зубцы, что обусловливает равномерное нагревание всего обода нарезаемого колеса и устраняет неточности, возникающие от неравномерного нагревания. Следует отметить, что режущий профиль, определяемый сечением червяка плоскостью, перпендикулярной к средней винтовой линии, не является прямолинейным,—он ограничен вогнутыми линиями, касательными к прямым теоретическ. профиля; различие между ними тем меньше, чем меньше угол β, к-рому дают обычно значение ок. 5°. Т. к. при нарезании колеса фрезер работает одновременно несколькими витками, то длина его определяется требованием, чтобы внешние витки находились за пределами линии зацепления фрезера и колеса; в зависимости от этого фрезеру дают 5 витков для колес до 70 зубцов и 6—до 100. Заточка фрезера должна производиться в высшей степени тщательно, т. к. каждая неправильность скажется погрешностью в профиле; заточка производится на специальных станках. Значительное упрощение за последнее время внесено созданием т. н. 90°-ного фрезера, у которого плоскость заточки проходит через ось фрезера. Для испытания червячных фрезеров применяются специальные приборы. Особенностью описываемого способа является возможность нарезания З. к. не только с прямыми, но и со спиральными зубцами, а также и червячных колес.



Фиг. 20.

Шлифование зубцов. В целях увеличения продолжительности службы колес зубцы их подвергают закалке или нитрированию. Закаленные колеса из высококачественного материала значительно дороже, но зато им можно придавать значительно меньшие размеры, чем мягким колесам. Высокая стоимость колес уравновешивается уменьшением размеров, а следовательно удешевлением всей конструкции. При закалке колеса коробятся, поэтому после нее зубцы должны обязательно подвергаться шлифованию. Шлифование зубцов производится

на специальных станках, работающих по принципу обкатывания. В станках Маага производится одновременное шлифование двух зубцов двумя тарельчатыми кругами (фиг. 21). Рабочие плоскости кругов соответствуют профилям теоретич. рейки с углом зацепления в 15°. Шлифуемое колесо совершает движение обкатывания по теоретич. рейке при помощи стальной ленты. При обкатывании шлифуемое колесо совершает качательные движения, т. к. шлифуется только одна пара профилей; одновременно с этим колесо имеет поступательное движение вдоль собственной оси. По прохождении всей длины зубца шлифуемое колесо повертывается делительным механизмом, и в шлифовку поступает следующая пара профилей. При большом модуле оба круга помещаются в одной впадине, при малом—в разных. Выносливость шлифован. закаленных зубцов может характеризоваться примером одной передачи в автомобиле, в к-рой после пробега в 180 000 *км* на поверхности зубцов сохранились следы шлифовки—крестовидные штрихи. Возможность изготовлять прямые зубцы с весьма высокой степенью точности позволила применять их для мощных турбинных передач. В одной из установок на 3 000 HP применена передача с прямыми зубцами Маага при следующих данных: числа зубцов 54/119, модуль 5,2 *мм*,



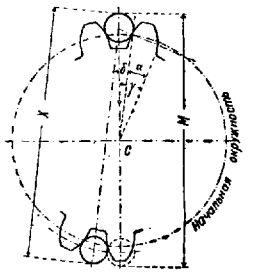
Фиг. 21.

ширина колеса 355 *мм*, число оборотов малого колеса 3 000 в мин., окружная скорость 44 *м/сек*.

4. Измерения зубчатых колес. Высокие требования в отношении точности изготовления З. к. и соответствующее развитие техники изготовления потребовали создания соответствующих измерительных инструментов и приборов для испытания колес. Типичными и вместе с тем недопустимыми погрешностями, для обнаружения и оценки к-рых нужны соответствующие инструменты и приборы, являются следующие: 1) эксцентричное расположение зубчатого венца на ободе—как следствие эксцентричного закрепления колеса при нарезании зубцов; 2) погрешности в шаге—как следствие неточной работы делительного механизма, неравномерного нагревания обода колеса при его нарезании и т. п.; 3) погрешности в профиле—как следствие неправильной формы режущего профиля или неправильного его положения.

Т. к. нарезание всех зубцов производится одним и тем же инструментом, то измерение эксцентриситета м. б. произведено по окружности впадин или любой концентричной ей, за исключением окружности выступов, которая обрабатывается до нарезки зубцов и может не быть концентричной с окружностью впадин.

При помощи двух калиброванных цилиндрич. стержней м. б. определен диаметр D начальной окружности, для чего стержни вкладываются в диаметрально противоположные впадины, и измеряется расстояние между их внешними образующими. Диам. d стержней выбирают так, чтобы они касались профилей в точках начальной окружности. По фиг. 22 не трудно установить, что



Фиг. 22.

при четном числе зубцов измеряемое расстояние M будет выражаться так:

$$M = D\left[(1+\sin\gamma)\frac{\cos\alpha}{\cos\gamma} - \sin\alpha\right],$$

где α—угол зацепления, $\gamma = \alpha - \delta$, $\delta = \frac{90°}{z}$; при нечетном числе зубцов измеряемое расстояние

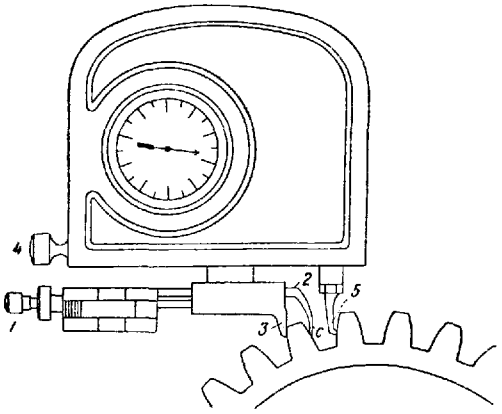
$$X = D\left[(\cos\delta + \sin\gamma)\frac{\cos\alpha}{\cos\gamma} - \sin\alpha\right].$$

При измерении эксцентриситета по окружности впадин пользуются индикатором, который устанавливается на неизменном расстоянии от оси вращения колеса или же поворачивается около той же оси так, что стержень индикатора может касаться окружности впадин. В том и другом случае наблюдают показания стрелки индикатора, вводя его стержень в каждую из впадин; разность наибольшего и наименьшего отклонений даст двойное значение эксцентриситета.

Измерения шага являются весьма важными, так как теоретич. исследование и опыт показали, что З. к. весьма чувствительны к погрешностям в шаге. Измерения шага предполагают, что профиль изготовлен совершенно правильно; если этого нет, то в результатах будут сказываться погрешности совместно как в шаге, так и в профиле. Для разделения их необходимы особые испытания правильности профиля. Измеряется или шаг, как линейная величина, или соответствующий ему угол. Следует иметь в виду, что при измерении угловой величины шага на результате будет сказываться эксцентричность, что потребует затем соответствующей поправки. Измерение может производиться на любой окружности; тогда шаг будет пропорционален диаметру этой окружности, соответствующая же шагу угловая величина постоянна и от диаметра не зависит. Главную роль при измерении играет не абсолютная величина шага, а его постоянство или отклонения результатов, получаемых при отдельных измерениях. Вместо шага часто подвергают измерениям толщину

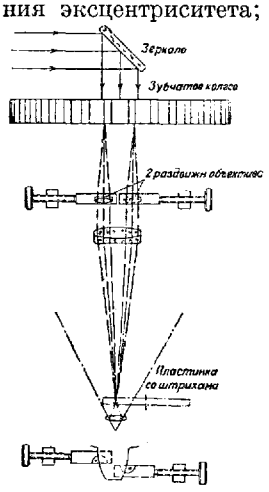
зубцов или ширину впадины, в особенности для зубчатых колес, работающих в обоих направлениях.

Приборы для измерения шага весьма многочисленны и м. б. разделены по принципу



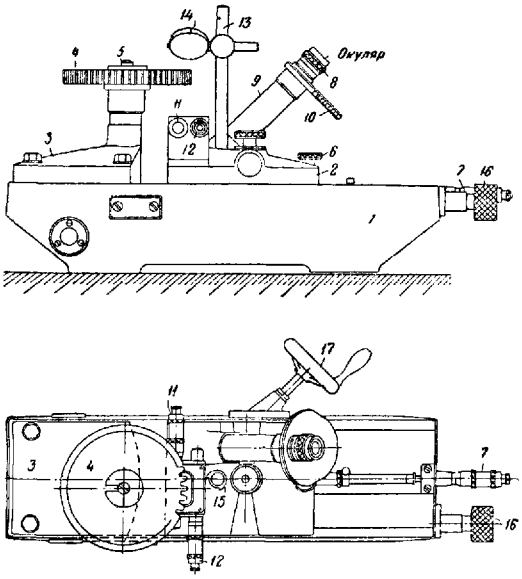
Фиг. 23.

работы на следующие три группы: 1) приборы, измеряющие шаг с исключением влияния эксцентриситета; 2) приборы, измеряющие совместно шаг (или толщину зуба) и эксцентриситет; 3) приборы, измеряющие угловую величину шага. В качестве примера приборов первой группы можно указать на одонтометр Маага (фиг. 23), основанный на свойствах эвольвенты. При помощи винта *1* упор *2* устанавливается таким образом, чтобы измерительная поверхность *3* расположилась касательно к профилю. Далее, действуя винтом *4*, добиваются, чтобы поверхность щупа *5* установилась параллельно поверхности *3*. Перемещения щупа *5*, являющиеся результатом неравенства измеряемых шагов, передаются, при помощи вращающегося на призмовой опоре рычага, стрелке индикатора. Меняя щуп *5*, изменяют область измерения от $m=2$ до $m=20$. С описан. прибором сходен одонтометр Пратта и Уитнея (Pratt & Witney). Характерной особенностью прибора Маага является помещение опорной точки *c* в произвольно выбранной точке профиля. В ряде аналогичных приборов опорная точка помещается или на головке (окружность выступов) или на дне впадины.



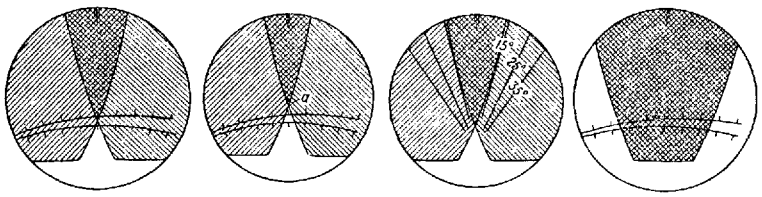
Фиг. 24.

К приборам с опорной точкой на головке принадлежит общеизвестный зубомер, определяющий толщину зуба. Из приборов второй группы следует отметить оптич. прибор Цейсса, схема к-рого изображена на фиг. 24. Основным приспособлением является объектив, состоящий из двух раздвижных полулинз, к-рые дают два изображения нижней кромки испытуемого колеса, напр. два изображения одного и того же зуба, располагающиеся в поле зрения микроскопа. В зависимости от относительного расположения полулинз изображения зуба перекрываются (фиг. 25, А). В нулевом положении, когда обе полулинзы составляют один объектив, получается одно изображение (фиг. 25, Г). Для измерения пользуются тенью, получающеюся от перекрывания одного изображения другим (фиг. 25, А). Устройство прибора



Фиг. 26.

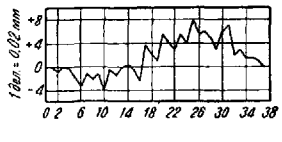
показано на фиг. 26. Чугунная станина *1* несет на себе салазки *2* микроскопа и держатель *3* для испытуемого колеса *4*, к-рое при помощи точно пригнанных букс крепится на колонке держателя и закрепляется винтом *5*. Освобождая винт *6*, передвигают салазки микроскопа от руки и, грубо установив их, закрепляют тем же винтом. Точную установку производят винтом *7*. Снятый со станины вместе с салазками микроскоп м. б. установлен для работы прямо на зуборезном станке при испытании больших колес, т. к. отдельный прибор допускает измерения колес диаметром лишь до 400 *мм*. Под окуляром *8* микроскопа *9* расположена револьверная головка *10* со стеклянной круглой пластинкой, на к-рой нанесены различные штрихи для измерений. Микрометрич. винты



Фиг. 25А. Фиг. 25Б. Фиг. 25В. Фиг. 25Г.

11 и *12* служат для установки полулинз. На колонке *13*, к-рая может поворачиваться на 90°, закреплено зеркальце *14*, освещающее поле зрения микроскопа. Упор *15* ограничивает угол поворота колонки. При помощи головки *16* испытуемое колесо можно устанавливать на разной высоте для получения резкого изображения зубцов. Поворот колеса производится маховичком *17* через червячную передачу.

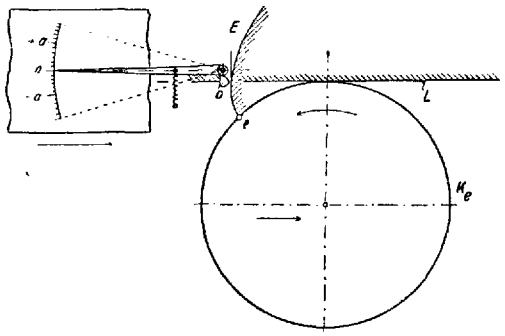
Измерения производятся двумя основными способами: при первом — пользуются острием тени, т. е. точкой пересечения налегающих друг на друга профилей (фиг. 25, А и Б), при втором—боковыми очертаниями тени (фиг. 25, В). При измерении погрешности шага (вернее, толщины зубца) могут быть применены оба способа. Первый является особенно удобным, когда наперед задана погрешность измерения. Для измерения служат спирали, нанесенные на стеклянном диске. Расхождение спиралей увеличивается на 0,01 *мм* при переходе от одной пары коротких штрихов к соседней. Соответственно заданной погрешности измерения устанавливают спирали в поле зрения микроскопа так, чтобы длинный штрих соответствующего растворения спирали проходил через средний штрих (фиг. 25, Б). Затем, вращая колесо, устанавливают острие тени на этом штрихе; смещая полулинзы при помощи микрометрич. винтов *11* и *12*, располагают острие между спиралями (фиг. 25, А). Затем, вращением колеса, на место первого зубца ставят второй, третий и т. д. Если для всех зубцов острие тени *a* будет располагаться между спиралями или на них,—это будет значить, что точность изготовления зубцов удовлетворяет заданному допуску. Если острие тени ляжет ниже спиралей,—зуб толст, в противном случае (фиг. 25, Б)—тонок. Если результаты измерения нанести на диаграмму (фиг. 27), откладывая по оси абсцисс номера зубцов в порядке измерения, а по оси ординат — разницы в измерении при переходе от одного зубца к другому, то по этой диаграмме сразу можно различить погрешности в толщине зубца от влияния эксцентриситета. На фиг. 27 большая волна кривой—следствие эксцентриситета; мелкие зубцы ее дают погрешности шага (толщины).



Фиг. 27.

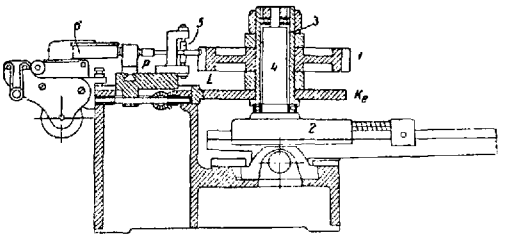
Устройство приборов третьей группы основано на том, что З. к. повертывается точно на один шаг и тем или иным способом измеряется угол поворота. Приспособлением, обеспечивающим поворот именно на один шаг, является выдвижной упор, входящий во впадину между зубцами. Перед поворотом колеса упор выводится из впадины; колесо вращается и останавливается, когда упор войдет в следующую впадину. Приборы различаются между собою гл. обр. принципом действия и устройством угломерного приспособления. Точность измерений $1' \div 10''$.

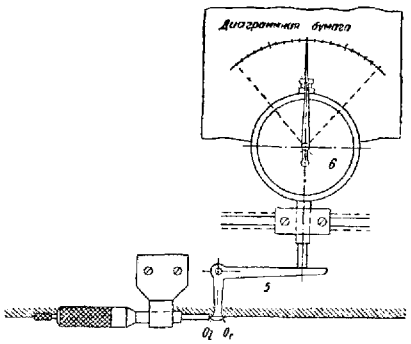
Измерения погрешностей в профиле. Устройство всех приборов основано на свойствах эвольвенты. Если окружность K_e катить без скольжения по прямой L (фиг. 28), то точка O последней вычертит на плоскости катящейся окружности эвольвенту eE. На этом принципе построен прибор Менера (Mehner). Диск K_e (фиг. 29), диам. к-рого равен диам. основной окружности колеса *1*, катится по неподвижной прямой линейке L, к к-рой прижимается пружиной вместе с салазками *2*. Колесо и диск



Фиг. 28.

закреплены на буксе *3*, насаженной на цапфу *4*, установленную на салазках *2*. Угловой рычаг *5* закаленной и шлифованной острой кромкой O_r (или O_l) короткого плеча прижимается к испытуемому профилю в точке O (фиг. 28), а длинным плечом касается стержня индикатора *6*. Если профиль правилен, то стрелка индикатора не отклоняется от





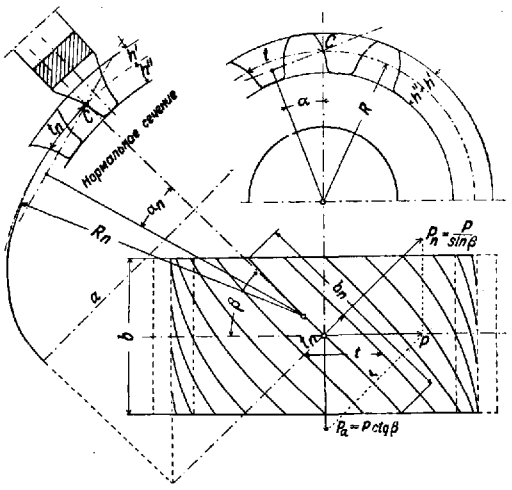
Фиг. 29.

нулевого положения при скольжении кромки O_r по профилю зуба во время качения диска K_e по линейке L. При неправильном профиле происходит отклонение стрелки в ту или другую сторону. Устройство прибора не только допускает отсчет погрешностей, но и записывает диаграмму их. Недостатком

прибора является необходимость иметь набор дисков K_e для колес разных диаметров.

Помимо приборов для измерения отдельных погрешностей, в практику вошел ряд таких, к-рые имеют целью общее испытание построенных З. к. Приборы эти чаще всего позволяют дать лишь качественную оценку работы З. к., реже—количественную.

5. З. к. со спиральными и угловыми зубцами. При обычном прямом расположении зубцов, когда длина их параллельна оси колеса, они вступают в зацепление сразу всей своей длиной. Неизбежные погрешности изготовления в шаге и профиле сказываются при этом весьма резко; необходимость увеличения продолжительности зацепления ведет к увеличению числа зубцов, а значит и размеров колес, что практически понижает передаточное число, к-рое м. б. осуществлено



Фиг. 30.

одной парой колес. Все эти недостатки устраняются применением спиральных зубцов, к-рые представляют собою винтовую нарезку с постоянным ходом (фиг. 30). При зацеплении зубец вступает в работу не сразу всей своей длиной, а одним только передним по направлению вращения сечением, после которого работают последовательно все сечения, до последнего включительно. Считаемая по начальному цилиндру дуга закручивания зубца $S_\delta = b\,\mathrm{ctg}\,\beta$ является добавочной дугой зацепления. Полная продолжительность зацепления пары колес со спиральными зубцами будет определяться как сумма:

$$\sigma = \frac{S_0}{t} + \frac{S_\delta}{t} = \sigma_0 + \frac{b}{t}\,\mathrm{ctg}\,\beta\,,$$

где S_0—дуга зацепления, определяемая элементами профиля. При назначении угла β приходится считаться с появлением осевой составляющей P_a окружного давления P на зубец, к-рая вызывает добавочное трение в опорах. $P_a = P\,\mathrm{ctg}\,\beta$; нормальное давление на зубец $P_n = \frac{P}{\sin\beta}$. В простых колесах со спиральными зубцами β назначается в пределах от 80 до 60°. Для устранения осевого давления применяются угловые зубцы, к-рые к тому же оказываются значительно прочнее прямых, если только в зацепление они вступают углом. Для колес, работающих в обоих направлениях, зубцам дается двойной излом.

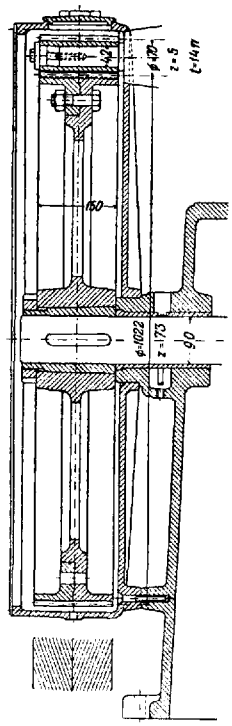
При расчете и изготовлении колес со спиральными или угловыми зубцами следует иметь в виду форму и размеры зубцов и величину шага в нормальном сечении (фиг. 30). Сечение начального цилиндра нормальной плоскостью даст эллипс с большой полуосью $a = \frac{R}{\sin\beta}$ и малой полуосью $b' = R$. Радиус R_n круга кривизны в точке C, равный $\frac{a^2}{b'} = \frac{R}{\sin^2\beta}$, можно рассматривать приближенно как радиус начальной окружности нормального сечения. Нормальный шаг t_n зависит от окружного шага t след. образом: $t_n = t\sin\beta$, откуда число зубцов на полной окружности приближенного нормального сечения

$$z_n = \frac{2\pi R_n}{t_n} = \frac{z}{\sin^2\beta}\,.$$

Полученные соотношения позволяют перейти от колеса со спиральными зубцами, характеризуемого величинами z, t и β, к колесу с прямыми зубцами и соответственными величинами z_n и t_n. Т. о., нарезание спиральных или угловых зубцов может производиться теми же инструментами, к-рые употребляются для прямых, но только инструмент следует подбирать по величине нормальн. модуля $m_n = \frac{t_n}{\pi}$. Высота головки зубца будет $h' = m_n$ и ножки $h'' = \frac{7}{6}m_n$. Между углами зацепления α и α_n существует соотношение: $\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{\mathrm{tg}\,\alpha_n}{\sin\beta}$. Если спиральные зубцы будут нарезаться обычными инструментами для прямых зубцов с углом $\alpha = 15°$, то $\alpha_n = 15°$, откуда $\alpha = 17°11'30''$ при $\beta = 60°$ и $\alpha = 20°45'13''$ при $\beta = 45°$. Соответственно этому минимальное число зубцов $z = 20$ при $\beta = 60°$ и $z = 12$ при $\beta = 45°$. При дальнейшем уменьшении числа зубцов будет происходить подрезание их, во избежание к-рого потребуется вводить исправление профилей; при этом условии число зубцов может быть доведено до трех.

Расчет спиральных зубцов ведется по ф-лам и данным для прямых зубцов, при чем определяется расчетом нормальный модуль $m_n = \frac{t_n}{\pi}$. Для колес с литыми и необработанными угловыми зубцами $b = 3 \div 4t$, $\beta = 55 \div 65°$; высота головки $h' = 0{,}25t$, высота ножки $h'' = 0{,}35t$, толщина зубца по начальной окружности равна $0{,}46t$. Угол α зацепления в плоскости колеса равен 18°, для малого числа зубцов он увеличивается до 25°. Материал—чугунное или стальное литье. Благодаря высокой прочности зубцов З. к. с угловыми зубцами применяются для тяжелых передач с ударной нагрузкой (в прокатных станках и т. п.). Для угловых обработанных зубцов обычно $b = 3t$; при возрастании окружной скорости и передаваемой мощности b повышается до $5t$. Обычно $\beta = 60 \div 45°$, нек-рые заводы доводят β до 18°. Возрастающая с убыванием β продолжительность зацепления позволяет уменьшить число зубцов на малом колесе до 16, при средних значениях окружной скорости и отливке малого колеса из чугуна или стали.

При изготовлении шестерни из кованой стали число зубцов уменьшается даже до трех. Соответственно такому уменьшению числа зубцов передаточное число м. б. осуществлено до 30 в одной передаче. Кпд = 0,95. Конструкция колес с угловыми зубцами представлена на фиг. 31.



Фиг. 31.

З. к. с угловыми или спиральными зубцами, работающие при больших окружных скоростях и передающие большие мощности, получили особое название — передач высокой мощности (Hochleistungsgetriebe). Окружная скорость в передачах от паровых турбин достигает 70 *м/сек*, и нет оснований считать эту скорость предельной.

Требования к материалу колес сводятся к следующим: 1) материал должен хорошо обрабатываться и давать при этом чистую поверхность; 2) он должен обладать практически неограниченной сопротивляемостью изнашиванию и 3) материалы колеса и шестерни должны хорошо работать совместно. Табл. 3 дает указания о применяемых для мощных передач материалах и их механические характеристики по данным завода Brown, Boveri & Co. A.-G.

Расчет мощных передач. При расчете мощных передач исходят из других оснований по сравнению с расчетом обычных передач с прямыми зубцами. Ширина b шестерни берется в зависимости от ее диам. D_1: $b = xD_1$; $x = 1{,}2 \div 3{,}2$. Обозначая нормальные шаг и модуль через t_n и m_n и принимая во внимание вышеустановленные соотношения между z, l, β и z_n, t_n, можно воспользоваться для расчета m уравнениями, установленными для прямых зубцов. Они примут такой вид:

$$m_n = 23 \sqrt{\frac{P \sin\beta}{x \cdot z_1 \cdot K_n}},$$

$$m_n = 22 \sqrt[3]{\frac{M_1 \sin^2\beta}{z_1^2 \cdot x \cdot K_n}},$$

или

$$m_n = 22 \sqrt[3]{\frac{M_2 \sin^2\beta}{z_1 \cdot z_2 \cdot x \cdot K_n}},$$

где M_1 и M_2 — моменты в *кгсм* соответственно на оси ведущего и ведомого колес. Наконец:

$$m_n = 912 \sqrt[3]{\frac{N \sin^2\beta}{z_1^2 \cdot n_1 \cdot x \cdot K_n}}$$

и

$$m_n = 912 \sqrt{\frac{N \sin^2\beta}{z_1 \cdot z_2 \cdot n_2 \cdot x \cdot K_n}}.$$

Вместо допускаемого напряжения K_n задают обыкновенно величину допускаемого давления p в *кг* на 1 *см* ширины шестерни. Значения p в функции от диаметра шестерни, по данным Brown, Boveri & Co. представлены диаграммой (фиг. 32). Заштрихованная площадь представляет область допускаемых значений для p, полагая ширину шестерни равной 1 *см*. Можно осуществить переход от p к K_n. по уравнению $p = 0{,}01885\ K_n \cdot m_n$, откуда $K_n = 53{,}1 \frac{p}{m_n}$.

Конструкция мощных передач. Шестерня при малых диам. изготовляется из одного куска с валом; при значительных диам. она изготовляется отдельно и насаживается на вал так, чтобы она имела возможность некоторого осевого движения. Последнее необходимо для того, чтобы обеспечить за шестерней возможность автоматич. самоустанавливания при работе с колесом. Зубчатый обод колеса изготовляется отдельно и насаживается на чугунное или стальное литое колесо (фиг. 33). Наибольшая мощность, осуществленная до настоящего времени в одной передаче, равняется 15 000 *Л*. Передаточное число пары З. к. обыкновенно не более 25. В случае необходимости осуществить большее передаточное число применяется двойная передача.

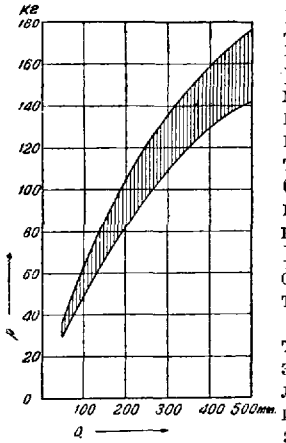
Табл. 3.—Механическая характеристика материалов, применяемых для мощных передач.

Изготовляемые части	Материал	Врем. сопротивление на разрыв в *кг/мм²*	Предел текучести в *кг/мм²*	Относит. удлинение в % при 10-кратной длине обр.
Шестерня	Низкопроцентная никелевая или хромоникелевая сталь . . .	65—75	40	18
»	Специальная сталь. . .	80—85	45—50	12
Обода колес	Сименс-мартеновская сталь	52—60	30	18
»	Специальная сталь . .	65—75	35—40	14

Наименьшее число зубцов $z = 25$, зубцы — эвольвентные. Выс. головки $h' = 0{,}8 \div 1{,}0\ m$, высота ножки $h'' = 1{,}0 \div 1{,}2\ m$, высота зубца $h = 1{,}8 \div 2{,}2\ m$. Шаг и модуль д. б. по возможности малыми. Обыкновенно $m = 2 \div 8$. Меньшие значения берутся для больших скоростей и малых колес. Угол $\beta = 80 \div 45°$. Смазка зубцов имеет огромное значение; при скоростях выше 12 *м/сек* масло подается под давлением и вбрызгивается между зубцами. Коэффициент полезного действия η, включая потери в подшипниках, равен $0{,}97 \div 0{,}99$.

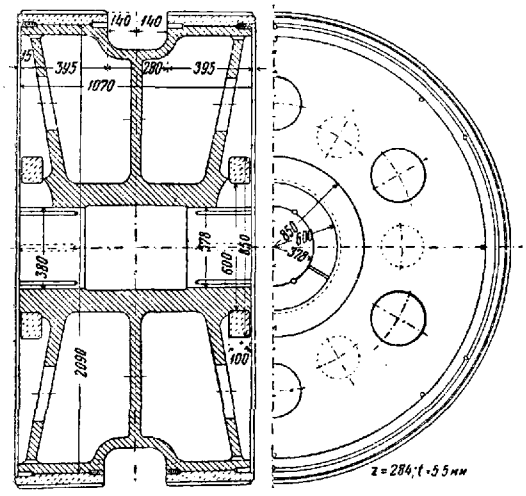
Изготовление З. к. со спиральными и угловыми зубцами производится теми же методами, как и обычных колес. По методу копирования спиральные и угловые зубцы могут быть изготовлены модульным дисковым фрезером, средняя плоскость к-рого д. б. установлена под углом $90 - \beta°$ к оси колеса (фиг. 34 а); последнее

должно в этом случае получить добавочное вращение с окружной скоростью v, связанной со скоростью c подачи зависимостью: $\frac{c}{v} = \operatorname{tg}\beta$. При обработке угловых зубцов этим способом требуется оставить между зубцами правого и левого хода достаточный промежуток. Хорошие результаты даст применение концевого профильного пальцевого фрезера, который является особенно удобным для изготовления угловых зубцов (фиг. 34б). Недостаток указан. фрезера — затруднительность заточки.



Фиг. 32.

По методу обкатывания спиральные зубцы м. б. изготовлены всеми четырьмя инструментами, указанными выше. При нарезании спиральных зубцов по способу Феллоу резец должен иметь тоже спиральные зубцы. Сайкс (Sykes), применяя резцы Феллоу, сконструировал для нарезания угловых зубцов особый станок, на котором совершенно точно выбирается материал в углах зубцов. Червячным фрезером нарезаются как спиральные зубцы, так и угловые. При этом могут представиться два случая: 1) направления спиралей колеса и витков фрезера одинаковы (оба левые или оба правые); 2) направления спиралей колеса и витков фрезера различны. В первом случае ось фрезера ставится под

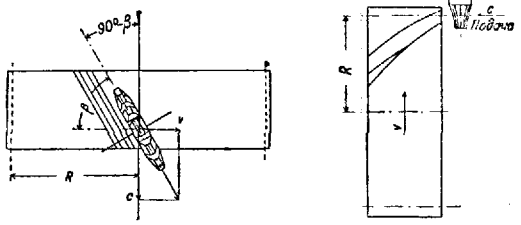


Фиг. 33.

углом $\beta - \beta_s$ к оси колеса, во втором — под углом $\beta + \beta_s$, где β — угол подъема спирали на колесе и β_s — угол подъема витков фрезера.

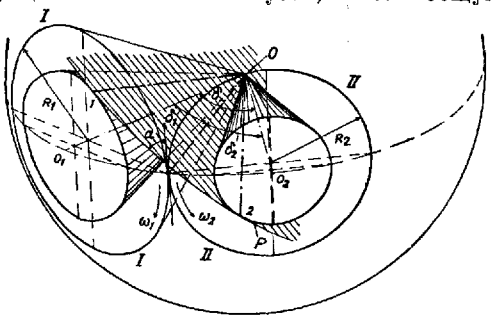
II. Конические колеса.

Конич. колеса служат для передачи вращения и работы между пересекающимися осями. Конусы I и II (фиг. 35), перекатывающиеся один по другому без скольжения, являются аксоидами, определяющими относительное движение двух тел, вращающихся около осей OO_1 и OO_2 с постоянным отношением угловых скоростей k. Конусы эти, называемые начальными или делительными, снабжаются зубцами, размеры к-рых выражаются так же, как и для цилиндрич. колес. Обычно высота



Фиг. 34а. Фиг. 34б.

головки $h' = m$; высота ножки $h'' = {}^7/_6\, m$. Любая точка C, лежащая на общей производящей начальных конусов, имеет общую



Фиг. 35.

для обоих конусов скорость $v = R_1\omega_1 = R_2\omega_2$; отсюда — передаточное число

$$k = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\sin\delta_2}{\sin\delta_1},$$

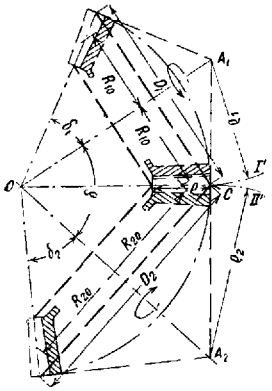
где δ_1 и δ_2 — углы общей производящей с осями OO_1 и OO_2, $\delta = \delta_1 + \delta_2$ — угол между осями, R_1 и R_2 — радиусы начальных окружностей, считаемые по наибольшим сечениям конусов, z_1 и z_2 — числа зубцов. Углы δ_1 и δ_2 определяются соотношениями:

$$\operatorname{ctg}\delta_1 = \frac{k + \cos\delta}{\sin\delta} \text{ и } \operatorname{ctg}\delta_2 = \frac{\frac{1}{k} + \cos\delta}{\sin\delta}.$$

Обыкновенно угол $\delta = 90°$, тогда $\operatorname{ctg}\delta_1 = k = \frac{z_2}{z_1}$ и $\operatorname{ctg}\delta_2 = \frac{1}{k} = \frac{z_1}{z_2}$. Поверхность сферы с центром в точке O, радиуса OC или иного произвольно взятого, пересечет поверхность конусов по окружностям I-I и II-II, к-рые при качении начальных конусов будут катиться без скольжения одна по другой на поверхности сферы подобно тому, как начальные окружности цилиндрич. колес катятся друг по другу в плоскости, перпендикулярной осям колес. Цилиндрич. колеса представляют собою частный случай конических с углом $\delta = 0°$.

Можно показать, что простейшими профилями для зубцов конич. колес будут: 1) сферич. циклич. кривые и 2) сферич. эвольвенты круга [12]. В машиностроении применяются

почти исключительно эвольвентные профили, как более простые для изготовления и установки. Плоскость P, проходящая через общую производящую OC и касательная к двум основным конусам *1* и *2*, лежащим внутри начальных, является поверхностью зацепления. При навивании плоскости P на основные конусы *1* и *2* производящая прямая OC даст профильные поверхности зубцов для конусов *I* и *II*. Угол α между плоскостью P зацепления и плоскостью, касающейся по прямой OC обоих начальных конусов, будет углом зацепления. Как и для цилиндрич. колес, $\alpha = 15°$ или $\alpha = 20°$. Профилирование выполняется весьма часто приближенно по способу Тредгольда, предложившего вычерчивать профили не на сфере, а на развернутых плоскостях дополнительных конусов, у которых 1) производящие перпендикулярны к производящим соответствующих начальных конусов; 2) вершины лежат в точках A_1 и A_2 на осях начальных конусов; 3) основаниями служат основания начальных конусов (фиг. 36). Такая замена возможна благодаря тому, что для вычерчивания профилей нужна узкая полоска сферич. поверхности, ширина к-рой равна высоте зубца, представляющей, сравнительно с радиусом OC, малую величину. Поверхности дополнительных конусов развертываются на плоскость, и на двух начальных окружностях I' и II', проведенных из центров A_1 и A_2 радиусами $A_1C = \varrho_1$ и $A_2C = \varrho_2$, вычерчиваются профили по правилам, изложенным для цилиндрических колес.



Фиг. 36.

Вопрос об очертании профилей конич. колес с числами зубцов z_1 и z_2 сводится к очертанию профилей соответственных цилиндрических колес I'-I' и II'-II' с числами зубцов z_1 и z_2. Зависимость между z_1, z_2 и z_1', z_2' дается уравнениями

$$z_1' = z_1 \frac{\sqrt{z_1^2 + z_2^2 + 2 z_1 z_2 \cos\delta}}{z_2 + z_1 \cos\delta}$$

и

$$z_2' = z_2 \frac{\sqrt{z_1^2 + z_2^2 + 2 z_1 z_2 \cos\delta}}{z_1 + z_2 \cos\delta},$$

если принять во внимание, что

$$\varrho_1 = \frac{R_1}{\cos\delta_1}; \quad \varrho_2 = \frac{R_2}{\cos\delta_2}; \quad \delta_1 + \delta_2 = \delta;$$

$$\operatorname{tg}\delta_1 = \frac{\sin\delta}{k + \cos\delta}; \quad R_1 = \frac{m z_1}{2};$$

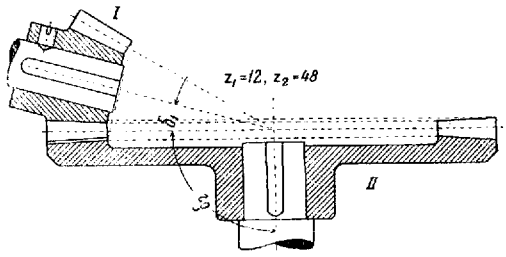
$$\varrho_1 = \frac{m z_1'}{2}; \quad R_2 = \frac{m z_2}{2}; \quad \varrho_2 = \frac{m z_2'}{2}.$$

В частном случае, при $\delta = 90°$,

$$z_1' = z_1 \frac{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}}{z_2},$$

$$z_2 = z_2 \frac{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}}{z_1} \text{ и } \frac{z_2'}{z_1'} = \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^2 = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 = k^2.$$

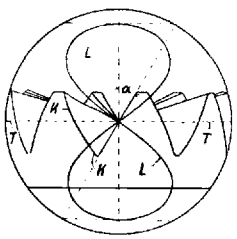
Навертывая окружности I'-I' и II'-II' с вычерченными на них зубцами на поверхности соответствующих дополнительных конусов и проводя прямые к вершине O через каждую точку профилей, получим профильные поверхности зубцов конич. З. к. в виде



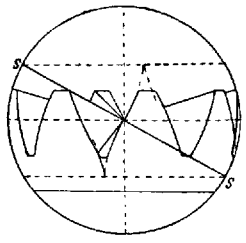
Фиг. 37.

конич. поверхностей с вершинами в точке O. Погрешность от замены истинного профиля приближенным невелика; с увеличением числа зубцов, при данном модуле и угле конуса, она уменьшается. При 9 зубцах и угле конуса в 45° она составляет 1% от модуля, при 35 зубцах—0,1% [36].

В частном случае, когда один из обоих углов, напр. δ_2, равен 90°, начальный конус колеса *II* обращается в плоскость (фиг. 37). Плоское колесо *II* аналогично рейке цилиндрич. колес; дополнительный конус для

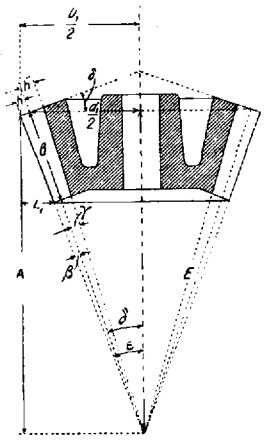


Фиг. 38а.



Фиг. 38б.

него обращается в цилиндр. Приближенное очертание дает в развернутом виде прямолинейные профили рейки. Соответственно этому, профильные поверхности плоского колеса будут плоскостями, которые в пересечении с поверхностью шара дадут дуги KK большого круга (фиг. 38а) и будут наклонены к начальной плоскости TT под углом $90° - \alpha$, где α—угол зацепления. Если на поверхности шара построить для профиля KK линию зацепления, то вместо дуги SS большого круга (фиг. 38б), как д. б. для точного профиля по сферич. эвольвенте, получим сферич. лемнискату LL, по форме которой это приближенное зацепление получило название о к т о и д а л ь н о г о. Октоидальное плоское колесо имеет весьма важное значение для



Фиг. 39.

изготовления конич. колес, т. к. допускает при изготовлении конич. зубцов по методу обкатывания применение инструмента с прямолинейной режущей кромкой. Существенным обстоятельством является при этом симметрия профильной поверхности зубца плоского колеса относительно делительной прямой, т. к. эта симметрия является условием сменности, к-рое можно формулировать так: конич. колеса, находящиеся в правильном зацеплении с плоским колесом, будут давать правильное зацепление между собою [11,14,26].

Пользуясь обозначениями, указанными на фиг. 39, все размеры, необходимые для изготовления заготовки и для установки ее и режущего инструмента на зуборезном станке, можно определить в зависимости от основных данных—m, z_1, z_2, b—следующим образом. При угле между осями $\delta = 90°$ имеем:

$$\operatorname{ctg}\delta_1 = k = \frac{z_2}{z_1} \text{ и } \operatorname{ctg}\delta_2 = \frac{1}{k} = \frac{z_1}{z_2}.$$

Называя через β угол, соответствующий головке зубца, имеем:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{h'}{\sqrt{\frac{d_1^2}{4} + \frac{d_2^2}{4}}};$$

а т. к. $h' = m$, $d_1 = mz_1$ и $d_2 = mz_2$, то

$$\operatorname{tg}\beta = \sqrt{\frac{4}{z_1^2 + z_2^2}}.$$

Для колеса I угол внешнего конуса $\varepsilon_1 = \delta_1 + \beta$ и для колеса II $\varepsilon_2 = \delta_2 + \beta$. Контроль для угла ε дается размером L:

$$L_1 = b\frac{\sin\varepsilon_1}{\cos\beta} \text{ и } L_2 = b\frac{\sin\varepsilon_2}{\cos\beta}.$$

Тангенс угла γ, соответствующего высоте ножки зубца, равняется $^7/_6 \operatorname{tg}\beta$. Для диаметра D_1 заготовки получаем соответственно:

$$\frac{D_1}{2} = \frac{d_1}{2} + m\cos\delta_1 = m\left(\frac{z_1}{2} + \cos\delta_1\right)$$

и

$$\frac{D_2}{2} = m\left(\frac{z_2}{2} + \cos\delta_2\right).$$

Для установки заготовки на зуборезном станке важны размеры A и E, для которых имеем:

$$E = m\sqrt{\frac{z_1^2 + z_2^2}{4} + \left(\frac{7}{6}\right)^2},$$

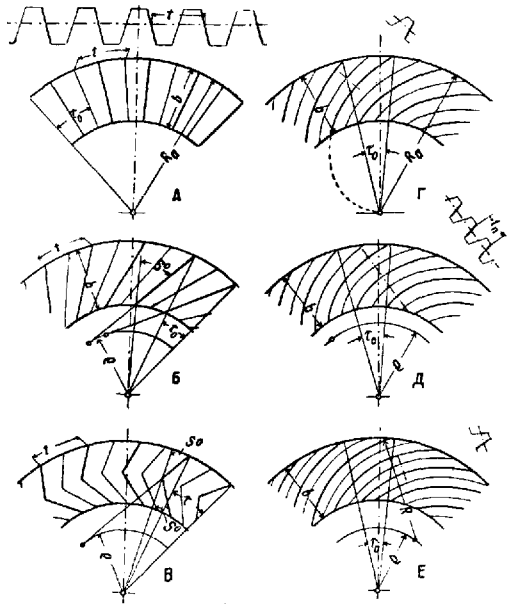
$$A_1 = m\left(\frac{z_2}{2} - \cos\delta_2\right) \text{ и } A_2 = m\left(\frac{z_1}{2} - \cos\delta_1\right).$$

Для облегчения вычислений, определяющих все необходимые размеры, пользуются особо составленными таблицами [19]. Следует отметить, что конусы—начальный, наружный, внутренний и основной—удобно во всех вычислениях определять их углами при вершине; соответственно этому удобнее и высоту зубца в целом, а также высоты головки и ножки определять угловыми величинами.

Исправление профилей. Необходимость исправления профилей конич. З. к. вызывается теми же причинами, что и для цилиндрич. колес. При числе зубцов на малом колесе $z \leqslant 25$ и $k \geqslant 1{,}5 : 1$ зубцы малого колеса будут подрезаться, следствием чего явятся те же недопустимые явления, на которые указано при рассмотрении цилиндрических колес. Исправление сводится к увеличению эвольвентной части зубцов малого колеса и осуществляется теми же приемами, что в цилиндрич. колесах (см. выше).

При нарезании зубцов по методу обкатывания инструментом с прямолинейной режущей кромкой, представляющей собою профиль зубца соответственного плоского колеса, универсальным методом исправления является, как и для цилиндрич. колес, метод смещения инструмента. Исправление конич. зубцов характеризуется, однако, не линейным, а специально угловым смещением инструмента [11].

Для лучшего распределения давления между зубцами, увеличения продолжительности зацепления и более плавной работы конич. колес, вместо прямых зубцов (фиг. 40, А) применяются косые или тангенциальные



Фиг. 40.

(фиг. 40, Б), угловые (фиг. 40, В), спиральные (фиг. 40, Г), эвольвентные (фиг. 40, Д) и круговые зубцы (фиг. 40, Е). Все перечисленные изображения относятся к плоским колесам. Замена прямых зубцов косыми, угловыми и т. д. позволяет также повысить передаточное число пары колес до 10, тогда как при прямых зубцах передаточные числа выше 4 применяют неохотно.

Сведение вопроса об очертании профилей конич. колес к вопросу об очертании соответственных цилиндрич. З. к. позволяет перенести все зависимости и результаты опытов над цилиндрич. колесами на конические З. к.

Расчет зубцов конич. колес ничем не отличается от расчета цилиндрич. З. к. и выполняется по тем же ф-лам. Расчетом определяется модуль или шаг для средних радиусов R_{10} и R_{20} (фиг. 36); длина b зубца, измеряемая общей образующей, определяется в зависимости от окружной скорости, путем соответственного назначения величины $\psi = b/m$, к-рая берется в пределах от 6 до 15, при чем бо́льшим окружным скоростям соответствуют бо́льшие значения ψ. Определив расчетом величину m_0 для средней окружности, переходят от нее к окружности большого основания и модулю m, ей со-

ответствующему. $R_{10} = R_1 - \frac{b}{2}\sin\delta_1$; так как $R_1 = \frac{mz_1}{2}$ и $R_{10} = \frac{m_0 z_1}{2}$, то $m = m_0 + \frac{b}{z_1}\sin\delta_1$.

Вычерчивание и обмер зубцов производится по большой окружности. Толщина обода берется в пределах от $0{,}45t$ до $0{,}6t$, у чугунного З. к., сцепляющегося с колесом с деревянными зубцами,—от $0{,}4t$ до $0{,}5t$. Толщина обода со вставными деревянными зубцами делается равной t. Число спиц, их размеры, а также и размеры втулки можно определять теми же приемами, какие были указаны для цилиндрич. З. к.

Особенностью конич. З. к. являются возникающие при работе зубцов усилия S_1 вдоль осей колес. Величина осевого усилия S_1 определяется по окружн. усилию P:

$$S_1 = P\,\mathrm{tg}\,\alpha \cdot \sin\varepsilon_1 \text{ и } S_2 = P\,\mathrm{tg}\,\alpha \cdot \cos\varepsilon_1,$$

где α—угол зацепления, равный обычно 15 или 20°, $2\varepsilon_1$—угол при вершине внешнего конуса и S_2—составляющая давления, направленная перпендикулярно к оси колеса. Для восприятия и передачи осевых давлений на подшипники валы конич. З. к. снабжаются установочными кольцами [2, 9, 13, 14].

Изготовление конических З. к., как и цилиндрических, производится по методу копирования или обкатывания.

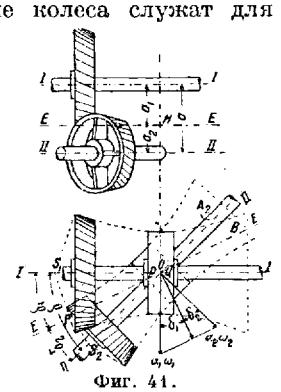
1) По методу копирования зубцы изготовляются отливкой [8] или снятием стружки. Нарезание зубцов производится специальным дисковым фасонным фрезером или резцом. Т. к. дисковый фрезер имеет постоянное сечение, то нарезание им зубцов может производиться лишь приближенно. Подача фрезера происходит параллельно дну впадины. Работа производится на универсальном фрезерном станке. Достоинство способа — невысокая стоимость работ вследствие отсутствия затрат на специальный станок. Фрезер требует специального изготовления. Форму режущей кромки можно подобрать так, что профиль зубца получится с той же степенью точности, как и при нарезке цилиндрических колес модульными фрезерами [27]. Вместо дискового фрезера иногда применяется фасонный концевой (пальцевый) фрезер. Колеса, нарезанные дисковым или концевым фрезером, могут применяться только при небольших скоростях. Получение точного профиля зубца при обработке его резцом достигается применением шаблонов, профили к-рых очерчиваются или точно по сферич. эвольвентам или приближенно по плоским. Шаблоны изготовляются в виде пластин или тел вращения и устанавливаются на станине зуборезного станка так, что прямолинейная режущая кромка резца описывает при рабочем ходе последнего плоскость, проходящую через вершину конуса колеса и касательную к профилю шаблона в соответствующей точке. Станки, вырабатывающие конич. зубцы по шаблонам, делятся на две группы. В первой—обрабатываемое колесо неподвижно, и все необходимые для получения профиля движения выполняет резец, направляемый шаблоном. В станках второй группы резец совершает только прямолинейно-возвратное рабочее движение, а движения, необходимые для получения криволинейного профиля, совершает обрабатываемое колесо. Т. к. профиль конического З. к. зависит от числа зубцов и угла при вершине основного конуса, то для каждого колеса требуется особый шаблон, если поставить требование точного соответствия профиля зубца профилю шаблона. Это затруднение обходится применением определенного набора шаблонов, к-рые для соответствующего числа зубцов дадут точные профили, а для всех остальных—приблизительные. Колеса, нарезанные на таких станках, не годятся для работы при высоких скоростях. То же следует сказать относительно станков одонтографич. типа, в которых шаблона нет, а направление резца осуществляется особым шарнирным механизмом, дающим криволинейный профиль, близкий к эвольвентному, в результате сложения двух движений [8].

2) Нарезание зубцов конич. колес по методу обкатывания является наиболее совершенным способом их изготовления. Исходный инструмент имеет прямолинейную режущую кромку, т. е. является профилем октоидального плоского колеса, по к-рому и совершается движение обкатывания обрабатываемого колеса. В станках, работающих по методу обкатывания, должны выполняться следующие движения: а) движение обкатывания между нарезаемым колесом и инструментом, б) рабочее движение инструмента, в) делительное движение, т. е. подача на зуб. Помимо этих движений в нек-рых станках добавляются: г) во фрезерных станках—подача фрезера вдоль зуба, д) отвод резца или нарезаемого колеса при холостом ходе инструмента. Движение обкатывания выполняется или обрабатываемым колесом, при чем инструмент совершает только рабочие движения, или, в большинстве станков, одновременным вращением нарезаемого колеса и инструмента.

Для измерения элементов зацепления (профиля, шага, эксцентричности) конический. З. к. могут быть применены многие из инструментов, употребляемых для измерения цилиндрических З. к. Для испытания конических З. к. чаще применяются машины типа Штифельмайера, которые дают диаграммы работы колес.

III. Гиперболоидальные колеса.

Гиперболоидальные колеса служат для передачи работы и вращения между перекрещивающимися осями. Аксоидами, определяющими относительные движения двух тел, вращающихся около перекрещивающихся осей *I-I* и *II-II* (фиг. 41) с постоянным отношением угловых скоростей $\frac{\omega_1}{\omega_2} = k$, являются два гиперболоида вращения. Поверхности их, служащие начальными поверхностями гиперболоидальных колес, касаются одна другой



Фиг. 41.

по производящей EE, к-рая делит: 1) кратчайшее расстояние a между осями I-I и II-II на отрезки $a_1+a_2=a$; 2) угол δ между проекциями тех же осей на плоскость, перпендикулярную линии кратчайшего расстояния, на части $\delta_1+\delta_2=\delta$. Как и в конических колесах,

$$k=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{z_2}{z_1}=\frac{\sin\delta_2}{\sin\delta_1},$$

т. е.

$$\operatorname{ctg}\delta_1=\frac{k+\cos\delta}{\sin\delta}\quad\text{и}\quad\operatorname{ctg}\delta_2=\frac{\frac{1}{k}+\cos\delta}{\sin\delta}.$$

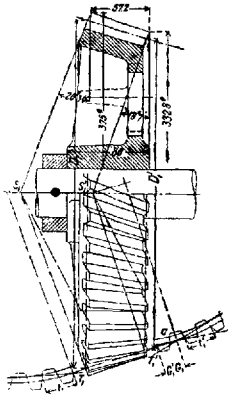
Чаще всего $\delta=90°$. Гиперболоиды вращаются около своих осей с угловыми скоростями ω_1 и ω_2 и скользят вдоль общей образующей EE со скоростью $c=a\omega_1\cdot\sin\delta_1$. Окружная скорость гиперболоида I на линии кратчайшего расстояния равна $a_1\omega_1$, а гиперболоида II—$a_2\omega_2$; из треугольника же скоростей получим:

$$\frac{a_1}{a_2}=\frac{\operatorname{tg}\delta_1}{\operatorname{tg}\delta_2},\ \text{т. е.}\ a_1=a\frac{\operatorname{tg}\delta_1}{\operatorname{tg}\delta_1+\operatorname{tg}\delta_2},$$

а также

$$\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{a_1\cos\delta_1}{a_2\cos\delta_2}.$$

Для изготовления З. к. используются только части поверхностей гиперболоидов, как указано на фиг. 41; зубцы прямолинейные и направлены по образующим гиперболоидов. Вследствие сложности точного профилирования применяется приближенное очертание профилей, к-рые строятся, как и для конич. колес, на поверхности дополнительных конусов с вершинами в точках S_1 и S_2. Погрешность такого построения тем больше, чем ближе к жерловому сечению лежит сечение, для к-рого строятся зубцы; а так как в жерловом сечении и скорость скольжения, сравнительно с окружными скоростями, имеет наибольшее значение, то жерловой частью по возможности избегают пользоваться для устройства этих колес.



Фиг. 42.

Для гиперболоидальных колес нормальные шаги t_n, отсчитываемые между соседними профилями перпендикулярно общей производящей EE, одинаковы, окружные же t_1 и t_2 неодинаковы и определяются из уравнений

$$z_1t_1=2\pi\sqrt{OF^2\cdot\sin^2\delta_1+a_1^2}$$

и

$$z_2t_2=2\pi\sqrt{OF^2\cdot\sin^2\delta_2+a_2^2},$$

так что

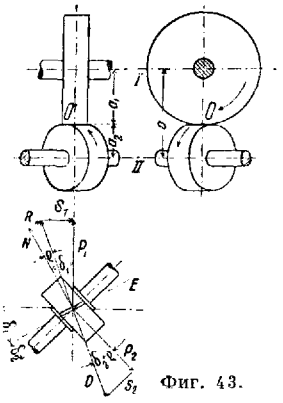
$$\frac{t_1}{t_2}=\frac{z_2}{z_1}\sqrt{\frac{OF^2\cdot\sin^2\delta_1+a_1^2}{OF^2\cdot\sin^2\delta_2+a_2^2}},$$

что при $OF=0$ дает: $t_1\cos\delta_1=t_2\cos\delta_2=t_n$.

Фиг. 42 дает конструктивный чертеж гиперболоидального колеса; длина зубцов по общей образующей FE делается не более $2t_n$. Расчетом, к-рый ведется по среднему сечению, как и для конич. колес, определяется t_n; допускаемые напряжения берутся вдвое меньшими, чем для соответствующих цилиндрических колес. Зубцы изготовляются отливкой или снятием стружки; в последнем случае обработка производится фасонными дисковым или концевым фрезерами. Вследствие трудности точного изготовления зубцов гиперболоидальные колеса ставят только в тех случаях, когда другое решение вопроса невозможно [11].

IV. Винтовые колеса.

Винтовые колеса, решая ту же задачу, что и гиперболоидальные, не являются, однако, равноценными последним, т. к. все условия зацепления в них хуже, чем в гиперболоидальных. Ценным преимуществом винтовых колес является легкость изготовления их. Наиболее простой переход от гиперболоидальных колес к винтовым, а вместе с тем сходство и различие между ними, можно установить, если гиперболоиды в жерловой зоне (фиг. 41) заменить круглыми цилиндрами (фиг. 43), которые будут касаться друг друга в одной точке O. Сохраняя все соотношения, указанные выше для точки O, получаем следующие основные соотношения для винтовых колес:



Фиг. 43.

$$\delta_1+\delta_2=\delta\ ; \tag{1}$$

$$a_1+a_2=a\ ; \tag{2}$$

$$t_1\cos\delta_1=t_2\cos\delta_2=t_n\ ; \tag{3}$$

$$k=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{z_2}{z_1}=\frac{a_2\cos\delta_2}{a_1\cos\delta_1}. \tag{4}$$

В отличие от гиперболоидальных колес, одну из четырех величин—a_1, a_2, δ_1 и δ_2—можно выбрать произвольно, остальные определятся из вышеуказанных ур-ий. Профили винтовых колес—эвольвентные. Зубцы представляют собою винтовую нарезку одного направления, с углами подъема средних винтовых линий: $\beta_1=90°-\delta_1$ и $\beta_2=90°-\delta_2$. Прямая EE—общая касательная к зубцам; скорость скольжения зубцов вдоль общей касательной: $c=a_1\omega_1\cdot\sin\delta_1+a_2\omega_2\cdot\sin\delta_2$. Это скольжение является крупным недостатком винтовых колес, т. к. оно увеличивает износ зубцов и уменьшает их кпд. На фиг. 43 показано в плане такое колесо и схема сил, действующих на колеса. Пренебрегая трением вдоль профилей, получаем:

1) давление вдоль оси колеса I

$$S_1=P_1\operatorname{tg}(\delta_1-\varrho)\ ;$$

2) давление вдоль оси колеса II

$$S_2=D\cdot\sin(\delta_2+\varrho)=P_1\frac{\sin(\delta_2+\varrho)}{\cos(\delta_1-\varrho)}\ ;$$

3) окружная сила на колесе II

$$P_2=D\cdot\cos(\delta_2+\varrho)=P_1\frac{\cos(\delta_2+\varrho)}{\cos(\delta_1-\varrho)}.$$

В этих ф-лах P_1—окружное усилие на ведущем колесе I, ϱ—угол трения, D—давле-

ние на зубец, отклоненное от нормального давления N на угол ϱ, при чем

$$N=D\cdot\cos\varrho \text{ и } D=\frac{P_1}{\cos(\delta_1-\varrho)}.$$

Коэффициент полезного действия

$$\eta=\frac{P_2v_2}{P_1v_1}=\frac{P_2a_2\omega_2}{P_1a_1\omega_1}=\frac{1-f\operatorname{tg}\delta_2}{1+f\operatorname{tg}\delta_1},$$

где $f=\operatorname{tg}\varrho$. Кпд зависит от угла наклона зубцов; при $\delta_1=\delta_2=\frac{\delta}{2}$ он достигает наибольшего значения. По характеру изменения η установлено, что наивыгоднейшие пределы для δ_1—от 30 до 60°, в к-рых значение η мало отличается от η_{max}. Подсчеты дают, при $\delta=90°$ и $f=0{,}1$, $\eta_{max}\cong 0{,}82$. Расчетом определяется t_n, при чем допускаемые напряжения вследствие сильного скольжения уменьшаются вдвое по сравнению с таковыми же соответствующих цилиндрич. колес; ширина обода берется равной окружному шагу. Передаточное число не более 5. При бо́льших передаточных числах переходят к червячным передачам. Материалом при малых скоростях служит чугун, при больших—сталь по фосфористой бронзе, при чем стальное колесо является ведущим. Обработка зубцов ведется так же, как цилиндрических колес со спиральными зубцами. Вопрос о наименьшем числе зубцов, нарезаемых без подрезания, решается, как было указано выше для спиральных зубцов, при $\alpha_n=15°$, $\delta_1=\delta_2=45°$, $\alpha=20°45'13''$ и $z_{1_{min}}=12$; при уменьшении z_1 ниже этого предела следует применять исправление [11].

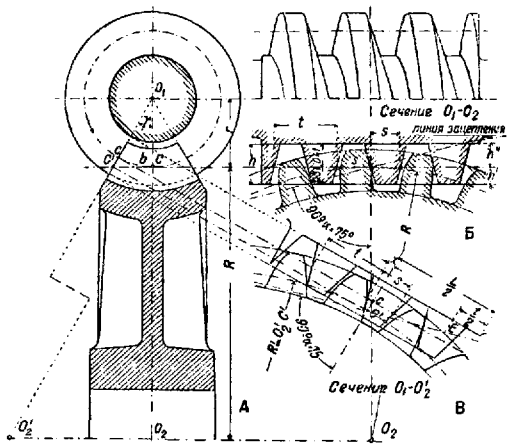
V. Червячная передача.

В простейшем виде червячная передача представляет частный случай винтовых колес, когда на малом колесе I число зубцов не более 5, а обычно равно 1, 2 или 3. Малое колесо представляет в этом случае обыкновенный винт—червяк—с числом i ниток, равным числу z_1 зубцов; большое же колесо—обыкновенно евинтовое колесо с числом зубцов $z_2=z$. Обычно червяк является ведущим. Угол δ между осями, как правило, равен 90°, а потому, как и для винтовых колес с углом $\delta=90°$,

$$k=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{z}{i}=\frac{R}{r}\operatorname{tg}\delta_1=\frac{R}{r}\operatorname{ctg}\beta,$$

где $\beta=90°-\delta_1$—угол подъема средней винтовой линии червяка, R и r—радиусы начальных цилиндров колеса и червяка. Если поставить ось червяка к плоскости колеса под углом, равным углу β, то колесо м. б. изготовлено в виде обыкновенного цилиндрич. колеса с прямыми зубцами, что и позволяет использовать червячный фрезер для нарезания прямых зубцов. Недостаток простейшей червячной передачи заключается в том, что зубцы червяка и колеса касаются в одной точке; такая передача пригодна только при действии небольших усилий или для передач, работающих с весьма длительными перерывами. Для улучшения условий зацепления зубцу и ободу колеса дается дуговое очертание по фиг. 44, А.

В червячных передачах пользуются исключительно эвольвентным профилем с углом зацепления $\alpha=15°$. При нормальной высоте зуба $h=2{,}2m$, где m—модуль, благоприятные условия зацепления получаются, если на колесе $z_{min}=36$, т. е. при больших передаточных числах. Вследствие этого находит частое применение укороченный зубец с высотой $h=1{,}8\ m$ ($h'=0{,}25t\cong 0{,}8\ m$ и $h''=0{,}3t\cong m$), при к-ром $z_{min}=28$. Если через ось червяка провести плоскость, перпендикулярную оси колеса, то в сечении с червяком получим эвольвентную рейку, а с колесом—эвольвентные профили цилиндрическ. колеса (фиг. 44, Б). Начальная линия

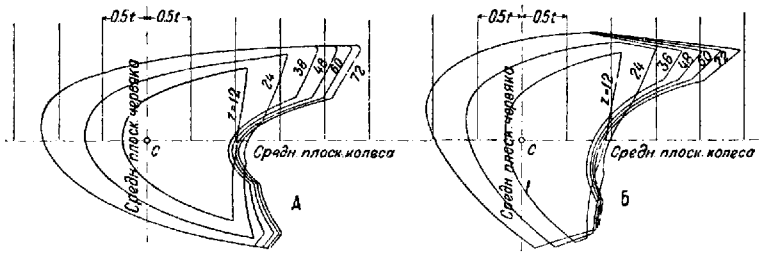


Фиг. 44.

рейки и начальная окружность колеса определяют начальные поверхности червяка и колеса; поэтому цилиндр радиуса R называют начальным цилиндром колеса, а цилиндр радиуса r—начальным цилиндром червяка; тогда $2\pi R=zt$, $H=it$, $\operatorname{tg}\beta=\frac{H}{2\pi r}$, где H—ход средней винтовой линии червяка, t—шаг зацепления рейки и колеса и β—угол подъема винтовой линии червяка. Приближенное очертание профилей для литых зубцов дается тем же приемом, как и для конич. колес,—вычерчиванием профилей на развернутой поверхности конуса с вершиной в O_2' (фиг. 44, А). Указанный приближенный способ допустим только при небольших углах β и при ширине колеса $b\leqslant 1{,}5t$ по начальной окружности червяка [11]. Совершенно точное получение профилей на зубцах колеса достигается нарезанием их по методу обкатывания червячным фрезером, профиль зубьев к-рого точно соответствует профилю нарезки червяка. Целесообразное назначение основных величин—числа зубцов на колесе и числа ниток на червяке, обеспечивающих благоприятные и правильные условия зацепления,—м. б. произведено только на основе подробного исследования зацепления между червяком и колесом. Методы такого исследования даны Эрнстом [20] и Шибелем [11].

Результаты исследования показывают, что: 1) в зацеплении участвует одновременно несколько витков червяка (2—3); 2) в любой плоскости, параллельной средней плоскости колеса, соприкосновение между витком червяка и сопряженным зубцом колеса происходит по определенной линии, которая определяется построением; 3) совокупность

таких линий определяет поверхность зацепления, к-рая зависит от червяка и не зависит от колеса; 4) линия пересечения поверхности зацепления с внешними поверхностями червяка и колеса ограничивает часть поверхности зацепления, называемую полем зацепления [2, 10, 11]. Поле зацепления является характеристикой передачи. На фиг. 45, А, даны, в проекции на плоскость, перпендикулярную к линии кратчайшего расстояния между осями червяка и колеса, очертания поля зацепления для одноходового червяка, в зависимости от числа зубцов на колесе, а на фиг. 45, Б,—то же самое для шестиходового червяка. Увеличение поля зацепления соответствует, вообще говоря, улучшению зацепления. Подрезание зубцов колеса вызывает уменьшение поля. Подрезание зависит от угла зацепления α, угла β, подъема средней винтовой линии червяка,



Фиг. 45.

числа i ниток, передаточного числа k и высоты и формы головки червячного фрезера, нарезающего колесо. Особенно быстро возрастает подрезание при увеличении угла β и уменьшении числа z зубцов на колесе. Смещение червячного фрезера устраняет подрезание и позволяет правильно нарезать колеса с числом зубцов до 12 [10, 11]. Исследование зацепления позволяет правильно назначить длину L червяка в зависимости от числа z зубцов на колесе:

$z=$	12	24	36	60	свыше 70
$\frac{L}{i}=$	3,2	4,0	4,8	5,6	6

Материалом для передач, работающих с небольшой нагрузкой, служат: для червяка—чугун или стальное литье, для колеса—чугун. Необработанные зубцы применимы для скоростей скольжения до 2,5 *м/сек*. При более высоких скоростях червяк изготовляется из стали, тщательно обрабатывается и полируется, часто закаливается, после чего подвергается выверке и шлифовке. Для колеса в этих случаях применяется чугун, а при повышенных требованиях—фосфористая или алюминиевая бронза. Для удешевления из бронзы изготовляется только зубчатый венец, который надевается на обод чугунного или стального колеса.

Расчет. Рассматривая червяк и колесо как винт и гайку, можно выразить соотношение между силой P, приложенной касательно к начальному цилиндру червяка, и силой Q, действующей вдоль его оси, в виде:

$$P = Q \operatorname{tg}(\beta + \varrho_1),$$

при чем $\operatorname{tg}\varrho_1 = f_1 = \frac{f}{\cos\alpha}$, где f—коэфф. трения и α—угол зацепления эвольвентной рейки. Момент, вращающий червяк,

$$M = Qr \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varrho_1).$$

Коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}(\beta + \varrho_1)}.$$

Фиг. 46 дает зависимость η от β и ϱ. При изготовлении червяков угол β обыкновенно берут не больше 18—20°, т. к. при больших углах ухудшаются условия зацепления; в крайних случаях $\beta = 30°$. Из фиг. 46 видно, что преобладающее значение для η имеет угол трения ϱ. Средние значения ϱ и f, принимаемые при расчетах:

	ϱ	f
Для чугуна по чугуну	6—7°	0,1 —0,12
» стали » бронзе	2—3°	0,03—0,05

Меньшие значения f предполагают весьма тщательное выполнение червяка и колеса, а также хорошую смазку. Принимая во внимание трение в опорах червяка и колеса, а также трение вдоль профилей зубцов, полный кпд можно выразить следующей формулой:

$$\eta_n = \frac{\eta}{1+\varphi}.$$

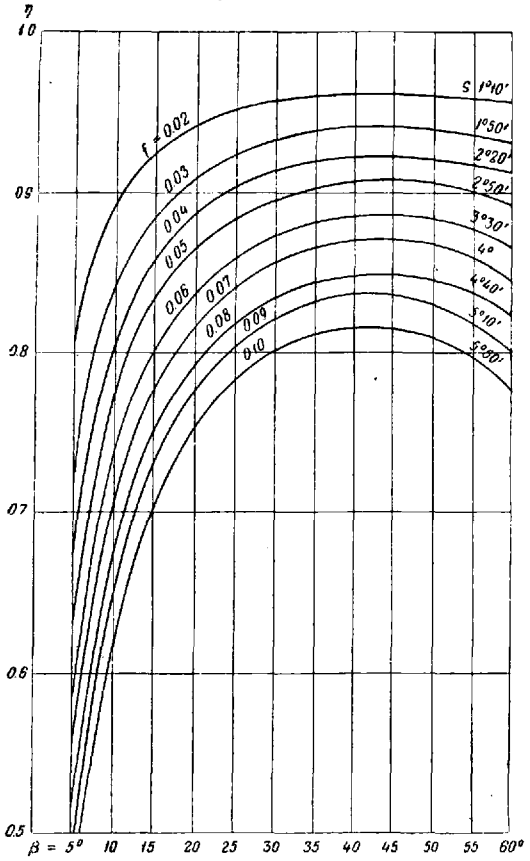
Согласно опытам, $\varphi = 0{,}02 \div 0{,}1$, при чем меньшие значения принимаются при тщательной смазке подшипников и при шариковых опорах. Установлено, что кпд передачи зависит от нагрузки, при к-рой работает передача, материала червяка и колеса, состояния поверхностей трения, смазки и скорости скольжения [10]. Наибольшее значение η при обычных условиях работы равно 0,85. Низкие значения f и соответственно высокие значения η имеют место только при установившемся движении. Для передач, работающих с частыми перерывами, как в подъемных кранах, средняя величина η значительно ниже. Погрешность в шаге, а также в установке сказывается весьма чувствительным понижением η. Для $\beta < \varrho_1$ получается самотормозящая передача, в которой передача вращения от колеса к червяку совершенно невозможна. Для предельного случая $\beta = \varrho_1$, $\eta = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\operatorname{tg}^2\beta$, т. е. $\eta < \frac{1}{2}$. При больших скоростях червяка коэфф. трения уменьшается благодаря улучшению смазки. Это позволяет иметь самотормозящую передачу с кпд до 70%, но за счет надежности действия в отношении самоторможения.

Расчет зубцов производится по тем же ф-лам, к-рые даны для цилиндрич. колес, т. е.

$$m = 22\sqrt[3]{\frac{M}{\varphi z K_u}} \text{ или } m = 912\sqrt[3]{\frac{N\eta}{\varphi z n K_u}},$$

где M—вращающий момент колеса (в *кгсм*); z—число зубцов на колесе; $\varphi = \frac{b}{m}$ для обработанных зубцов—от 6 до 9, для необработанных—от 4,5 до 6; N—мощность на червяке (в HP); η—кпд передачи; n—число об/м. колеса; m—в *мм*; K_u выбирается, в зависимости от окружной скорости червяка, по той же таблице, к-рая приведена для цилиндрич. З. к. Теплота, развивающаяся при

трении между червяком и зубцами колеса, не должна вызывать недопустимого повышения темп-ры масла $t_м$. сравнительно с температурой воздуха $t_в$.. По данным опытов Баха



Фиг. 46.

и Розера, Брауном установлена зависимость допускаемого напряжения $K_и$. в зубцах колеса от разности $t_м.-t_в.$, позволяющая при проектировании производить проверку $K_и$. по данной величине $t_м.-t_в.$, и наоборот:

$$K_и. = \frac{k_и.}{18}[A(t_м.-t_в.)+B],$$

где $A=\frac{1}{15v}+0{,}42$, $B=\frac{109}{2{,}75+v}-25$, v — скорость на окружности червяка, $k_и.$—напряжение материала колеса, соответствующее скорости $v=4$ *м/сек* в таблице, приведенной для цилиндрич. колес. Для передач, работающих непрерывно, $t_м.-t_в.=50°$; для передач, работающих с перерывами, $t_м.-t_в.=90°$ [9, 11, 13]. Для предварительного назначения η, необходимого для расчета m, могут служить следующие данные:

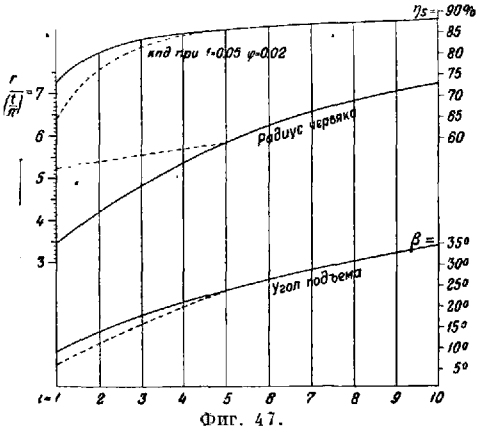
Число ниток	Значения η для червяка, выполненного в одно целое с валом	Значения η для червяка, надетого на вал
1	0,717	0,632
2	0,795	0,758
3	0,826	0,810
4	0,843	0,836

Диаметр вала червяка м. б. определен по крутящему моменту, учитывая изгиб понижением допускаемого напряжения на скручивание; при этом принимают: для стали $k_{кр.}=120$ *кг/см*^{2}; для стального литья $k_{кр.}=100$ *кг/см*^{2}; для чугуна $k_{кр.}=30$ *кг/см*^{2}; соответственно этому получаем:

$$d_0^3=5\frac{M_{кр.}}{k_{кр.}}=\frac{M_{кр.}}{24}=3\,000\frac{N}{n};\ d_0^3=\frac{M_{кр.}}{20}=$$

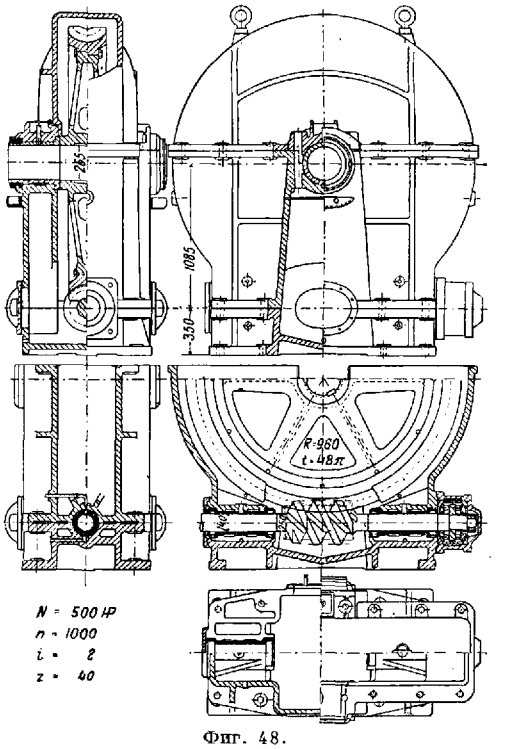
$$=3\,600\frac{N}{n};\ d_0^3=\frac{M_{кр.}}{6}=12\,000\frac{N}{n}.$$

Толщина стенок полого червяка $0{,}5\div 0{,}6t$. На диаграмме, изображенной на фиг. 47,



Фиг. 47.

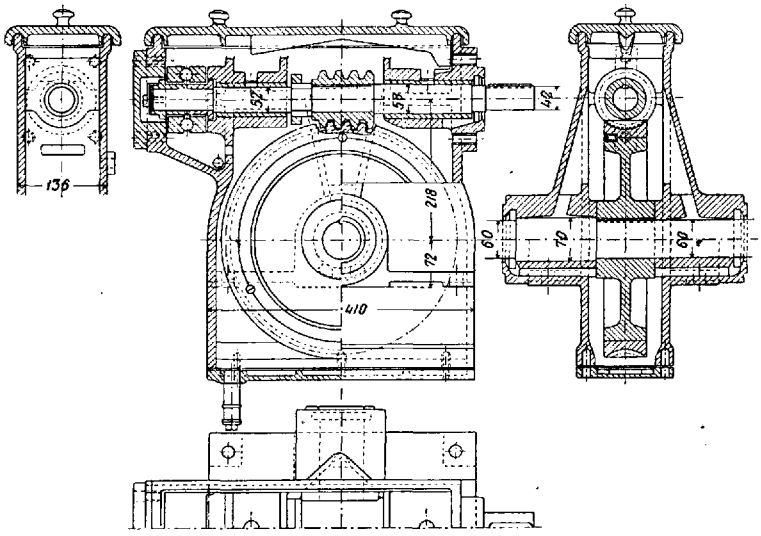
даны основные размеры червяков (сплошными линиями для изготовленных из одного куска с валом, пунктирными—для насаженных). Размеры чугунного или стального колеса, на которое надевается бронзовый обод, определяют по правилам, изложенным



Фиг. 48.

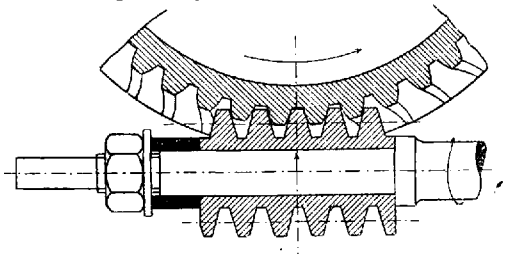
для цилиндрич. колес. Закрепление бронзового обода на чугунном производится или точно пригнанными болтами (см. фиг. 48),

работающими на срез, или же бронзовый обод насаживается на гладкий обод чугун. колеса под прессом или в нагретом состоянии (фиг. 49). Точная установка относительного



Фиг. 49.

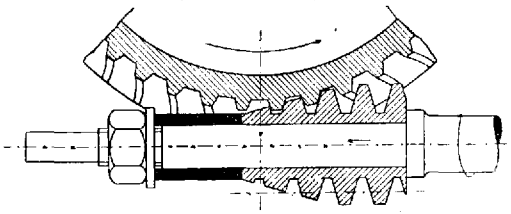
расположения червяка и колеса достигается заключением их в общий чугунный кожух, который служит также резервуаром для масла, смазывающего передачу, и защищает ее от пыли. При расположении под колесом (фиг. 48) червяк всегда работает в масле, что обеспечивает надежную смазку и прекрасное охлаждение передачи, но при этом продукты износа, попадая в масло, увлекаются снова на рабочие поверхности червяка и вызывают усиленный износ; кроме того, доступ к месту зацепления затруднен. При расположении червяка над колесом масло приносится к месту зацепления на зубцах колеса. Червяк легко доступен для осмотра, передача удобна для установки с электромотором. Для смазки применяется густое цилиндровое масло с добавкой графита и чистого свиного сала. Подшипники смазываются независимо от зацепления. Передача, изображенная на фиг. 49, спроектирована для большого числа



Фиг. 50а.

оборотов; при этом смазка подшипников как червяка, так и колеса совершается маслом, разбрызгиваемым червяком. Осевое давление червяка воспринимается обычно шариковыми подпятниками.

Точное изготовление червяка достигается применением резца, режущая кромка к-рого представляет очертание прямолинейного зуба эвольвентной рейки с углом зацепления $\alpha_n = 15°$ и модулем m_n, соответствующими нормальному сечению нарезаемого червяка. Плоскость резца совмещается с нормальной плоскостью, т. е. устанавливается к оси нарезаемого червяка под углом β подъема средней винтовой линии. Во избежание большой разницы в углах заточки резца с винтовой поверхностью на внутреннем и наружном цилиндрах, что повлекло бы за собой ухудшение условий резания, рекомендуется разницу углов подъема наружной и внутренней винтовых линий не делать больше 6—7° [11]. Дисковый фрезер с прямолинейными режущими кромками не дает прямолинейного профиля червяка, т. к. подрезает головку и ножку его витков. При углах подъема β, бо́льших 10°, ошибка становится уже практически чувствительной. Значительно меньшую погрешность дает концевой конич. фрезер, его искажающее действие при углах $\beta < 20°$ исчезающе мало. Нарезание зубцов червячного колеса производится червячн. фрезером; подача фрезера или колеса производится радиально (фиг. 50а) до тех пор, пока зубцы его не врежутся на полную глубину. Относительное движение фрезера и нарезаемого колеса

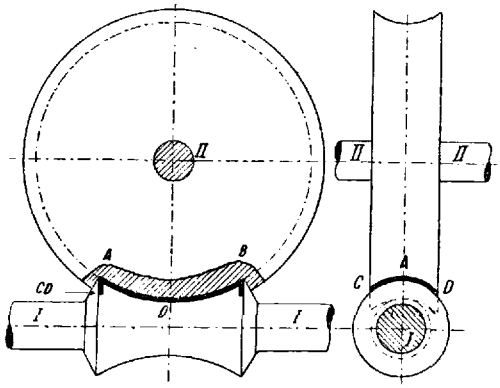


Фиг. 50б.

таково, как будто они находятся в зацеплении. После врезания на некоторую глубину вращение колеса производится самим фрезером. При углах подъема фрезера бо́льших 6° радиальная подача вызывает порчу зубцов колеса и заменяется поэтому тангенциальной подачей (фиг. 50б). Передние по направлению подачи витки фрезера срезаны, и он получает вид конуса. Преимущество тангенциальной подачи состоит в том, что зубцы фрезера врезаются в заготовку постепенно; последние витки только зачищают обрабатываемую поверхность, к-рая получается гораздо чище, чем при радиальной подаче. Однако, и в этом случае вновь изготовленное колесо должно приработаться к своему червяку, прежде чем передача начнет работать безупречно.

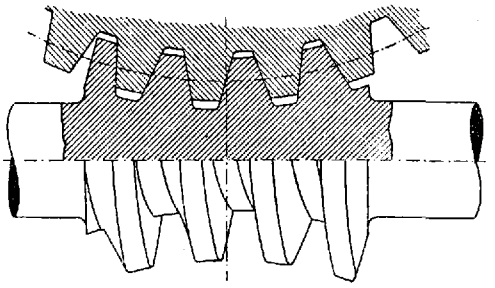
Особый вид червячной передачи представляет глобоидальная передача (фиг. 51а). Червяк и колесо представляют собою тела вращения—глобоиды, образован-

ные вращением дуг *AOB* и *CAD* соответственно около осей *I-I* и *II-II*. Глобоидальный червяк (фиг. 51б) м. б. нарезан резцом,



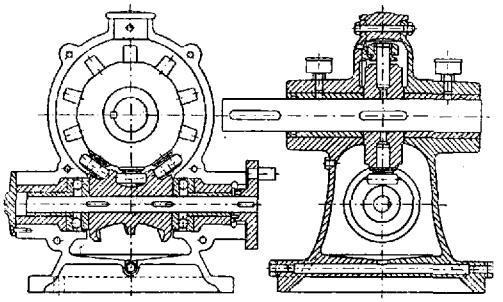
Фиг. 51а.

режущий профиль к-рого для простоты берется прямолинейным; плоскость резца должна совпадать со средней плоскостью передачи, и резец должен вращаться около оси *II*



Фиг. 51б.

колеса. Глобоидальное колесо должно нарезаться глобоидальным фрезером, точно соответствующим червяку. Сложность последнего инструмента и недостатки его при резании приводят к приближенному выполнению глобоидального зацепления, к-рое в работе дает, однако, вполне удовлетворительные результаты [11]. Для уменьшения трения герм. машиностроительный з-д Пекрун



Фиг. 52.

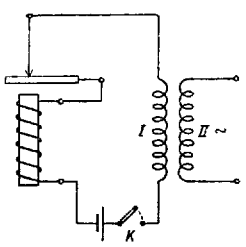
(Козвиг) заменяет зубцы глобоидального колеса роликами и соответственно этому выбирает профиль нарезки глобоидального червяка (фиг. 52).

Лит.: [1]) Зернов Д. С., Прикладная механика, ч. 1, Л., 1925; [2]) Берлов М. Н., Детали машин, вып. 4 и 5, СПБ, 1909—10; [3]) Рерих К. Э., Конспект по прикл. механике, П., 1918 (литогр.); [4]) Бобарыков И. И., Детали машин, часть общая, М.—Л., 1926, Часть специальная, М.—Л., 1927; [5]) Шибель А., Зубчатые колеса, пер. с нем., СПБ, 1913; [6]) Сидоров А. И., Детали машин, ч. 2, М.—Л., 1926; [7]) «Известия СПБ политехнич. ин-та», СПБ, 1913, т. 19, стр. 205—306; [8]) Меламед И., Наладка зуборезных станков и работа на них, М.—Л., 1927; [9]) Bach C., Die Maschinenelemente, B. 1, Lpz., 1922; [10]) Rötscher F., Die Maschinenelemente, B. 2, B., 1929; [11]) Schiebel A., Zahnräder, Einzelkonstruktionen aus d. Maschinenbau, hrsg. v. H. Volk, H. 3, B., 1922, H. 5, B., 1923; [12]) Hartmann W., Die Maschinengetriebe, Stg.—B., 1913; [13]) Hönnicke G., Die Teilung d. Zahnräder u. ihre einfachste rechnerische Bestimmung, B., 1927; [14]) Barth C., Die Grundlagen der Zahnradbearbeitung, B., 1911; [15]) Kutzbach K., Grundlagen u. neuere Fortschritte d. Zahnraderzeugung, B., 1925; [16]) Krüger P., Die Satzrädersysteme d. Evolventenverzahnung, B., 1926; [17]) Berndt G., Zahnradmessungen, Erfurt, 1925; [18]) Versuchsergebnisse d. Versuchsfeldes f. Maschinenelemente d. Techn. Hochschule zu Berlin, H. 3—4, Mch. — Berlin, 1923; [19]) Golliasch K., Die Ermittelung d. Kegelrad-Abmessungen, B., 1923; [20]) Ernst, Die Hebezeuge, B. 1—3, 4 Aufl., B., 1903; [21]) «Mechanical Engineering», N. Y., 1926, *11*; [22]) «Machinery», 1925, p. 197; [23]) «Maschinenbau», B., 1923, p. 623, 1924, p. 159—163, 1926, p. 402—406, 1928, p. 675—678; [24]) «Werkstattstechnik», B., 1924, p. 75—98, 169—173; [25]) «American Machinist», London, 1926, *8, 10—16, 18—25*; [26]) «Werkstatts technik», Berlin, 1924, p. 121—135; [27]) ibidem, p. 135—141; [28]) «BBC Mitteilungen», Baden (Schweiz), 1926, *3—6*

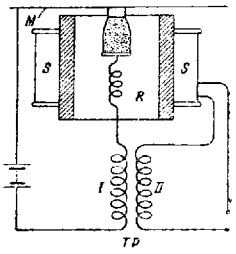
X. Кетов.

ЗУММЕР (пищик), генератор звуковой частоты. Самым обычным типом З. в технике слабых токов является автоматический прерыватель постоянного тока, представленный схематически на фиг. 1. При замыкании ключа *K* прерывистый ток первичной обмотки *I* индуктирует во вторичной обмотке *II* переменный ток, частота к-рого зависит от числа размыканий в ск. цепи постоянного тока.

Улучшенный тип генераторов звуковой частоты представляет микрофонный З. системы Долежалека. Микрофонный З. (фиг. 2) основан на принципе самовозбуждения и на резонансных свойствах мембраны. При



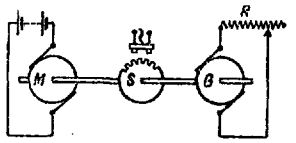
Фиг. 1.



Фиг. 2.

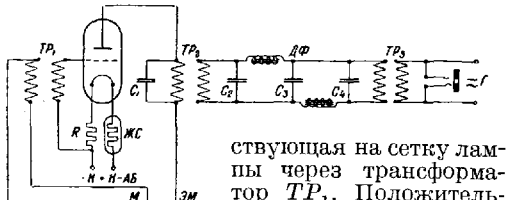
замыкании вторичной обмотки на короткое или на сопротивление необходимо придать мембране толчком первый импульс, после чего она начинает колебаться самостоятельно. Импульс в виде толчка изменяет сопротивление угольного порошка, что в свою очередь вызывает изменение тока в первичной обмотке *I* трансформатора *TP*. Вследствие этого во вторичной обмотке *II* трансформатора *TP* индуктируется переменный ток, к-рый протекает по обмотке *S*, надетой на стальное кольцо *R*, благодаря чему вызывается изменение магнитного поля кольца. Мембрана *M* начинает колебаться, изменяя тем самым автоматически сопротивление угольного порошка. Частоту переменного тока можно регулировать от $f = 300$ до $f = 650$, подбирая мембраны различной толщины.

Наиболее совершенным типом генератора звуковой частоты является специальная машинка индукторного типа, представленная схематически на фиг. 3. На общей оси укреплены: мотор M, зубчатый ротор S и генератор G с сопротивлением R в качестве нагрузки. Зубчатый ротор S вращается между двумя подковообразными магнитами, на которые надеты три обмотки. Одна из них служит обмоткой возбуждения электромагнита. При вращении мотора M вращается зубчатый ротор S, зубцы которого изменяют магнитный поток электромагнита; вследствие этого в двух других обмотках индуктируется переменный ток, частота к-рого зависит от скорости вращения. Генератор G служит в качестве регулятора частоты. Указанные типы генераторов обладают малой мощностью. Если требуется большая мощность, то в таких случаях можно пользоваться машиной Франка или ламповым З.



Фиг. 3.

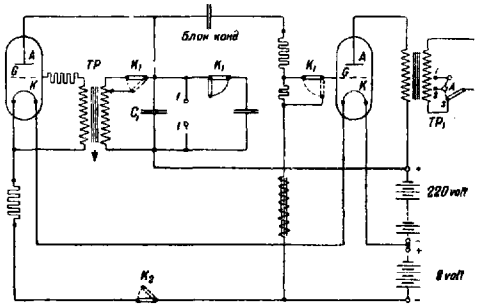
Наиболее простой схемой лампового З. является камертонный З., схема которого приведена на фиг. 4. При включении тока накала и анодного напряжения камертон K притягивается электромагнитом $ЭМ$, вследствие чего изменяется магнитное поле магнита M, в обмотках к-рого индуктируется эдс, действующая на сетку лампы через трансформатор TP_1. Положительный потенциал на сетке обусловливает уменьшение анодного тока, вследствие чего камертон K отпускается электромагнитом $ЭМ$. Поле магнита M снова меняется, сетка получает отрицательный потенциал, вследствие чего анодный ток увеличивается, камертон K притягивается электромагнитом $ЭМ$, и т. д. Частота такого лампового З. определяется соответствующей частотой камертона. Через трансформатор TP_2, дроссельный фильтр $ДФ$ и трансформатор TP_3 ламповый З. отдает мощность во внешнюю цепь Г. Фильтр служит для очистки основного тона от высших гармонических. Меняя камертон, катушки магнитов и соответственно $ДФ$, можно получить различные частоты. Тон З. проверяется телефоном, к-рый приключается к гнезду $Г$. Ток накала регулируется автоматически барреттером $ЖС$ (см. *Усилитель промежуточный телефонный*). Напряжение смещения на сетку получается за счет падения напряжения на сопротивлении R. Указанный ламповый З. строится обыкновенно на четыре частоты ($f = 480 \div 800 \div 1\,000 \div 1\,800$ пер/ск.). Мощность его—около 7 W.



Фиг. 4.

Для получения частот от $f = 150$ до $f = 6\,400$ применяют более мощный ламповый З.

На фиг. 5 представлен схематически ламповый З., посредством к-рого можно получать частоты 3 000÷20 000 пер/ск. Мощность такого З. ок. 0,3 W. Первая лампа служит генератором, вторая — усилителем. Колебательный контур состоит из емкости C_1 и самоиндукции трансформатора TP. Частота генератора меняется путем подвижного железного стержня трансформатора TP. Трехходовой ключ K_1 служит для выключения З. и для включения всей обмотки TP или части ее, в зависимости от чего пределы частот изменяются от 6 000 до 8 000 и от 8 000 до 20 000. Для получения частот ниже 3 000 необходимо к клеммам $1=1$ приключить добавочный конденсатор. Ключ K_2 служит для включения накала. Секционированный трансформатор TP_1 предназначен для передачи мощности во внешнюю цепь.



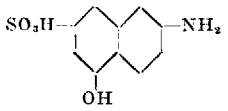
Фиг. 5.

Ламповым З. может служить устройство, состоящее из двух генераторов высокой частоты, работающих методом *биений* (см.).

Лит.: Грамматчиков А. С., Катодные лампы и их применение, М., 1925; Баев Н. А. и Ридель Ю. О., «Научно-технич. сборник—телеграф, телефон, радио, почта», М., 1928, 4, стр. 39, 42; Геништа С. В., Ламповые передатчики, «Техника связи», М., 1924, т. 2, вып. 3—4; Jaeger W., Elektrische Messtechnik, 3 Aufl., Lpz., 1928. **Ю. Ридель.**

И

I-КИСЛОТА, моносульфокислота аминонафтола, 2-амино-5-нафтол-7-сульфокислота,



весьма важный продукт для синтеза светопрочных азокрасителей. Отличительным свойством I-к., как и изомерной с ней γ-кислоты (2-амино-8-нафтол-6-сульфокислота), является ее способность придавать полиазокрасителям, в которых эта кислота составляет конечный азокомпонент, субстантивные свойства [1–4]. I-кислота получается при щелочном плавлении в автоклаве 5,7-дисульфокислоты β-нафтиламина. Производство I-к. тесно связано с получением γ-кислоты, т. к. необходимая для последней 6,8-дисульфокислота β-нафтиламина получается вместе и примерно в одинаковом количестве с 5,7-дисульфокислотой при сульфировании β-нафтиламина [5,6]. I-к. способна к азосочетанию как в кислой, так и в щелочной среде, при чем в первом случае азо-группа вступает в орто-положение к амидной группе, в последнем же — к окси-группе. I-к. дает ценные продукты конденсации с фосгеном (I-к.-мочевина) и ароматич. аминами (фенил-I-к.).

Лит.: [1]) Ворожцов Н. Н., Ступени в синтезе красителей, стр. 179, Л., 1926; [2]) Ruggli P., Praktikum d. Färberei u. Farbenstoffanalyse, Mch., 1925; [3]) König und Haller, «Journal f. prakt. Chemie», Lpz., 1867, B. 102, p. 39; [4]) Bucherer H., Lehrbuch d. Farbenchemie, 2 Aufl., Lpz., 1921; [5]) Fierz-David H. E., Grundlegende Operationen d. Farbenchemie, B., 1924; [6]) Cain J. C. a. Thorpe J. F., The Synthetic Dyestuffs a. the Intermediates Products from which they are derived, 6 ed., p. 235, London, 1923; Rowe, Colour Index, N. Y., 1924.

А. Порай-Ношиц.

ИГОЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, производство ручных швейных игол, игол для швейных машин и булавок.

Основные материалы. Для И. п. употребляют стальную или железную проволоку, при чем иглы толще 1 *мм* изготовляются из железной проволоки, т. к. толстые иглы, сделанные из стальной проволоки, плохо проштамповываются в ушке. Стальная и железная проволоки д. б. точно калиброваны, а для ⌀ от 0,65 до 0,9 *мм*—протянуты через контрольный алмаз; при последней протяжке применяют или бескислотный состав или слабо кислотный раствор с примесью медного купороса и оловянной соли (чтобы проволока не подвергалась ржавлению при хранении). Наружная поверхность проволоки д. б. гладкой и не иметь заусенцев, трещин, ржавчины и плен. Основные качества и состав стальной проволоки, применяемой в И. п., приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Состав и качества стальной проволоки, применяемой в игольном производстве.

Хим. состав в %	C	0,75—0,90
	Mn	0,30—0,40
	Si	0,15—0,20
	Ph и S	Следы
Вр. сопротив. на разрыв в *кг/мм²*		80—100
Удлинение в %		4—5

Допуски (в *мм*) на овальность и калибровку для проволоки:

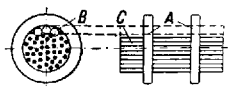
⌀ до 0,9 *мм*	± 0,01
⌀ от 0,9 до 2 *мм*	± 0,02
⌀ свыше 2 *мм*	± 0,03
Микроструктура	Перлит. Излом мелкозернистый

⌀ проволоки в *мм*	до 1,5	1,5—2	2—2,5	>2,5
Наименьшее число загибов на 180° в тисках с радиусом кривизны губок = =60 *мм* до разрушения образца	10	9	7	5
Наименьшее число скручиваний образца длиною 200 *мм* до его разрушения (полных оборотов)	10	9	8	7

Стальная проволока д. б. светлотянутая и поступает в обработку в отожженном виде. Железная проволока должна выделываться из литого железа, иметь в изломе волокнистое или мелкозернистое строение и после протяжки в окончательный размер должна удовлетворять вышеуказанным испытаниям, при чем испытанию подвергается неотожженный образец.

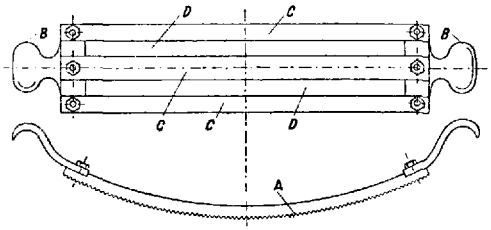
I. Производство швейноручных игол. Первая операция—резка проволоки на стержни определенной длины (длина стержней обычно равняется удвоенной длине игол)—исполняется на специальных станках для резки проволоки, снабженных двумя ножами, к-рые приводятся в движение кулаками, насаженными на валу станка. За один удар ножей отрезается до 4 стержней (подача под каждый нож идет в две проволоки), падающих вниз в особый ящик. Производительность станка—до 60 000 стержней, или до 120 000 игол, в час. Подача проволоки производится посредством клещей,

приводимых в переменно-возвратное движение кривошипным механизмом: клещи захватывают проволоку (сматывающуюся с мотков и проходящую предварительный выпрямитель), продвигают ее вперед на определенную длину и отпускают при обратном движении. Следующая операция—горячая рихтовка (выпрямление проволоки)—



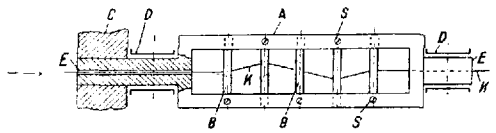
Фиг. 1.

имеет целью выпрямление стержней, сохраняющих частично форму дуги мотка проволоки. Для нагревания и рихтовки (фиг. 1) стержни C в количестве от 4 000 до 7 500 шт. (по весу от 1,5 до 4,5 *кг*) укладывают в железные кольца A шириной от 10 до 20 *мм*, при чем сверху вставляют железные прокладки B диам. до 10 *мм*, к-рые после нагрева вынимают с целью получить горизонтальную площадку для катанья вилками. Стержни нагревают в печах до 750—850° (при чем одновременно в печь закладывают 6—8 пакетов), а затем производят вручную выпрямление (рихтовку) нагретых стержней посредством катания на чугунных плитах взад и вперед специальными вилками (фиг. 2), состоящими из выгнутых по дуге круга трех железных полос C, соединенных между собой пластинами с рукоятками B; нижняя поверхность A вилок—рифленая. Во время



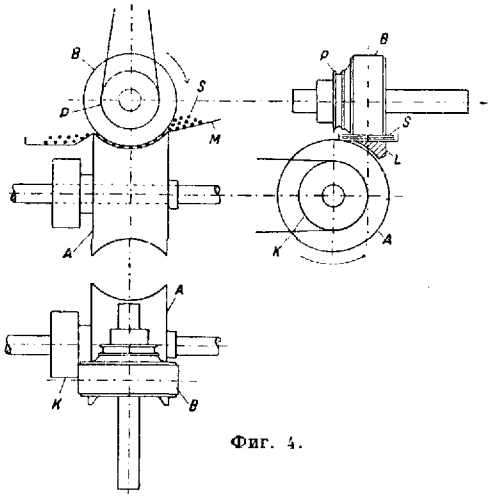
Фиг. 2.

процесса прямления борты колец A (фиг. 1) входят в промежутки D между полосами C. В последнее время фирмой Бюндгенс (Bündgens, Aachen) выпущены резальные станки, снабженные приспособлением для холодной рихтовки (фиг. 3), состоящим из железной рамки A с двумя высверленными по всей длине цапфами E; на одной из цапф помещается приводной шкив C. Рамка вращается в двух подшипниках D со скоростью до 2 500 об/м. В рамке высверлены отверстия, в к-рые вставлены 5 стальных закаленных



Фиг. 3.

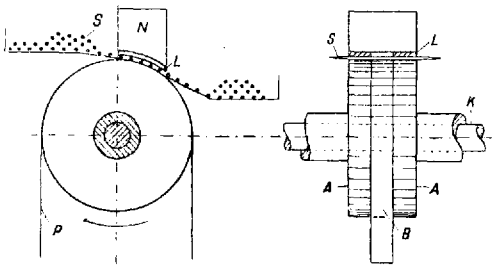
штифтов B, укрепленных в рамке после регулировки нажимными болтиками S. Подлежащая резке проволока K проходит со скоростью до 0,27 *м/сек* через цапфу рамки, а затем через раззенкованные отверстия, имеющиеся во всех штифтах B. Выпрямление (холодная рихтовка) проволоки получается вследствие криволинейной протяжки ее через отверстия штифтов, расположенных на разных расстояниях от оси цапф и укрепленных в быстро вращающейся рамке. Опыт работы с таким станком показал, что проволока получает вполне удовлетворительное



Фиг. 4.

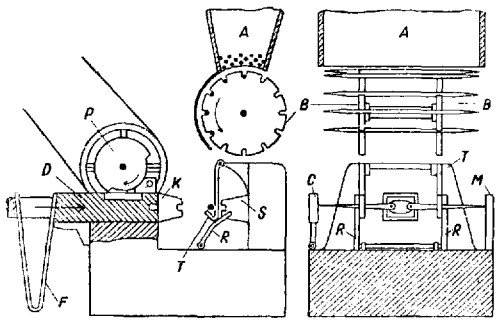
прямление, но в ней возникают вредные напряжения (наклепы), для уничтожения которых необходимо все-таки стержни нагревать и частично рихтовать; продолжительность рихтовки в данном случае уменьшается на 50%. Затем концы стержней заостряют на специальном концеточильном станке (фиг. 4). Станок состоит из песчаникового или наждачного камня A (фигура камня напоминает гиперболоид вращения) диам. 250—450 *мм* и шириной 100—210 *мм*, вращающегося на шарикоподшипниках со скоростью до 1 900 об/м. (окружная скорость до 45 *м/сек*), и питающего диска B диам. 130 *мм*, устанавливаемого во время работы несколько наклонно к оси камня и обтянутого резиновым кольцом. Скорость питающего диска 4÷5 об/м. Вращение камня производится от нижнего привода через шкив K, а подающего диска—от верхнего привода через желобчатый шкив P. Стержни S скатываются с наклонной площадки M на нижнюю дугообразную направляющую (седло) L, охватывающую на 75° диск B, и медленно прокатываются по ней, при чем стержни, вращаясь вокруг своей оси и соприкасаясь одним концом с вращающимся камнем, заостряются. Во избежание появления ржавчины применяется сухая точка, при чем появляющаяся пыль отсасывается эксгаустером. Для обточки стержней с двух концов приходится стержни пропускать через станок два раза. Производительность станка для мелких и средних № игол—до 25 000 стержней в час; расход энергии—до 2 HP; срок службы одного наждачного камня 3,5—4 месяца, песчаникового—1 месяц; последние дают иглы лучшего качества, т. к. не накаливают стержней во время заточки, не портят гладкой поверхности и не производят отрыва конца. При постановке на станок камни д. б. тщательно выбалансированы и выправлены. Следующая операция—шлифовка середины у стерж-

ней на ширину 15—20 *мм*—имеет назначение счистить на середине стержня черноту, получившуюся после горячей рихтовки, т. к. иначе при штамповке и пробивке чернота вдавливается внутрь ушка. Шлифовка производится на специальных автоматах (фиг. 5),



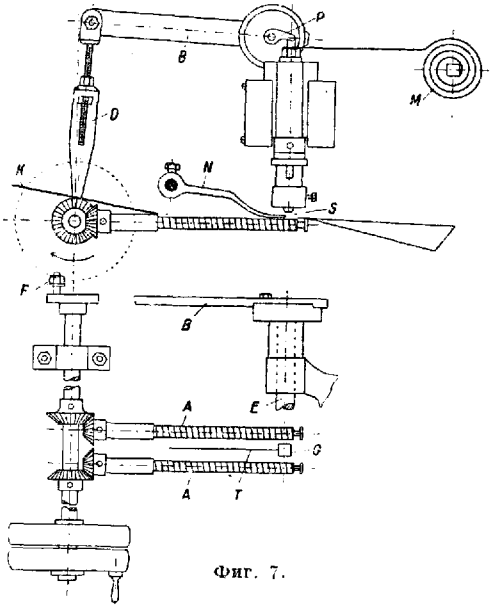
Фиг. 5.

состоящих из двух вращающихся со скоростью до 10 об/м. подающих дисков *A*, между к-рыми вращается диск *B*, сидящий на оси *K*, пропущенной через пустотелые цапфы дисков *A*. Диск *B* делает до 1 000 об/м. и приводится в движение ремнем *P*, на к-рый нанесена снаружи наждачная пыль. Стержни *S* скатываются с наклонной площадки под нажим *N*, оклеенный снизу резиной *L*, прижимаются к ремню *P* и к дискам *A*, вследствие чего получают одновременно вращение и шлифовку средней части. Станок снабжен эксгаустером для отсоса пыли. Производительность станка—до 50 000 стержней в час. Крупные иглы—мешочные, трехгранные большие и др.—протачивают вручную на наждачном камне. Дальнейшая обработка состоит в проделывании ушка в игле, для чего на специальных станках сначала посредине стержней штампуют контур, сразу для ушков двух игол, а затем пробивают два сквозных отверстия. На фиг. 6 изображена схема штамповального станка фирмы Бюндгенс. Станок снабжен магазином *A* для стержней, которые захватываются вращающимися дисками *B*, снабженными желобками, и сбрасываются на поддерживающие рычаги *T*. Приводимая в движение от привода



Фиг. 6.

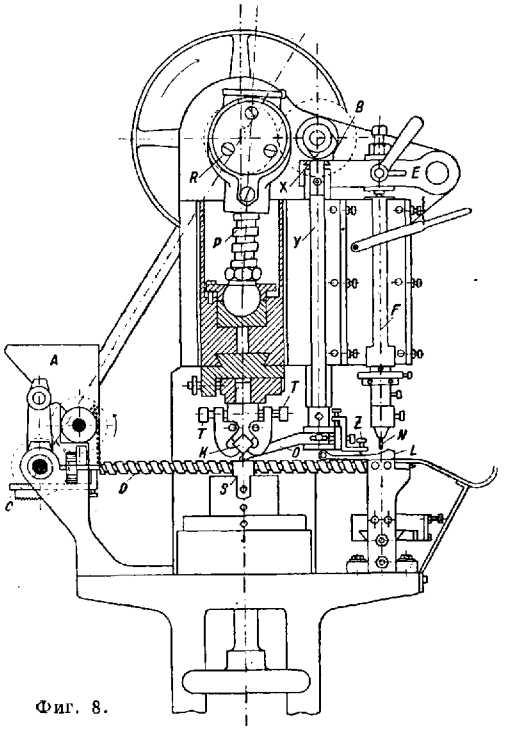
пластинка *C* прижимает стержни к неподвижной пластинке *M* и тем самым точно устанавливает середину стержня для штамповки. Молоток *D* со штемпелем *K* под действием пружины *F*, сжимаемой кулачным диском *P*, сильным ударом штампует контур ушков в матрице *S*. По возвращении под действием диска *P* штемпеля *K* на свое место два рычага *R* сбрасывают стержень вниз. Производительность станка—до 7 000 стержней в час, потребная мощность 0,75 HP. Штемпеля и матрицы изготовляются из стали (содержание C 0,6—0,7%), при чем на них сразу гравируется до 8 отпечатков. По срабатывании штемпелей и матриц их отжигают в угольном порошке, спиливают, вновь гравируют и закаливают. Пробивка отверстий после штамповки производится на специальных автоматич. станках. Станок фирмы Бюндгенс (фиг. 7) состоит из двух параллельных подающих винтов *A-A*, вращающихся с одинаковой скоростью и продвигающих подлежащие пробивке стержни с наклонной площадки *K* к пуансону *S*. Во избежание бокового перемещения стержней



Фиг. 7.

при движении вперед они направляются линейкой *T* с острой гранью, которая своим выступом входит в углубление между ушками, образованное при штамповании. В момент пробивки особый рычаг *N*, приводимый в движение от станка, подает стержень как раз под пуансон *S* и матрицу *G*. Пуансон *S* (с двумя бородками) приводится в действие кривошипом *F* через посредство шатуна *D*, рычага *B*, вала *E* и кулачка *P*; для подъема пуансона служит пружина *M*. Пробивочные бородки изготовляются обыкновенно из стали-серебрянки. Производительность станка около 20 000 стержней в час. За последнее время фирмой Aachener Maschinenbau G. m. b. H. выпущен станок (фиг. 8) для одновременной штамповки и пробивки. Из магазина *A* стержни по одному продвигаются толкателем *C* на два подающих винта *D*, которые сначала подводят стержни для штамповки под штемпель *K* и матрицу *S*, а затем для пробивки—под пуансон *N*. Штемпель приводится в движение эксцентриком *R*, нажим штемпеля регулируется винтом *P*. Штемпель имеет форму куба, на каждой грани к-рого имеется гравировка ушков игол;

закрепление штемпеля производится винтами *T*. Ползун *F* пуансона *N* ходит в вертикальных направляющих и приводится в движение через качающийся рычаг *E* кулаком *B*. Приводимый в движение кулаком *X* стержень *Y* снабжен внизу держателем *O* для поддерживания стержней во время штамповки и винтом *Z*, нажимающим на держатель *L* при пробивке ушков. Производительность станка—до 14 000 стержней в час, т. е. этот



Фиг. 8.

станок заменяет в работе два нормальных штамповочных и на 70%—один пробивочный станок.

Последующие операции, вплоть до закалки—нанизка, проточка крыльев, ломка, проточка ушков и разнизка имеют целью разламывание стержней на две иглы и удаление образующихся при штамповке заусенцев (крыльев) по бокам ушков и между ними.

Нанизка (ручная операция): стержни располагаются в ряд (80—100 шт.) и нанизываются на две пропущенные через ушки закаленные стальные проволоки (планки) длиной ок. 100 *мм;* назначение операции—придать надлежащее положение стержням и облегчить обращение с ними при дальнейшей обработке; производительность одного рабочего при нанизке—до 15 000 стержней в день.

Проточка крыльев, т. е. снятие заусенцев по бокам ушков, производится только со средними и мелкими иглами, начиная с № 2 и тоньше, при обработке же крупных игол ограничиваются только проточкой ушков; нанизанные на проволоки иглы зажимаются в щипцы (губки к-рых изнутри обтянуты резиной), и заусенцы стачивают на наждачном круге; производительность одного рабочего—220 000 стержней в день.

Ломка стержней между ушками производится вручную, при чем получаются два ряда игол, нанизанных на проволоку; операция эта вредна для здоровья рабочего, т. к. во время ломки стержней приходится все время упирать в дощечку, повешенную на ремне на груди рабочего; производительность одного рабочего равняется 400 000 стержней в день.

Проточка ушков, т. е. снятие заусенцев на ушках, получающихся после ломки, состоит в следующем: иглы, нанизанные на проволоки, зажимаются концами в щипцах (таких же, как и при проточке крыльев), и ушки снаружи обтачиваются вручную на наждачном круге; применяется обыкновенно сухая точка, при чем образующаяся пыль отсасывается экстаустером; наждачные круги, ⌀ 230—280 *мм* и шириной 110—127 *мм*, при обточке делают до 3 000 об/м.; срок службы круга 4—5 месяцев; производительность одного рабочего—до 157 000 игол в день.

Разнизка (ручная операция) имеет целью снять вручную нанизанные иглы с проволок. После означенной операции иглы поступают на закалку.

Имеются специальные автоматы фирмы Бюндгенс, которые производят ломку, обточку крыльев и ушков, при чем операция нанизки отпадает. Стержни закладывают в магазин, откуда они подводятся подающими винтами к движущемуся вверх и вниз ломающему приспособлению; затем иглы захватываются с двух сторон двумя вращающимися вокруг своих осей щипцами и подводятся ими для обточки к двум наждачным кругам; при этом нижняя губка щипцов во время обточки имеет горизонтальное движение по отношению к верхней губке, вследствие чего иглы во время обточки получают вращение вокруг своей оси для надлежащей обточки ушка; дальнейшим поворотом щипцов обточенные иглы складываются на две укрепленные по бокам станка площадки. Производительность станка доходит до 18 000 игол в час.

Термическая обработка—одна из самых ответственных операций И. п.; от правильности ее зависят равномерная твердость и упругость изделий, прямизна их, чистота наружной поверхности и т. д. Термическая обработка состоит из двух отдельных операций: закалки, и отпуска, а в случае изготовления изделий из железной проволоки производится дополнительная операция—цементация.

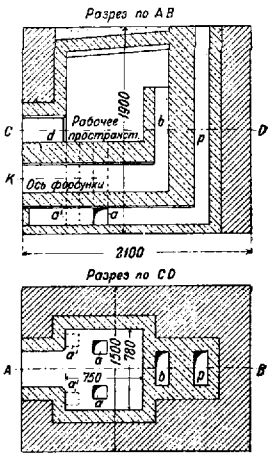
1) Закалка является следующей операцией после закругления (проточки) ушков. Нагревание изделий для закалки производится на железных листах толщиной от 4 до 6 *мм*, размером (в среднем) 300×250 *мм*, имеющих с двух сторон борты высотой от 15 до 20 *мм*. Крупные изделия, ⌀ от 1 *мм* и толще, нагреваются на открытых планках; мелкие изделия, ⌀ меньше 1 *мм*, нагреваются на планках, снабженных крышками, для предохранения мелких изделий от непосредственного действия пламени в печи и воздуха при переносе нагретых изделий из печи к закальным бакам. Процесс закалки состоит в укладке изделий на раскаленные планки равномерным слоем толщиной от 4

до 6 *мм* с присыпкой концов изделий мелким угольным порошком, в нагревании в печи в течение 6—12 мин. при 740—800°, в зависимости от содержания углерода и размера изделий, в охлаждении в масле—хлопковом, льняном или машинном. Для получения прямых и равномерно закаленных изделий они д. б. равномерно нагреты и погружаемы в охлаждающий бак в вертикальном положении (торцом); температура масла (в среднем 30÷60°) должна соответствовать размеру изделия и сорту стали; глубина бака должна быть настолько значительной (до 1 *м*), чтобы изделия, достигнув дна бака, охладились в достаточной мере. Нормальные размеры охлаждающих баков: ⌀ от 0,8 до 1 *м* и глубина 1 *м*. Баки или д. б. снабжены внутренним змеевиком для охлаждения или должны иметь наружное охлаждение проточной водой. Для вынимания закаленных изделий внутри баков устанавливают вставные железные продырявленные тарелки (корзинки).

2) О т п у с к следует непосредственно за закалкой и производится обыкновенно нагреванием в вискозине (с $t°$ вспышки 320°), в специальных печах, имеющих бак ⌀ 0,6—0,7 *м* и глубиной 0,7 *м* для нагревания масла. Иглы опускаются в бак в продырявленных сосудах, нагреваются в течение 10—12 мин. при температуре 180—280°, в зависимости от степени закалки, затем сушатся в сухих древесных опилках и медленно охлаждаются в закрытых деревянных ящиках в течение 6—8 часов.

3) Ц е м е н т а ц и я производится в чугунных или стальных ящиках, размерами в среднем 0,3×0,3×0,6 *м* и вместимостью до 90 *кг* изделий в готовом виде. Ряды игол укладывают вручную слоями толщиной в 15—20 *мм* и засыпают между рядами и поверх их цементирующим материалом, состоящим из смеси мелко размолотого древесного угля и рогового вещества (*от 7 до 10%*); рабочий штыкует каждый слой особой лопаткой, для лучшего перемешивания изделий с цементирующим материалом. По наполнении ящик закрывают крышкой, обмазывают глиной и ставят в печь. Нагревание ящиков (одновременно до 10 шт.) производится в специальных печах при 850—900°, в продолжение 12—14 час. После цементации перед закалкой производят вторую, дополнительную горячую рихтовку игол.

П е ч и д л я т е р м и ч е с к о й о б р а б о т к и должны допускать регулировку подачи топлива и притока воздуха. Коэфф. избытка воздуха не должен превышать 1,2—1,3, и сгорание топлива должно происходить, немного не доходя до полного сгорания (коптящее пламя). В правильно сконструированной печи кусок древесного угля, брошенный в топку или в рабочее пространство, пробыв продолжительное время раскаленным, не должен уменьшаться в весе. Дрова, в особенности сырые, для топки не пригодны, т. к. они имеют гигроскопическую и химически связанную воду, к-рая действует крайне вредно на раскаленные изделия, давая окислы; последние оставляют на поверхности изделий язвины, иногда настолько глубокие, что в дальнейшем их нельзя удалить самой энергичной шлифовкой в катальных машинах. На фиг. 9 изображена наиболее совершенная по конструкции из существующих в СССР нефтяная закалочная печь. Горячие газы из топочного пространства *k* по вертикальному каналу *b* поступают в рабочее пространство, откуда по двум вертикальным каналам *a* спускаются вниз в горизонтальный боров, а затем по вертикальному дымоходу *p* направляются в дымовую трубу. Печь рассчитана на одновременное нагревание (для закалки) двух планок; последние загружают в рабочее пространство через отверстие *d* и устанавливают для нагревания на железные колосники квадратного сечения (50×50 *мм*), поставленные на ребро и лежащие на подкладках из огнеупорного кирпича. Планки устанавливают в печи с таким расчетом, чтобы середина их приходилась над каналами *a*, чем достигается равномерное нагревание планок. Печь для нагревания стержней для рихтовки отличается от описанной выше только расположением вертикальных каналов *a*, которые переносятся вперед в положение, обозначенное на фиг. 9 буквой *a'*. Такое расположение каналов дает возможность почти полностью использовать площадь пода рабочего пространства, не препятствует рабочему перекатывать рихтовальные кольца по поду во время загрузки и выгрузки печи и образует огневую завесу, не дающую наружному воздуху возможности проникнуть в рабочее пространство при открытой загрузочной дверке. Данные о печах для термич. обработки сведены в табл. 2.



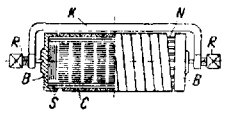
Фиг. 9.

Табл. 2.—Характеристики печей для термической обработки.

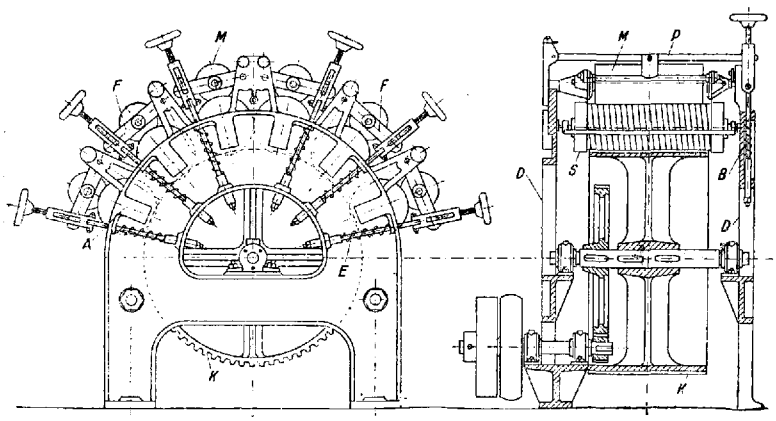
Характеристики	Название печей	
	закалочная	рихтовальная
Коэфф. избытка воздуха . .	1,3	1,3
Давление воздуха у форсунки в *мм* вод. ст. . . .	300—350	300—350
Разрежение в дымовой трубе в *мм* вод. ст.	3—4	3—4
Расход нефти в час в *кг* . .	6,5	7,2
Содержание CO в отходящих газах в %	2	2,5
Часовая производительность печи в *кг* (изделий)	25—30	30—35

О т д е л о ч н ы е о п е р а ц и и. После закалки и отпуска иглы сортируют, для чего их предварительно насыпают на совок (деревянный ящик с бортами, обитыми листовым цинком) и трясут вручную в горизон-

тальном направлении вперед и назад до тех пор, пока иголки не расположатся взаимно параллельно. После сортировки (фиг. 10) иголки, в количестве до 18 *кг*, укладывают параллельными рядами в 8 — 10 слоев на сложенном в несколько раз плотном холсте *S* вперемежку с шлифовальной мастикой, состоящей из смеси наждака №№ 40, 48 и 60 и ядрового мыла, с примесью масла (наждака в мастику кладут 30% и мыла—70%). Затем холст сворачивают вместе с иголками и мастикой в рулоны (паки) и обертывают сверху в холщевую оболочку, в к-рую простеганы стальные (содержание С до 0,9%) стержни *N*; назначение их—создать плотный корсет вокруг рулона для предохранения игол от изламывания. Сверху корсета рулон плотно обертывают сыромятным ремнем *C*, а с боков надевают чугунные крышки *B*, стягиваемые скобкой *K*; последняя имеет на концах нажимные болты с квадратными головками *R*, входящими в гнезда *A* катальной машины (фиг. 11). Роторная катальная машина для шлифования игол фирмы Aachener Maschinenbau G. m. b. H. состоит из двух станин *D*, между к-рыми вращается со скоростью 25 об/м. рифленый по наружной поверхности чугунный барабан *K*. К барабану прижимаются шесть рулонов *S* посредством шести чугунных катков *M*, к-рые в свою очередь нажимаются через рычаги *F* и *P* пружинами *E*. При вращении барабана *K*, рулоны вращаются, при чем возникает взаимное трение между иглами и мастикой, и иглы



Фиг. 10.



Фиг. 11.

шлифуются. Процесс полирования (катания) длится 12—16 час. и повторяется 3—4 раза, при чем после каждого раза рулоны вскрывают, иглы промывают в горячей мыльной воде, снова трясут, укладывают с мастикой в рулоны, и т. д. Последний тур (так наз. политурный) делается на мастике, состоящей из крокуса с гарным маслом. После последнего тура иголки окончательно промывают в барабане с керосином и сушат в сухих опилках. В И. п. следует употреблять для просушки игол только березовые, осиновые и пальмовые опилки; опилки же от смолистых пород дерева портят качество изделий, а ольховые придают иглам красный цвет. Шлифование игол в катальных машинах связано с большим расходом вспомогательных материалов: в среднем на шлифовку одного рулона (17—18 *кг* игол) расходуется 1,63 *кг* мыла ядрового, 1,98 *кг* наждака №№ 40, 48 и 60, 2,21 *м* холста (шириной 0,71 *м*), 0,64 *м* ремня сыромятного, 0,24 *кг* масла растительного (или гарного), 0,066 *кг* крокуса, 0,272 *кг* керосина и 6,6 *кг* опилок. После полировки производятся следующие операции. Стряска—производится тем же способом, что и стряска после закалки перед укладкой игол в рулоны для катальных машин. Сортовка по ушкам (ручная операция) имеет целью расположить иглы ушками в одну сторону; для этого укладывают иглы перпендикулярно ребру стола, на краю его, затем посредством линейки осторожно передвигают их к ребру стола; при этом иглы, обращенные ушками вперед, падают в устроенный снизу ящик, а прочие остаются на столе. Выборка игол кривых и без ушков—производится вручную, путем прокатывания игол по гладкой поверхности. Выборка тупых игол—производится вручную путем выкалывания. Полировка окончательная—производится на специальных полировочных станках, к-рые по схеме действия сходны со станком для заточки концов игол, но вместо наждачного камня снабжены полировочным диском (напоминающим по форме гиперболоид вращения), изготовленным из деревянной шайбы, обтянутой по слою ваты замшей; последнюю оклеивают наждачной пылью. Сортовка по длине—производится вручную; иглы укладывают в особые железные рамки (рогачи), и к концам игол с обеих сторон прижимают две деревянные дощечки, движением к-рых вверх и вниз продвигают более длинные иглы в верхние слои. Для сортировки по длине существуют также специальные сортировочные машинки, состоящие из диска с мелкими желобками. Этот диск, вращаясь, подает лежащие в желобках иглы к восьми сбрасывателям различной длины, так что сначала сбрасываются более длинные иглы, а затем уже—более короткие. Счет игол и упаковка их в бумажки и в пачки производятся вручную, обыкновенно по 25 штук, в черную бумагу (глянцевая бумага, окрашенная индиго в черный цвет). Отсчет производится специально изготовленными на каждый сорт игол железными скобками, между губками которых помещается точно 25 игол. Затем 40 бумажек с наклеенными на них этикетками упаковываются в цветную альбуминную бумагу, в пачки.

Сорта и размеры ручных игол, а также и примерная годовая потребность в них в СССР приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Сорта и размеры игол и годовая потребность в них в СССР.

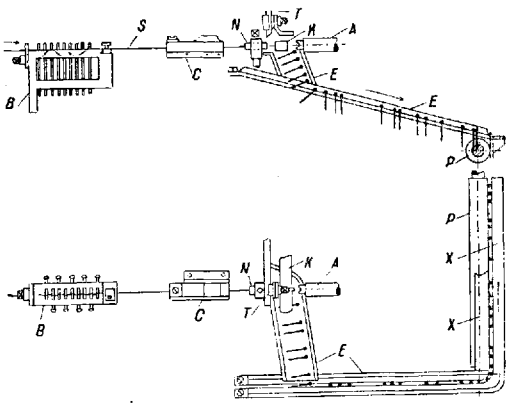
Название и этикетка	№ игол	⌀ игол в мм	Длина игол в мм	Год. потребн. в иглах в СССР в тыс.
Шарпс (Sharps), длинная; этикетка: Крест, Гаэль, Зеленая роза, Дама	3/0	1,20	53	4 000
	2/0	1,15	51	7 000
	0	1,10	49	4 500
	1	0,95	47	28 500
	2	0,90	45	20 000
	3	0,80	43	12 000
	4	0,75	41	17 000
	5	0,70	39	20 000
	6	0,65	37	20 000
	7	0,65	35	20 000
	8	0,60	33	20 000
	9	0,60	31	20 000
	10	0,55	29	20 000
Итого . .	—	—	—	213 000
Блюнтс (Blunts), короткая; этикетка: Белая медаль, Черный крест, Спрингстиль, Черная медаль, Зеленая роза, Дама	3/0	1,2	43	75 000
	2/0	1,15	41	48 000
	0	1,10	39	24 000
	1	1,00	37	15 000
	2	0,95	35	10 000
	3	0,90	33	7 000
	4	0,80	31	3 000
	5	0,75	29	3 000
	6	0,70	27	1 000
Итого . .	—	—	—	186 000
Бетвенс (Betwens), полукороткая; синяя этикетка	2/0	1,15	46	1 600
	0	1,10	44	2 200
	1	1,00	42	2 200
	2	0,95	40	1 000
	3	0,90	38	600
	4	0,85	36	600
	5	0,75	34	1 200
	6	0,70	32	2 800
Итого . .	—	—	—	12 200
Фалборная	3/0	1,7	80	8 800
	2/0	1,6	78	11 700
	0	1,5	75	13 800
Итого . .	—	—	—	34 300

Название и этикетка	№ игол	⌀ игол в мм	Длина игол в мм	Год. потребн. в иглах в СССР в тыс.
Безымянка	S	1,20	52,5	36 000
	1	1,15	49,5	22 000
	2	1,10	46,5	8 200
	3	1,00	44	4 300
Итого . .	—	—	—	70 500
Гофманская (Рединг)	3/0	1,6	54	3 000
	2/0	1,5	52,5	1 800
	0	1,4	51	1 200
Итого . .	—	—	—	6 000
Трехгранная большая	5/0	2,00	89	3 000
	4/0	1,80	85	2 100
Итого . .	—	—	—	5 100
Граненая швейная	S	1,20	52,5	1 200
	1	1,15	49,5	700
	2	1,10	46,5	800
	3	1,00	44,0	500
Итого . .	—	—	—	3 200
Шорная	2/0	1,20	72	2 000
	0	1,15	66	1 500
	1	1,10	64	1 500
	2	0,95	59	1 500
	3	0,90	56	1 000
Итого . .	—	—	—	7 500
Мешечная	10/С	2,60	100	1 000
	12/С	2,60	120	1 000
	14/С	3,00	140	800
	14/С	3,50	160	800
	18/С	3,50	180	600
	20/С	3,70	200	600
Итого . .	—	—	—	4 800

II. Изготовление игол для швейных машин. Отличия от производства ручных швейных игол состоят: в изготовлении утонченной части при помощи автоматических токарных станков или на специальных вытяжных машинах (последние выгоднее, так как отсутствуют отходы проволоки); в фрезировке желобка на специальных фрезерных станках посредством тонких дисковых фрезеров; в прочистке ушка на специальных машинах путем протаскивания через ушки игол шероховатой стальной проволоки; в шлифовке игол на шайбах, обитых металлической щеткой (кардолентой), и в полировке вручную на замшевых дисках, оклеенных наждачной пылью.

III. Производство булавок. Раньше производство булавок выполнялось вручную; изготовлялись сначала стержни (резка и заточка конца), затем головки (навивка спирали с разрезкой на колечки по два оборота), после чего головки закреплялись на незаостренных концах стержней ударом бабки небольшого приводного молотка, верхний и нижний штампы которого (площадью не более 10 $мм^2$) снабжались полушаровыми выемками. В настоящее время булавки производятся на машинах, устроенных по типу гвоздильных, только более сложных. Головка составляет одно целое со стержнем булавки, как шляпка и стержень гвоздя, но образуется она не в один такт, а в три, при чем на этой же машине затачивается и конец булавки. На фиг. 12 изображена схема наиболее распространенного булавочного автомата фирмы Бюндгенс, работающего по следующему принципу. Проволока S, щипцами C, протаскивается через выпрямитель B и подводится к ножу T, к-рый отрубает стержни определен. длины; патрончик N служит для поддержания проволоки во время отрубания стержней. Затем отрубленный стержень захватывается зажимной матрицей K, и штампом A отштамповывается головка в матрице K; после этого стержни булавок, скользя по наклонным транспортерам E, подводятся к длинному, небольшого диаметра, слегка коническому наждачному камню

P, делающему до 3 000 об/м.; происходит заточка конца булавок, после чего они падают в установленный внизу ящик. Заточка конца происходит в вертикальном положении, при чем булавка своей головкой висит между двух планок X. Производительность автомата — до 7 000 готовых булавок в час. После автомата булавки очищаются



Фиг. 12.

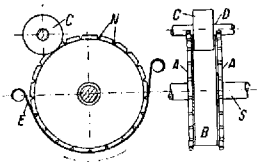
вращением их в деревянных барабанах вместе с опилками и затем, после сортировки (отборки брака), упаковываются в бумажные коробки, по 25—500 $г$. Нумерация машинных булавок следует Аахенской шкале: самые крупные, № 3/0, имеют длину 50 $мм$; самые мелкие, № 12,—10 $мм$. Булавка д. б. упругой, мало податливой при сгибании, но не ломкой. Материалом для булавок служат: стальная проволока, воспринимающая нек-рую закалку, железная жесткая проволока, получающая твердость путем многократных протяжек без отжига, и упругая проволока из сплавов меди с оловом или алюминием (т. н. композиции). Булавку из композиции покрывают серебром, осаждаемым из раствора химическим, а не гальваническим путем. Железные булавки также покрывают химич. путем оловом и серебром; последнее, однако, садится не очень прочно; более в ходу простая светлая железная булавка, ничем не покрытая. Стальную булавку вообще ничем не покрывают. Булавки со стеклянными головками изготовляются следующим образом: стержни, обыкновенно из железной проволоки, нарезают, цементируют и заостряют на вращающемся насеченном стальном диске (⌀ до 150 $мм$), делающем до 1 200 об/м. К цементированным стержням стеклянная головка пристает лучше, чем к стержням из стальной проволоки. Стеклянная головка изготовляется так: стеклянные стержни ⌀ до 6 $мм$ нагревают с одного конца на паяльном пламени, затем стержнем булавки снимают необходимое для головки количество стекла и умелым поворачиванием стержня превращают стеклянную массу в шарообразную головку. Для булавок со стеклянными головками используют также брак ручных швейных игол, гл. образом иглы с испорченными ушками.

IV. Производство английских булавок. Торговые номера английских булавок имеют следующую спецификацию:

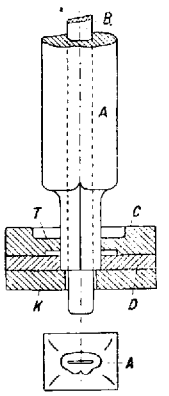
Табл. 4. — Спецификация английских булавок.

№№ булавок	⌀ проволоки в $мм$	Длина булавки в $мм$	Ширина головки в $мм$	Толщ. материала головки в $мм$
0	0,80	29	5,5	0,20
1	0,90	34	6	0,20
2	1,09	40	7	0,25
3	1,10	47	8	0,25
4	1,20	62	9	0,30

Стержни булавок изготовляются из стальной пружинной проволоки с содержанием углерода от 0,9 до 1,0% и врем. сопротивл. на разрыв 140—160 $кг/мм^2$. Материалом для головок служит стальная или латунная лента, шириной от 14 до 20 $мм$. При массовом производстве булавки выделываются на специальных автоматах, при чем в комплект входят три автомата. Первый автомат предназначается для резки проволок и заточки конца; автомат фирмы Бюндгенс обладает производительностью до 115 стержней в минуту, может резать проволоку ⌀ от 0,5 до 1,5 $мм$ на стержни длиной от 30 до 200 $мм$ и расходует от 0,75 до 1,2 Нр. При работе автомата проволока сначала поступает в выпрямитель, затем захватывается и подводится под нож прижимными пластинками, к-рые приводятся в движение через горизонтальный рычаг эксцентриком, насаженным на вал станка. Затем отрезанные стержни (фиг. 13) ложатся в вырезы N двух вращающихся дисков A-A, которые, вращаясь на валу S, подводят концы стержней для заточки к двум вращающимся и расположенным снизу наждачным камням. Вращение стержней вокруг их оси (во время заточки) достигается путем прижима их туго натянутой стальной лентой E к диску B, который свободно насажен на вал S между дисками A-A и вращается нажимным роликом C, сидящим на валу D. Вторая операция—изготовление головки, производится на штамповальных станках с автоматической подачей ленты. Фирма Бюндгенс выпускает такие станки с производительностью до 80 шт. головок в минуту и расходом мощности до 0,35 Нр. Эти станки снабжены верхним горизонтальным валом, имеющим два эксцентрика, которые приводят в переменно-возвратное движение два пуансона (фиг. 14): первый—стальной закаленный фасонный пуансон A, второй—закаленный (прямоугольного сечения) стержень B, двигающийся в вертикальной щели, имеющейся по всей длине пуансона A. Рабочая часть пуансона имеет сечение за-



Фиг. 13.



Фиг. 14.

готовки головки; сечение стержня B по ширине и толщине соответствует внутренней ширине и толщине головки. При движении вниз пуансон A, проходя через направляющую пластинку C, вырезает заготовку для головок из стальной ленты, которая движется горизонтально в прорезе T, имеющемся снизу у пластинки C. Матрица D имеет вырез, точно соответствующий по контуру сечению рабочей части пуансона A. Затем начинает двигаться стержень B и протаскивает заготовку через щель в матрице K, при чем заготовка получает окончательную форму головки. Для сборки булавки (соединение стержней с головками и завивка кольца пружины) фирма Бюндгенс изготовляет автоматы с производительностью до 55 штук готовых булавок в минуту, расходующие до 0,25 Нр. Такой автомат состоит из магазина, в к-рый закладываются нарезанные и заточенные стержни, и червяков, к-рые, вращаясь, сначала подводят стержни к двум вращающимся штифтам, отгибающим незаточенные концы стержней на 3—5 *мм*, а затем—к вертикально расположенному, подводящему готовые головки транспортеру. Головки попадают в транспортер из второго магазина (кожуха) путем подачи их вращающимся валиком, на к-ром радиально укреплены стерженьки с крючками, зацепляющими за головки в магазине. Готовые головки транспортером подаются к стержням и движением последних вперед надеваются на отогнутый конец стержня. Укрепление головки на стержне достигается автоматически посредством сдавливания задней или передней стенок головки. После того теми же червяками стержни с укрепленными на них головками подводятся к периодически вращающемуся вертикальному штифту, производящему завивку стержня для образования пружины булавки. Затем булавка автоматически застегивается и падает вниз. Следующие операции—о т д е л о ч н ы е: булавки чистят во вращающихся деревянных барабанах с опилками, после чего производят никелировку или лакировку. Булавки укупориваются в коробочки по 12 шт., а затем в пачки по 1 гроссу.

V. Охрана труда. И. п. является по своему характеру вредным для здоровья рабочих. До 20% расходуемой проволоки стачивается при заострении концов игол, при заточке ушков и полировке, и до 60% наждачных камней обращается в пыль, что при наличии сухой точки вредно отражается на здоровьи рабочих—нередки случаи заболевания туберкулезом. Необходимо, чтобы все концеточильные, ушкоточильные и полировочные станки обязательно снабжались эксгаустерами. Мокрая точка в И. п. неприменима, т. к. вызывает ржавление игол. Работа на пробивочных машинах и сортировочные операции при выборке брака требуют большого напряжения зрения, вызывая нередко заболевания глаза (утомление глаз, воспаление зрительного нерва). Нередки в работе уколы и порезы. Однообразие и утомительность работы (по ряду операций в работе участвуют только глаза и пальцы) вредно отражаются на нервной системе рабочих; необходимо отметить рациональность внесения разнообразия в деятельность рабочих путем поручения одному рабочему различных операций.

Лит.: «Вестник металлопромышленности», Москва, 1925, *1—4*. **Н. Богданов.**

ИДЕАЛЬНАЯ МАШИНА. И. м. с динамической точки зрения называется такая воображаемая машина, полезная работа к-рой равна работе двигателя, приводящего машину в движение, т. е. такая машина, которая полностью возвращает всю работу, затраченную на приведение машины в движение.

Если в И. м. движущая сила F и сила R, преодолевающая полезное сопротивление, постоянны по величине, то эти силы обратно пропорциональны путям s и r, пройденным по направлению их действия точками приложения их. Это часто формулируется еще и след. обр.: «то, что в И. м. выигрывается в силе, теряется в пути или (поскольку речь идет об одном и том же промежутке времени) в скорости». Для реальной же машины при тех же условиях

$$Fs > Rr, \qquad (1)$$

т. е. «то, что в реальной машине выигрывается в пути (или в скорости), меньше того, что проигрывается в силе, и то, что выигрывается в силе, меньше того, что проигрывается в пути или в скорости». Следовательно, с динамич. точки зрения, реальная машина будет тем совершеннее, чем ближе она будет подходить к соответствующей ей по схеме И. м., т. е., чем меньше величина работы L_r, затрачиваемой на преодоление вредных сопротивлений, и чем больше кпд $\eta = \frac{L_m}{L_s}$ приближается к единице ($L_m = Rr$—полезная работа машины и $L_s = Fs$—работа двигателя). Отношения

$$k_{ид.} = \frac{F_{ид.}}{R} \text{ и } k = \frac{F}{R} \qquad (2)$$

называются коэффициентами преобразования сил, отношение

$$l = \frac{s}{r} \qquad (3)$$

коэффициентом преобразования перемещений. Для случая И. м. имеем из (1), (2) и (3):

$$k_{ид.} = \frac{F_{ид.}}{R} = \frac{r}{s} = \frac{1}{l}, \text{ или } k_{ид.} \cdot l = 1, \qquad (4)$$

а для случая реальной машины

$$k = \frac{F}{R}; \; kl = \frac{Fs}{Rr} = \frac{L_s}{L_m} = \frac{1}{\eta}. \qquad (5)$$

Из всех реальных машин к И. м. наиболее близки так наз. простейшие машины—блок, клин, наклонная плоскость, рычаг, что объясняется тем, что у элементарных машин имеется минимальное количество вредных сопротивлений. Так, кпд рычага может достичь значения, весьма близкого к единице, а именно 0,998; кпд блока ≅ 0,97. По мере усложнения машины увеличиваются и вредные сопротивления, что влечет за собой понижение величины η; для клинового пресса, например, $\eta = 0{,}67$.

В термодинамике И. м. называется машина, работающая строго по циклу Карно (см. *Термодинамика*), при работе к-рой совершаются лишь следующие обратимые процессы: 1) изотермич. расширение рабочего тела при темп-ре t_1 с соответствующим снабжением

теплом извне; 2) адиабатич. расширение его до температуры t_2; 3) изотермич. сжатие его при темп-ре t_2; 4) адиабатич. сжатие его от темп-ры t_2 до первоначальной t_1. Если Q_1—количество тепла, полученного телом во время первого процесса, Q_2—количество тепла, отданного телом во время третьего процесса, L—механич. работа, совершенная машиной во время полного цикла, A—термич. эквивалент работы, то

$$Q_1 = AL + Q_2, \text{ или } AL = Q_1 - Q_2. \quad (6)$$

При круговом процессе Карно, обозначая высшую и низшую абсолютные температуры всего цикла через T_1 и T_2, имеем:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}. \quad (7)$$

Термическим кпд η_t И. м. называется отношение количества тепла AL, обращенного в работу, к количеству Q_1 тепла, сообщенного И. м.; на основании ур-ий (6) и (7)

$$\eta_t = \frac{AL}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{t_1 - t_2}{T_1}. \quad (8)$$

Т. о., кпд идеальной термич. машины равен разности крайних темп-р, между которыми машина работает, деленной на абсолютную темп-ру источника тепла высшей темп-ры. Из ф-лы (8) следует: 1) кпд идеальной термич. машины зависит исключительно от тех крайних темп-р, среди к-рых машина работает, и не зависит от характера рабочего тела; 2) η_t тем выше, чем выше t_1 и чем ниже t_2; 3) η_t мог бы стать равным единице лишь при $T_2=0$, т. е., если бы охладитель имел температуру абсолютного нуля, что считается недостижимым.

Эти выводы имеют место не только для цикла Карно, но и для любого замкнутого обратимого цикла, который м. б. представлен в виде совокупности бесконечного множества элементарных циклов Карно. Если dQ_1 и dQ_2 (соответственно)—количества тепла, к-рые нужно сообщить и отнять в элементарном цикле, происходящем между двумя бесконечно близкими адиабатами, то

$$\frac{dQ_1}{dQ_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

или

$$\frac{dQ_1}{T_1} - \frac{dQ_2}{T_2} = 0. \quad (9)$$

Распространяя это выражение по всему замкнутому циклу и рассматривая dQ_i как величины алгебраические, находим, что

$$\int \frac{dQ}{T} = 0. \quad (10)$$

Интеграл левой части ур-ия (10) носит название интеграла Клаузиуса. Т. о., для всякой идеальной термической машины, работающей при наличии замкнутого обратимого цикла, интеграл Клаузиуса равен нулю. Замкнутый обратимый процесс характеризуется еще тем, что сумма энтропий (см. *Термодинамика*) всех тел, участвующих в процессе, остается постоянной. Во всякой же реальной термич. машине происходят и необратимые процессы, напр.: непосредственное сообщение теплоты одним телом другому, более холодному; непосредственное превращение работы в теплоту трением отдельных частей и т. п. Благодаря этому для реальной машины имеет место неравенство:

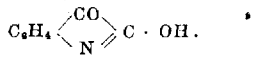
$$\int \frac{dQ}{T} < 0, \quad (11)$$

и энтропия всей системы к концу процесса больше, чем в начале.

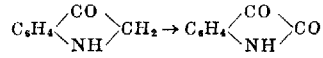
С конструктивной точки зрения И. м. называют иногда машину из неизменяемого материала, обладающего лишь свойствами протяженности и инерции (обусловленной массою тела). Важнейшие отличия всякой реальной машины от идеальной с конструктивной точки зрения заключаются в следующем: 1) всякая реальная машина построена из материалов деформирующихся, т. е. изменяющих свою форму под действием сил; 2) сконструированные части реальной машины могут лишь в известном приближении соответствовать частям И. м., работающей по той же схеме; 3) трущиеся части реальной машины изменяют свою форму благодаря стиранию поверхностных слоев их; 4) детали и части реальной машины изменяют свою форму в зависимости от температурных условий, что не имело бы места в И. м. Вообще И. м. часто называют такую воображаемую машину, у которой отсутствуют какие-либо из динамич. или кинематич. факторов, имеющихся в наличии у реальной машины; говорят, напр., об идеальном ветряке, если он работает без потерь и развивает при данном диаметре максимум работы, при чем воздух при прохождении через площадь, ометаемую колесом, не приобретает вращательного движения.

Лит.: Арнольд В., Основы учения о машинах, Л., 1925; Сидоров А., Основные принципы проектирования и конструирования машин, М., 1929; Брандт А., Основания термодинамики, ч. 1, М.—Л., 1923; Stodola A., Dampf- und Gas-Turbinen, 6 Aufl., B., 1924. **М. Серебренников.**

ИЗАТИН, лактам *о*-аминоглиоксиловой кислоты, кристаллизующийся в красных призмах с $t°_{пл.}$ 200°. И. мало растворим в холодной воде, хорошо растворяется в горячей воде и в кипящем бензоле. В щелочах изатин дает раствор темнофиолетового цвета, который при нагревании переходит в светложелтый, вследствие образования *о*-аминоглиоксиловой (изатиновой) к-ты. И. отличается чрезвычайной реакционной способностью и особенно легко конденсируется по месту своей карбонильной β-группы с ароматическими углеводородами, фенолами и четвертичными основаниями. Известна также другая таутомерная форма изатина:



Существует несколько способов получения И.; из индоксила его получают окислением (перманганатом или перекисью марганца в присутствии натронной щелочи):



Технически И. готовят из α-изатинанилида по методу Зандмейера (см. *Индиго*).

Из производных И. имеют значение: изатинхлорид $C_6H_4\langle^{CO}_{N}\rangle C \cdot Cl$, коричневые листочки с $t°_{пл.}$ 180°, растворяющиеся в ацетоне и в горячем бензоле; получается при действии пятихлористого фосфора на И.;

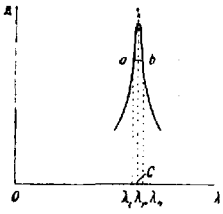
α-изатинанилид $C_6H_4\langle^{CO}_{NH}\rangle C:N\cdot C_6H_5$,

а также β-изатинанилид $C_6H_4\langle^{N\cdot C_6H_5}_{NH}\rangle CO$.

И. и его производные применяются при приготовлении индигоидных красителей.

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ, или селективность, способность приемной радиоустановки при настройке ее контуров на принимаемую станцию выделять сигналы этой станции от сигналов всех других одновременно работающих станций, или, точнее, выделять частоту принимаемой станции от частоты всех других станций. Чем больше И. приемника, тем меньше вероятность всякого рода помех приему со стороны других станций и атмосферных разрядов.

Первый приемник, предназначенный для настроенной радиотелеграфии, был предложен О. Лоджем в 1897 г. (Ан. П. 11575, 1897 г.), а первые успешные опыты применения избирательного радиоприемника в практике радиосвязи были сделаны Маркони в 1898 году. И. современных радиоприемников достигается путем применения одного или нескольких настроенных колебательных контуров, связанных различными способами между собой. И. всякого радиоприемника обычно характеризуется некоторой кривой (кривая резонанса, или избирательная кривая), имеющей в качестве абсцисс длину волн, а в качестве ординат—силу приема или какую-нибудь величину, ей пропорциональную (E, I или E^2, I^2). В соответствии с общим определением за И. S принимают отношение отрезка OC к отрезку ab (фиг. 1), или, если вместо отрезков OC и ab подставить соответствующие им длины волн, $S=\frac{\lambda_r}{\lambda_2-\lambda_1}$. При симметричности кривой, так как $\lambda_2-\lambda_1=2(\lambda_r-\lambda_1)$,



Фиг. 1.

$$S=\frac{\lambda_r}{2(\lambda_r-\lambda_1)}=\frac{1}{2\left(\frac{\lambda_r-\lambda_1}{\lambda_r}\right)}.$$

Отношение $\frac{\lambda_r-\lambda_1}{\lambda_r}=\sigma$, называемое в радиотехнике остротой настройки, характеризует собою величину расстройки приемника до исчезновения приема или до уменьшения его на определенную величину и обычно выражается в % ($\sigma\cdot 100$).

$$S=\frac{1}{2\sigma},\quad\text{или}\quad S=\frac{1}{\sigma_1+\sigma_2},$$

где σ_1 и σ_2 определяют расстройку по обе стороны от резонансной волны. Величина И., если ее определять по приведенным выше ф-лам, зависит от силы приема при резонансе и расстройке, при чем И. будет получаться тем меньшею, чем больше слышимость при резонансе и чем меньше она при волнах расстройки. Для устранения этой неопределенности в выражение для И. необходимо ввести множитель, зависящий от отношения слышимости при резонансе к слышимости при расстройке, к-рый приводил бы значение И. к одной и той же величине при различных слышимостях.

При настройке контура в резонанс ток от сигнала в нем $I_r=E:R$, где E—напряжение сигнала в контуре, а R—его сопротивление. При расстройке контура (волна λ_1, угловая частота ω_1)

$$I_1=\frac{E}{\sqrt{R^2+\left(\omega_1 L-\frac{1}{\omega_1 C}\right)^2}}.$$

Путем преобразования находим:

$$\frac{I_r^2}{I_1^2}=1+\frac{\pi^2}{\delta^2}\left(\frac{\lambda_r^2-\lambda_1^2}{\lambda_r\lambda_1}\right)^2. \qquad (1)$$

Допуская, что $\frac{\lambda_r+\lambda_1}{\lambda_1}\cong 2$, получаем:

$$\frac{I_r^2}{I_1^2}-1\cong\frac{4\pi^2}{\delta^2}\left(\frac{\lambda_r-\lambda_1}{\lambda_r}\right)^2.$$

Окончательно

$$S=\frac{\lambda_r}{2(\lambda_r-\lambda_1)}\cong\frac{\pi}{\delta}\cdot\frac{1}{\sqrt{\frac{I_r^2}{I_1^2}-1}}.$$

И. при $I_1^2=\frac{I_r^2}{2}$, обозначаемая через $S_{\frac{1}{2}}$, равна приблизительно

$$S_{\frac{1}{2}}\frac{\pi}{\delta}=\frac{\omega_r L}{R}=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Следовательно, при $I_1^2\neq\frac{I_r^2}{2}$,

$$S_{\frac{1}{2}}\cong\frac{\omega_r L}{R}\cong\frac{\sqrt{\frac{I_r^2}{I_1^2}-1}}{\frac{2(\lambda_r-\lambda_1)}{\lambda_r}}.$$

Подставляя вместо выражения $\frac{2(\lambda_r-\lambda_1)}{\lambda_r}$ выражение $\frac{\lambda_r^2-\lambda_1^2}{\lambda_1\lambda_r}$ как математически более точное, окончательно имеем:

$$S_{\frac{1}{2}}=\frac{\omega_r L}{R}=\frac{\sqrt{\frac{I_r^2-I_1^2}{I_1^2}}}{\pm\frac{\lambda_r^2-\lambda_1^2}{\lambda_r\lambda_1}}=\frac{\sqrt{\frac{I_r^2-I_1^2}{I_1^2}}}{\pm\frac{f_1^2-f_r^2}{f_1 f_r}}=\frac{\sqrt{\frac{I_r^2-I_1^2}{I_1^2}}}{\pm\frac{C_r-C_1}{C_r C_1}}.$$

Т. о., в этой интерпретации, предполагающей отсутствие искажений в кривой резонанса, И. зависит только от данных контура.

В большинстве случаев практики И. желательно определять при помощи токов, циркулирующих при сигналах в телефонах. При квадратич. законе изменения телефонных токов от напряжения сигнала, действующего на детектор (ламповый или кристаллич.),

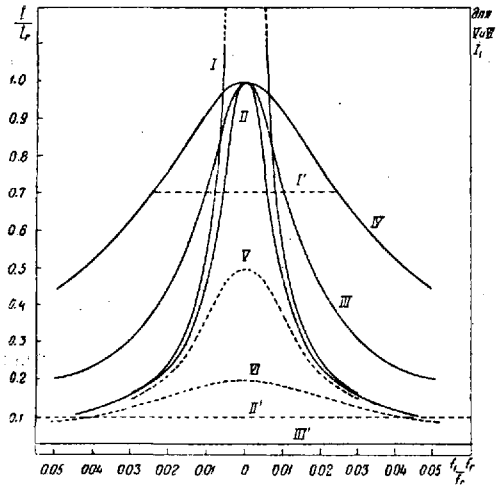
$$S_{\frac{1}{2}}=\frac{\sqrt{\frac{I_{tr}-I_t}{I_t}}}{\pm\frac{f_1^2-f_r^2}{f_1 f_r}},$$

где I_{tr}—ток через телефон при резонансе и I_t—ток при расстройке. Если зависимость между напряжением и током в детекторе не квадратична, то сначала необходимо найти закон этой зависимости; если $I_t=E^x$, то

$$S_{\frac{1}{2}}=\frac{\sqrt{\frac{I_{tr}^{\frac{2}{x}}-I_t^{\frac{2}{x}}}{I_t^{\frac{2}{x}}}}}{\pm\frac{f_1^2-f_r^2}{f_1 f_r}}.$$

На фиг. 2 даны кривые резонанса (зависимость $\frac{I}{I_r}$ от $\frac{f_1-f_r}{f_r}$) при различных величинах

$\frac{\omega L}{R}$; кривая I относится к тому случаю, когда $R=0$, кривая II—когда $R=0{,}01\omega L$ ($\delta=0{,}0314$), III—когда $R=0{,}02\omega L$ ($\delta=0{,}0628$) и IV—когда $R=0{,}05\omega L$ ($\delta=0{,}157$). Пунктирные кривые V и VI показывают ход кривых III и IV соответственно при ординатах, пропорциональных I. Нетрудно определить, что кривая I имеет избирательность $S=\infty$, кривая II—100, III—50 и IV—20. Из рассмотрения кривых V и VI видно, что с уменьшением R растет также и I_r, следовательно, увеличивается приемная чувствительность контура. Т. о., вместе с увеличением И., если оно достигается путем уменьшения потерь в контуре, увеличивается и чувствительность приема. На фиг. 2, а также и на всех последующих избирательных

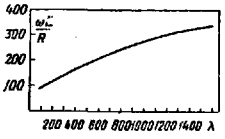


Фиг. 2.

характеристиках, пунктирная линия I', соответствующая определенному $\frac{I}{I_r}$, пересекая кривые, показывает на оси абсцисс отношения $\frac{f_1-f_r}{f_r}$, для которых можно считать, что все слагаемые частоты сигнала принимаются одинаково. Линия II' определяет $\frac{f_1-f_r}{f_r}$, в пределах которых сила мешающих сигналов не должна превышать $0{,}1I$—силы принимаемых сигналов, для того чтобы посторонние сигналы не мешали приему; при этих условиях посторонние сигналы прослушиваются лишь в паузах между сигналами принимаемой станции. Наконец, сплошная линия III' дает значения $\frac{f_1-f_r}{f_r}$, в пределах к-рых посторонние сигналы, меньшие $0{,}033I$, вовсе не будут прослушиваться.

И. контура уменьшается с увеличением частоты, при чем, если увеличение частоты достигается уменьшением L, то, так как L пропорц. $\frac{1}{f^2}$, $S_{\frac{1}{2}}=\frac{\omega L}{R}$ пропорц. $\frac{1}{Rf}$. При постоянной L, но изменяющейся C, И. с увеличением f также уменьшается от увеличения с частотой сопротивления контура R; приближенно для однослойной катушки можно считать, что R пропорц. f^2. На фиг. 3 показана кривая отношения $\frac{\omega L}{R}$ в типичном контуре с хорошей катушкой в зависимости от длины волны; уменьшение $\frac{\omega L}{R}$ с уменьшением длины волны происходит исключительно из-за увеличения R, т. к. ωL пропорц. f.

При работе контура на кристаллич. детектор И. его значительно понижается дополнительным сопротивлением, вносимым в контур детектором. Для оптимального действия детектора, когда R контура равно R, вносимому в контур детектором, $S_{\frac{1}{2}}=\frac{\pi}{2\delta_\Delta}$, где δ_Δ —



Фиг. 3.

декремент, обусловливаемый сопротивлением детектора. Лампа своим сопротивлением между сеткой и нитью, включенным параллельно самоиндукции контура, также вносит в контур сопротивление, равное, если его пересчитать на последовательное включение в контуре,

$$R_1=\frac{R_g}{1+R_g^2C^2\omega^2},$$

где R_g—сопротивление сетка-нить, C—емкость конденсатора контура и $\omega=2\pi f$. Для больших R_g имеем:

$$R_1\cong\frac{1}{R_gC^2\omega^2}.$$

Следовательно, лампа, присоединенная к контуру, несколько ухудшает И. последнего; напр., при $R_g=100\,000\ \Omega$, $C=230$ *см*, $f=10^6$ пер/ск., $R_1=4\ \Omega$. Для контура с $S_{\frac{1}{2}}=\frac{\omega L}{R}=100$ присоединение такой лампы уменьшает И. до $S_{\frac{1}{2}}=\frac{\omega L}{R+R_1}=61$.

В приемниках с обратной связью, благодаря нейтрализации сопротивления контура (регенерация) обратной связью, И. может быть сильно увеличена. Для этого случая И. приближенно определяется выражением:

$$S_{\frac{1}{2}}\cong\frac{\omega L}{R-\frac{gM}{CR_a}};$$

здесь g—постоянная усиления лампы, C—емкость контура, R_a—сопротивление анодной цепи лампы, M—коэфф. взаимной индукции катушки обратной связи. Т. к. при обратной связи обычно очень трудно точно оценить весьма малые изменения частоты при небольших расстройках, то применяют следующий метод. Сначала определяют И. без обратной связи S_{min}. И. при максимальной обратной связи S_{max} определяется тогда из соотношения $\frac{S_{max}}{S_{min}}=\frac{R_{min}}{R_{max}}$. Т. к. сила тока в контуре обратно пропорциональна сопротивлению, то

$$\frac{R_{min}}{R_{max}}=\frac{I_{max}}{I_{min}},$$

или

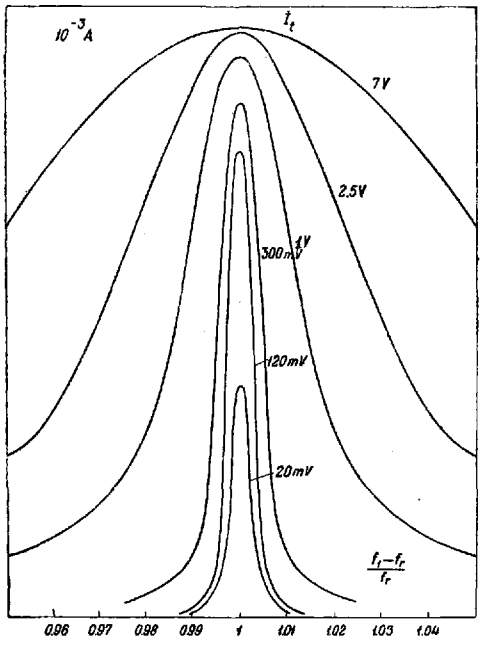
$$\frac{R_{min}}{R_{max}}=\frac{\sqrt{I_{t_{max}}}}{\sqrt{I_{t_{min}}}}.$$

Тогда

$$S_{max}=S_{min}\sqrt{\frac{I_{t_{max}}}{I_{t_{min}}}}.$$

И. при обратной связи, особенно большая при действии последней на антенный контур, все же имеет следующие недостатки. 1) Она в сильной степени зависит от силы сигнала:

высокая И. при обратной связи достигается лишь при очень слабых сигналах; с увеличением силы сигнала контур с обратной связью дает ту же И., что и без обратной связи. На фиг. 4 показаны типичные кривые



Фиг. 4.

резонанса контура с обратной связью при различных входящих напряжениях. Затупление кривых при возрастании напряжения сигнала обусловливается приближением рабочего режима к области насыщения характеристик лампы. 2) И. может быть нарушена сильным мешающим передатчиком или сильным атмосферным разрядом. Объясняется это тем, что сильное мешающее действие вызывает, благодаря нелинейности ламповых характеристик, увеличение сопротивления в контуре. При отсутствии мешающего действия кажущееся сопротивление контура

$$R_0 = R - \frac{Mg}{C} \cdot \frac{\partial i_a}{\partial e_a} .$$

При мешающем действии

$$R_0' = R_0 - \frac{1}{4} M \omega_1^2 \omega_2^2 g \frac{\partial^3 i_a}{\partial e_a^3} \cdot I_2^2 .$$

Здесь ω_1 — угловая частота принимаемой станции, ω_2 — то же мешающей станции, I_2 — ток в контуре от мешающего действия; величина $\frac{\partial^3 i_a}{\partial e_a^3}$ для нормальных характеристик ламп отрицательна, поэтому $R_0' = R_0 + \Delta R_0$, т.е. сопротивление контура увеличивается пропорционально входящей (I_2^2) энергии от мешающего действия. На фиг. 5 приведена кривая примерной зависимости обратной связи M от силы тока мешающего действия I_2 для поддержания постоянного сопротивления в контуре. Обратная связь находит использование гл. обр. в любительских приемниках. В коммерч. радиоприеме, требующем надежного действия приборов, она встречается редко. Высокая И. достигается здесь: а) путем применения нескольких контуров, слабо связанных между собой, и б) настроенными многокаскадными усилителями высокой частоты. При нескольких (n) слабо связанных (индуктивно) контурах



Фиг. 5.

$$S_{\frac{1}{2}} = \frac{\omega L}{R} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sqrt[n]{2}-1}} .$$

В табл. 1 приведена величина $\frac{1}{\sqrt{\sqrt[n]{2}-1}}$ в зависимости от n. На фиг. 6 представлена кривая резонанса $\left(\frac{I}{I_r}\right.$ в зависимости от $\left.\frac{f_1-f_r}{f_r}\right)$ при различных $\frac{\omega L}{R}$ для двух контуров, а на фиг. 7 — для трех контуров. Получающаяся при этом И. приведена в табл. 2.

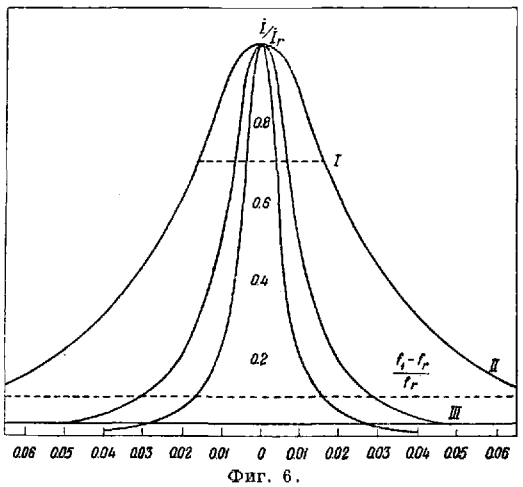
Табл. 1. — Поправочные коэффициенты для избирательности при n контурах.

n	2	3	4	5	6
$\frac{1}{\sqrt{\sqrt[n]{2}-1}}$	1,58	1,96	2,23	2,6	2,88

Табл. 2. — Избирательность $S_{\frac{1}{2}}$ при n контурах и различных $\frac{\omega L}{R}$.

$\frac{\omega L}{R}$	$n=2$	$n=3$
100	158	196
50	79	97,8
20	31,7	39,2

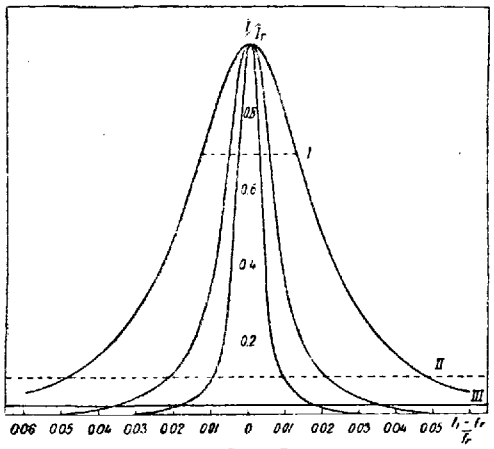
Практически больше 3 или 4 контуров применять не рационально, так как И., по мере увеличения n, сильно искажается паразитными емкостными связями. Кроме того, для



Фиг. 6.

правильного действия нескольких слабо связанных контуров их приходится тщательно экранировать с целью устранения взаимодействия контуров помимо связи.

В настроенных усилителях высокой частоты контуры связаны между собой через посредство электронной лампы. Схема пер-

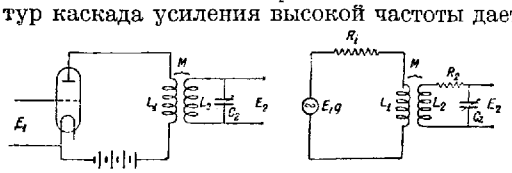


Фиг. 7.

вого каскада такого усилителя высокой частоты с контуром в цепи сетки и ее эквивалентная схема изображены на фиг. 8. В этом случае

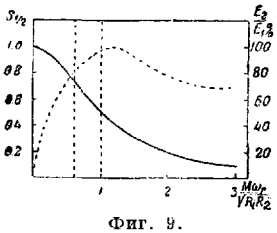
$$S_{\frac{1}{2}} = \frac{L_2\omega_r}{R_2} \cdot \frac{1}{1+\frac{M^2\omega_r^2}{R_2R_i}}.$$

На фиг. 9 показана зависимость $S_{\frac{1}{2}}$ от $\frac{M\omega_r}{\sqrt{R_2R_i}}$; пунктирная кривая показывает зависимость $\frac{E_2}{E_1[\omega_r]}$ от $\frac{M\omega_r}{\sqrt{R_2R_i}}$. Максимальное значение $\frac{E_2}{E_1}$ получается при $\frac{M\omega_r}{\sqrt{R_2R_i}} = 1$; в этом случае $S_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega_r L}{R_2}$. Т. о., один контур каскада усиления высокой частоты дает



Фиг. 8.

худшую И., чем тот же контур самостоятельно. Объясняется это тем, что в контур через связь M вносит дополнительное сопротивление анодная цепь, в которой участвует сопротивление лампы R_i. Поэтому для увеличения И. в усилителе высокой частоты



Фиг. 9.

рационально применять лампы с большим R_i. В соответствии с изложенным избирательные характеристики каскада усиления высокой частоты значительно изменяются в зависимости от способа присоединения настроенного контура. На фиг. 10 показаны избирательные характеристики (зависимость $\frac{I}{I_r}$ от $f_r - f$) для усилителей: I—с контуром, включенным непосредственно в цепь анода (в целях стабилизации в контур включено высокое сопротивление); II—то же, с нейтрализацией емкости анод-сетки; III—с трансформатором при контуре в цепи сетки с анодной нейтрализацией и IV—при лампе с экранированным анодом. Сопротивление лампы R—порядка 150 000 Ω. Так же, как и в случае самостоятельного контура, И. увеличивается с уменьшением R_2, но, в отличие от самостоятельного контура, в усилителе высокой частоты увеличение И. происходит лишь до определенного предела:

$$S = \frac{\omega_r L_2}{R_2} \cdot \frac{1}{1+\frac{M^2\omega}{R_2 \cdot R_i}} = \frac{\omega_r L_2}{R_2+\frac{M^2\omega_r^2}{R_i}};$$

при $R_2=0$ предельное значение

$$S = \frac{L_2 R_i}{M^2\omega_r}.$$

Для больших усилений обычно берут несколько каскадов высокой частоты. В этом случае, по предыдущему,

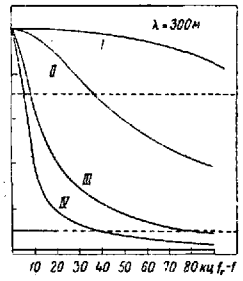
$$S_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\frac{\omega^2-\omega_r^2}{\omega_r\omega}} = \frac{\omega_r L}{R} \cdot \frac{1}{1+\frac{M^2\omega_r^2}{R_2R_i}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sqrt[n]{2}-1}}.$$

В табл. 3 приведена зависимость И. при $\frac{\omega_r L}{R} = 1$ от n—числа каскадов для $\frac{M\omega_r}{\sqrt{R_2R_i}}$, равного 1 и 0,6.

Табл. 3.—Поправочные коэффициенты для избирательности при n каскадах усиления высокой частоты.

n	$\frac{M\omega_r}{\sqrt{R_2R_i}}=1$	$\frac{M\omega_r}{\sqrt{R_2R_i}}=0{,}6$
1	0,5	0,735
2	0,774	1,14
3	0,98	1,44
4	1,15	1,68
5	1,3	1,91
6	1,44	2,12

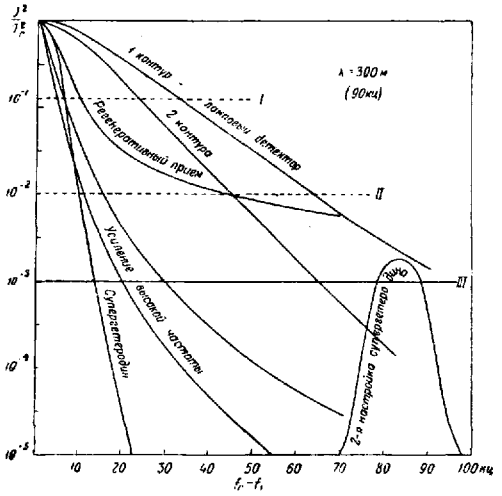
И. в настроенном усилителе высокой частоты достигается при одновременном усилении напряжения сигналов (V), пропорциональном V^n (где n—число контуров), тогда как, при применении того же числа слабо связанных без посредства лампы контуров, И., в общем более высокая, чем в усилителе, получается при понижении напряжения пропорционально $\frac{1}{R^n}$ благодаря потерям энергии на сопротивление в каждом контуре. Для получения хорошей И. от усилителя высокой частоты ему должны предшествовать 1 или 2 контура со слабой связью между ними. Так как усилители высокой частоты получаются тем более избирательными, чем длиннее волна, то на волнах короче 1 000—2 000 $м$ для получения высоких И. находит применение метод приема с трансформацией частоты (супергетеродинный прием). И. супергетеродинных приемников при применении предварительного каскада высокой частоты достигает 500—



Фиг. 10.

1 000. При двух каскадах промежуточной частоты легко достигается И. 300—350.

Приведенные теоретич. величины И. основных принципиальных схем относятся, конечно, к идеальным условиям. В практике эти величины для одних и тех же схем, в зависимости от тщательности их выполнения, получаются весьма разнообразными. Усилители



Фиг. 11.

высокой частоты, собираемые в СССР и работающие от микроламп ГЭТЗСТ, при волне 300 м имеют И. порядка 300 и при волне 500 м—порядка 125—150. На фиг. 11 показаны избирательные характеристики (с зависимостью $\frac{I}{I_r}$ от $f_r - f_1$), полученные в лабораториях Америк. телеграфной и телефонной компании для образцов приемников с различными избирательными схемами. Приведенные характеристики наглядно показывают, что практич. избирательные характеристики готовых приемников, составленных по тем или иным схемам, настолько значительно отличаются от ожидаемых теоретич. характеристик для тех же схем, что оказывается невозможным охарактеризовать И. этих приемников одной цифрой (даже для одной волны). Практич. характеристики показывают для одних схем лучшую И. вблизи принимаемой волны (регенератор, усилитель высокой частоты), для других схем—сравнительно лучшую И. для больших расстроек (свыше 10 кц/сек.). Кроме того, И. сильно меняется в зависимости от длины волны, при чем размеры этих изменений, особенно в приемниках с очень большим диапазоном, выходят из рамок теоретических предварительных вычислений. Практически все это объясняется 1) тем, что в готовых приемниках иногда сознательно, а иногда бессознательно, в виду большой практич. трудности не соблюдаются условия оптимальных связей между контурами, и 2) тем, что в смонтированных приемниках, даже при экранировании отдельных контуров, существуют трудно избегаемые паразитные связи (напр. связь в общей батарее высокого напряжения), вызывающие очень сильное искажение избирательных характеристик. Далее И., обусловливаемая отношением $\frac{\omega L}{R}$, как это и следует из приведенных выше положений, определена для непрерывных незатухающих колебаний. И. по отношению к незатухающим колебаниям м. б. названа И. для стационарных состояний в цепи. Для радиотелеграфных и радиотелефонных сигналов, состоящих из несущей частоты и полос *боковых частот* (см.), величина И. зависит также от характера передачи. Приближенно можно считать, что

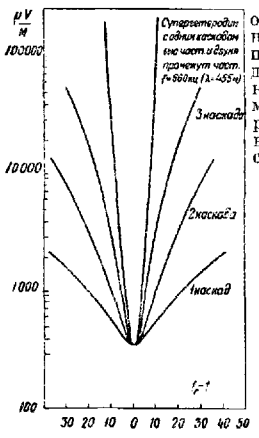
$$S \cong \frac{1}{\delta_e + \delta_s},$$

где δ_e—декремент приемника, а δ_s—декремент передатчика, играющий роль при передаче незатухающих колебаний лишь для нестационарных состояний в контурах передатчика. Это приводит к тому, что в практике радиоприема часто И., хорошо уединяющая помеху от несущей частоты мешающего передатчика, оказывается совершенно недостаточной для уединения помехи от той же станции при модуляции или при разрывах ключа. Эти причины, когда речь идет о И. сложных приемников со многими контурами, связанными различным образом друг с другом, делают оценку И. этих приемников, базирующуюся только на данных контура, практически неточной на нек-рую величину, несмотря на то, что эта оценка математически хорошо обоснована.

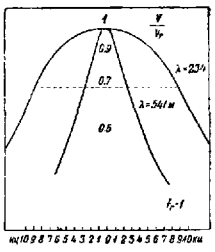
Все это заставляет, особенно в условиях практики массового испытания приемников, обращаться также и к другим, более наглядным и исчерпывающим практически методам определения И. В виду практич. сложности вопроса до сих пор пока еще не установлено стандартных методов такой оценки И.

В Америке в ряде фирм с налаженным массовым производством приемников для широковещания, а также и в Европе применяются следующие методы.

1) И. определяется как отношение силы поля принимаемой станции к мешающей станции при определенной частоте расстройки ($f_r - f$). Для этого снимаются избирательные характеристики, у которых в качестве абсцисс наносится расстройка ($f_r - f$)



Фиг. 12.



Фиг. 13.

сигнального генератора (промодулированного тональной частотой с коэфф-том модуляции 50%), а в качестве ординат—сила поля для поддержания постоянного напряжения на выходе приемника (на зажимах громкоговорителя). Из этой кривой можно уже непосредственно определить силу поля мешающей станции для достижения такой же слышимости, какую имеет принимаемая станция. В этом методе для снятия избирательной характеристики настройка приемника остается постоянной, а изменяется настройка сигнальн. генератора и напряжение, вызываемое им на входе приемника, для получения определенного постоянного напряжения на выходе. Принцип метода не изменится, если настройку генератора оставить

постоянной, а менять настройку приемника, поддерживая постоянным напряжение на входе приемника.

На фиг. 12 изображены снятые при постоянной настройке приемника избирательные характеристики супергетеродина усилителя высокой частоты, с одним, двумя и тремя каскадами для силы поля, дающей нормальный прием; на фиг. 13 дана характеристика двухкаскадного нейтродинного приемника Хазельтайнской корпорации, снятая при постоянном напряжении на входе приемника. Описанный метод определения И. позволяет заменить снятие характеристики указанием отношения силы поли при резонансе к силе поля при определенной частоте расстройки. Для радиовещательных приемников есть тенденция установить величину этой расстройки стандартной, равной 10 кц/ск. (установленное в международном масштабе расхождение несущих частот для радиовещательных станций). Так как сила тока в первом контуре приемника пропорциональна силе поли принимаемой станции, то отношение сил полей можно заменить отношением сил токов резонансной кривой; тогда очень просто для идеальной кривой И. перейти от этого метода к разобранному выше методу, по к-рому $S \cong \frac{\omega L}{R}$. В самом деле, имеем для одного контура:

$$\frac{I_r}{I} = \sqrt{\left(\frac{\omega L}{R}\right)^2 \cdot \left(\frac{f_r + f}{f_r f}\right)^2 \cdot (f_r - f_1)^2 + 1}\ .$$

Для более сложных схем, состоящих из нескольких контуров, отношение $\frac{I_r}{I}$ было уже определено выше. В табл. 4 даны величины И. ($f_r - f = 10$ кц/ск.) при волне 300 *м*, определенные по этому методу, для тех же обобщенных случаев, к-рые были рассмотрены выше. В табл. 5 показаны величины И. различных приемников для практич. кривых, приведенных на фиг. 11 и 13.

Табл. 4. — Избирательность разных схем, определяемая отношением токов.

$\frac{\omega L}{R}$	Слабо связанные контуры				Усиление высокой частоты									
					$[M\omega : \sqrt{R_i R^2}] = 1$					$[M\omega : \sqrt{R_i R_2}] = 0{,}6$				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
100	2,24	5	11,16	25	1,415	2	2,83	4	5,66	1,64	2,7	4,44	7,28	11,95
50	1,415	2	2,83	4	1,116	1,25	1,4	1,5	1,75	1,315	1,736	2,28	3,1	3,97
20	1,075	1,16	1,25	1,345	1,02	1,04	1,06	1,083	1,105	1,056	1,188	1,182	1,25	1,32

Табл. 5.—Избирательность различных схем приемников.

Схемы приемников	Фиг. 11	Фиг. 13
1 контур	1,225	1,83
2 контура	1,5	3
Усиление высокой частоты	5,3—7,35	—
Супергетеродин	10	200
Регенеративный прием	3,3	—

2) В другом принятом методе И. определяется как отношение площади, ограниченной сверху кривой резонанса и с боков ординатами, соответствующими наибольшим боковым частотам принимаемой волны (при телефонии—15 кц/ск.), к площади, обусловливаемой кривой резонанса мешающей станции, в пределах перекрытия ею площади принимаемой станции. И., определяемая отношением площадей, S_A, обычно меньше И., определяемой отношением токов или напряжений, $S_0 : S_A \cong S_0 \cdot Q$, где Q — отношение площади, ограниченной сверху кривой резонанса и с боков пограничными боковыми частотами, к площади прямоугольника с длиной, равной максимуму кривой резонанса, и шириной, равной расстройке между боковыми пограничными частотами. Этот способ требует снятия избирательных характеристик полностью и измерения площадей планиметром, в чем и заключается недостаток метода.

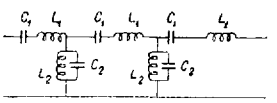
3) Комитетом по стандартизации при (американск.) Институте радиоинженеров разработан следующий порядок необходимых измерений для исчерпывающего определения И. приемника для радиовещательных целей в его рабочем диапазоне волн: а) снимаются кривые при частотах 550 ($\lambda = 545$ *м*) и 1 500 кц/ск. ($\lambda = 200$ *м*) и какой-нибудь частоте между ними, при которой И. или больше или меньше, чем при этих крайних частотах, имеющих абсциссами $f_r - f$ (кц/ск.) и ординатами отношение напряжения на выходных зажимах при $f_r - f$ к напряжению при f_r; б) две кривые, имеющие в качестве абсцисс несущую частоту (от 550 до 1 500 кц/ск.), а в качестве ординат $f_r - f_1$ и $f_2 - f_r$ (кц/ск.), при которых на выходе получается определенное, заранее обусловленное, напряжение $V = \frac{1}{2} V_r$; эти кривые снимаются при одном и том же напряжении на входе приемника, вызывающем определенную, требуемую от приемника отдачу мощности при резонансе; в) то же самое для одной из двух кривых предыдущего пункта, показавшей худшую избирательность (при большем $f_r - f_1$).

И. приемных устройств, требуемые практикой радиоприема, зависят от вида передачи; они определяются боковыми модуляционными полосами частот сигнала (см. *Боковые частоты*). Для радиотелеграфа допустимы очень высокие И. (см. *Быстродействующие радиопередача и радиоприем*). Для радиотелефона, требующего воспроизведения очень широких боковых полос, И. должны быть значительно меньше. Так, напр., при волне 1 000 *м* для телеграфного приема без искажения со скоростью 125 слов в минуту допустимы И. ($S_{\frac{1}{2}}$) порядка 4 000, для телефона же И. достигает максимум 30.

И. современной техникой радиоприема используется как средство против мешающего действия на прием атмосферных разрядов. Теория показывает, что отношение напряжения сигнала на входе приемника к напряжению атмосферных разрядов, называемое коэфф-том надежности приема (Störungsfreiheit), равно:

$$\frac{E_s}{E_a} = \frac{E \cdot \omega \cdot \pi}{A \cdot p \cdot \delta} = \frac{E \cdot \omega}{A \cdot p} \cdot S_{\frac{1}{2}}\ ;$$

здесь E—напряженность поля сигнала, A—напряженность поля атмосферного разряда при начале действия, $\omega = 2\pi f_r$ и p—угловая частота периодич. и квазипериодич. разрядов, определенная для полупериода. Приведенная формула справедлива для сравнительно небольших отношений $\frac{E}{A}$. Т. о., для получения большей надежности приема следует стремиться к возможно высоким И. В радиотелеграфе, в виду трудности получения на высокой частоте допустимых условиями отчетливого приема высоких избирательностей, обычно используют дополнительную И. на низких частотах после детектирования сигналов. И. на низких частотах осуществляется или теми же методами, которые используются на высоких частотах, т. е. путем применения нескольких слабо связанных (обычно через посредство лампы) контуров, или путем применяемых ячееч-



Фиг. 14.

ных фильтров. Для пропускания определенной полосы частот служат так наз. резонансные фильтры (фиг. 14) или различного рода комбинационные фильтры. Для резонансного фильтра пограничные пропускаемые частоты определяются из уравнений:

$$f_1 = \frac{\sqrt{k+1}-1}{\sqrt{k}} \cdot f_r \quad \text{и} \quad f_2 = \frac{\sqrt{k+1}+1}{\sqrt{k}} \cdot f_r,$$

где $f_r = \sqrt{f_1 f_2}$, $k = \frac{L_1}{L_2} = \frac{C_2}{C_1}$, L_1 и C_1—самоиндукция и емкость последовательных ветвей фильтра, а L_2 и C_2—самоиндукция и емкость параллельных ветвей. Допустимые условиями приема f_1 и f_2 зависят от скорости передачи сигналов w. При резонансных контурах

$$S_{\frac{1}{2}} \cong \frac{K f_r^{\alpha}}{w},$$

где K—постоянная, зависящая от характера допустимых искажений; для предельного случая $K=1{,}9$, для отчетливого приема $K=0{,}4$. Для ячеечных фильтров И. для хорошего приема

$$S_f = \frac{f_r}{f_2 - f_1} = \frac{T_0 f_r}{0{,}875}.$$

Здесь T_0—постоянная времени фильтра—время для нарастания тока сигнала T_0 от 0,1 до 0,9 максимального значения; т. к. $T_0 = \frac{1{,}25}{w}$, то $S_f = \frac{1{,}42\, f_r}{w}$. Ячеечные фильтры, благодаря столообразности характера кривой резонанса, допускают для одной и той же скорости передачи в общем большую И.

При приеме вблизи от мощного передатчика даже высокоизбирательный приемник с 5—6 заэкранированными контурами может не обеспечить устранение помехи от этого передатчика. Для устранения подобного рода помех находят применение так называемые о т с а с ы в а ю щ и е, или *заграждающие контуры* (см.).

В практике радиоприема имеет большое значение острота настройки приемника относительно шкалы его переменного органа настройки (обычно переменный конденсатор), т. е. число градусов $\varphi_1 - \varphi_2$, к-рое занимает по шкале настройка принимаемой станции

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\varphi(f_1 - f_2)}{f_0\left(1 - \sqrt{\frac{C_{min}}{C_{max}}}\right)},$$

где φ—число градусов всей шкалы (нормально шкала имеет 180°), f_1 и f_2—частоты, соответствующие числам градусов φ_1 и φ_2 шкалы, f_0—частота настройки при 0° шкалы, C_{min}—емкость конденсатора, соответствующая 0°, и C_{max}—емкость, соответствующая 180°. Для $\sqrt{\frac{C_{max}}{C_{min}}} = 5$ и $f_1 - f_2 = 5$ кц/ск. имеем следующую зависимость $\varphi_1 - \varphi_2$ от λ (в *м*):

λ . . .	10 000	1 000	100	10
$\varphi_1 - \varphi_2$ . . .	112°	11,2°	1,12°	0,112°

Т. о., чем короче волна, тем меньше $\varphi_1 - \varphi_2$, а следовательно, тем труднее настроить приемник на принимаемую волну. Для того чтобы $\varphi_1 - \varphi_2$ при уменьшении волны не уменьшалось, нужно, чтобы $f_0\left(1 - \sqrt{\frac{C_{min}}{C_{max}}}\right)$ оставалось постоянным при увеличении f.

В последнее время в телеграфном радиоприеме для увеличения общей И. приемников стали находить применение пьезокварцевые кристаллы (см. *Пьезокварц*).

Лит.: R e i n H. u. W i r t z K., Radiotelegraphisches Praktikum, 3 Aufl., B., 1922; M a c d o n a l d W. A., Importance of Laboratory Measurements in the Design of Radio Receivers, «Proc. of the Inst. of Radio Engineers», N. Y., 1927, v. 15, 2; J a r v i s K. W., Selectivity of Tuned Radio Receiving Sets, ibid., 5; G o l d s m i t h A. N., Progress in Radio Receiving during 1926, «General Electric Review», Schenectady, 1927, v. 30, 1. **П. Куксенко.**

ИЗВЕСТКОВАНИЕ ПОЧВ, внесение в почву извести, имеет своей задачей восполнение недостатка кальция в почве, а также нейтрализацию почвенной кислотности. Почвенный кальций очень легко вымывается из верхних слоев почвы до грунтовых вод. Дренажные воды выносят до 200 *кг* на 1 *га* в год, гл. о. в виде бикарбоната кальция $Ca(HCO_3)_2$. Степень выноса Са из верхних слоев почвы зависит от ряда факторов, как то: парование почвы, интенсивное применение минеральных удобрений, основания к-рых образованы одновалентными металлами (натрием, калием, аммонием). Наиболее подвижной формой кальция в почве является кальций углекислый $CaCO_3$, который легко переходит в почве в $Ca(HCO_3)_2$. Другой подвижной формой кальция в почве является поглощенный кальций. Число видов почв, содержащих $CaCO_3$ в верхних горизонтах, весьма ограничено: даже в черноземах углекислый кальций содержится гл. обр. на глубине 40—100 *см* и принимает участие в жизни пахотного слоя почвы лишь в моменты капиллярного поднятия влаги из грунтовых вод. На подзолах и переходных серых и темноцветных лесных суглинках $CaCO_3$ отсутствует как во всей толще почвенного слоя, так и в материнской подстилающей породе. Поэтому в корнеобитаемом слое почв подзолистого и переходного типов подвижной формой кальция является исключительно поглощенный кальций. Поглощенные металлы почвы вообще и Са в частности обладают свойством легко обмениваться с катионами солей или водородными ионами тех или иных кислот.

Физиологич. роль кальция для растений еще не вполне выяснена, хотя многочисленные опыты и показывают исключительно важную роль кальция в отношении создания т. н. физиологически эквилибрированных (уравновешенных) питательных растворов. Полная изоляция кальция из общей питательной смеси, равно как и временное исключение его, вызывают страдание растений, тогда как в отношении азота и фосфора такое явление не имеет места. Обусловленная присутствием водородных ионов, кислая реакция среды, к-рая в известных пределах м. б. вредной для развития растений, лучше всего обезвреживается кальцием, в меньшей мере магнием, в слабой степени калием и в особенно слабой степени натрием. Содержащиеся в почвенном растворе анионы, преимущественно HCO_3', NO_3', SO_4'' и Cl', связаны гл. образом с кальцием; от 50 до 95% суммы всех оснований почвенного раствора падает на долю кальция. Количество поглощенных в почвах оснований подвержено большим колебаниям. Почвы черноземного типа содержат в 5—10 раз больше поглощенных оснований, чем почвы подзолистого типа. На нормальных, незасоленных почвах

на долю поглощенного кальция чаще всего приходится до 80%, на долю магния до 18% и остальное на долю калия и натрия. Сумма поглощенных оснований в подзолистых почвах, выраженная в эквивалентах Са, составляет от 0,03 до 0,3% на 100 вес. ч. почвы. В результате биологич. процессов, протекающих в почвах подзолистого и переходного типов, при отсутствии в них $CaCO_3$, образуются наряду с поглощенными $Ca^{\cdot\cdot}$, $K^{\cdot}$ и $Na^{\cdot}$ также и водородные ионы; кроме того, в результате деятельности микроорганизмов, почвы приобретают способность гидролитически разлагать щелочные соли. Так, напр., при обработке почвы раствором уксуснокислого натрия или кальция, основание названной соли поглощается почвой, и в растворе образуется свободная уксусная кислота. Количество содержащихся в почве водородных ионов, которые могут обмениваться на металлы нейтральных солей, определяет собой обменную кислотность почв. Способность почв разлагать гидролитически щелочные соли определяет гидролитическую кислотность почв. На рост растений и на течение микробиологических процессов в почве оказывает существенное влияние активная реакция почв (см. *Водородные ионы*, *Концентрация водородных ионов*). В почвах, в которых присутствует $CaCO_3$, активная реакция водных суспензий (выраженная в единицах $P_н$) в течение вегетационного периода может колебаться от 7,5 до 8,2. Такие почвы не имеют гидролитической кислотности. На деградированных и выщелоченных черноземах активная реакция в течение вегетационного периода колеблется от 6,2 до 7,5. Такие почвы обычно не имеют обменной кислотности, но имеют гидролитическую, а т. к. к тому же количество поглощенных оснований в этих почвах сравнительно высоко, то относительное значение величины их гидролитич. кислотности обычно невелико. На переходных и подзолистых почвах активная реакция водных суспензий колеблется от 4,5 до 6,5 $P_н$ для разных почв.

Различие в активной реакции различных почв зависит гл. обр. от степени насыщенности их основаниями, обычно обозначаемой через V. Обозначая количество поглощенных в почве оснований без водородного иона через S, определив гидролитическую кислотность почв и выразив то и другое в эквивалентах Са, получим при сложении этих двух величин величину, к-рая показывает общее количество оснований, способное удерживаться почвой при определенных условиях. Эту величину обозначают через T. Отсюда выражение $V=\frac{S}{T}\cdot 100$ дает нам представление о степени насыщенности почв основаниями. Активная реакция почв находится в связи с величиной V и с размером обменной кислотности. Чем меньше V и чем больше обменная кислотность, тем больше и активная кислотность почвы. Ниже приводим данные, характеризующие в рассматриваемом отношении свойства ряда почв опытных учреждений в СССР (см. табл.).

Почвы опытных учреждений в СССР.

Опытные учреждения	Почва	Количество поглощ. основан.	Гидролитическая кислотность	T	V	Обменная кислотность	$P_н$	
		в % Са на 100 вес. частей почвы					водной суспензии	солевой вытяжки
Северная обл. опыт. станция (Вологодская губ.)	Средне оподзоленный суглинок	0,1039	0,0793	0,1832	56,7	0,012	5,41	4,39
С.-в. обл. опыт. станция (Вятская губ.).	То же	0,2660	0,1320	0,3980	66,8	0,040	5,85	4,88
Менделеевское оп. поле (Пермский округ)	Сильно оподзоленный тяжелый суглинок	0,2978	0,2280	0,5258	56,6	0,108	4,71	4,09
Казанская обл. опыт. станция	Вторично оподзол. суглинок	0,2200	0,0460	0,2660	83,0	0	6,50	5,36
Симбилевское опытное поле (Нижегородск. губ.)	Слабо оподзол. серый лесной суглинок	0,3434	0,0450	0,3884	88,4	0,005	6,15	5,28
Моск. обл. оп. станция	Слабо оподзол. суглинок	0,1095	0,0710	0,1810	60,5	0,005	5,87	4,75
Малаховское песч. картоф. опыт. поле (Богородск. у., Моск. губ.)	Песчаный подзол	0,0370	0,0600	0,0970	38,1	0,020	5,85	4,24
Крюковский оп. уч. Научн. ин-та по удобрениям (Моск. уезда)	Средне оподзоленный тяжелый суглинок	0,1140	0,0596	0,2300	49,5	0,033	5,65	4,18
Ленингр. обл. опытн. станция	Средне оподзол. суглинок	0,0665	0,0750	0,1415	47,0	0,040	5,50	4,15
Зап. области. оп. ст. (Смоленская губ.).	Средне оподзол. тяжел. суглинок	0,0912	0,0886	0,1798	50,6	0,031	5,41	4,14

Длительное применение таких минеральных удобрений, как суперфосфат, сернокислый аммоний или селитра и калийные соли, по данным Ротамстедской опытной станции (Англия) и Мироновской опытной станции (УССР), может оказать резкое влияние на изменение свойств почвы, и степень этого влияния находится в связи с характером почвы и растения. Кислые удобрения на почвах с малой величиной S и V могут оказать резкое влияние на реакцию. На почвах Мироновской опытной станции, хотя и обладающих высокой S и V, длительное 20-летнее применение минеральных удобрений изменило свойства почвы, повысив их ненасыщенность и дисперсность. Последнее связано с тем, что одновалентные металлы, вытесняя поглощенный кальций в почвенный раствор, тем самым повышают подвижность коллоидальной части почвы, т. е. увеличивают дисперсность, вследствие чего ухудшаются физические свойства почвы. Почвы полей Ротамстеда содержат много $CaCO_3$, и поэтому длительное 80—90-летнее применение минеральных удобрений почти не сказалось на изменении свойств почвы и не понизило урожаев пшеницы и ячменя; на почвах же полей Вобурна, принадлежащих также Ротамстедской станции, в к-рых нет $CaCO_3$ и содержится почти в два раза меньше поглощенных оснований, в результате ежегодного внесения минеральных удобрений с 1877 г., урожаи ячменя на делянках с суперфосфатом, сернокислым аммонием и сернокислым калием понизились за последние 5 лет вдвое по сравнению с урожаями делянок без удобрений. Внесением в почву извести можно устранить как обменную, так и гидролитич. кислотность и довести почву до полной насыщенности основаниями, благодаря чему в почве будет создана реакция, близкая к нейтральной.

Необходимо отметить различное отношение разных с.-х. растений к реакции почвы: 1-я группа—растения, чувствительные к кислотности: люцерна, ячмень, сахарная свекла, корнеплоды, красный клевер, горох, пшеница; 2-я—промежуточная группа—растения, менее чувствительные к кислотности: лен, озимая рожь, горчица, рапс; 3-я группа—растения, мало чувствительные к кислотности: лупин, картофель, овес. Но и для этой последней группы растений кислая реакция водных суспензий от 4,0 до 4,5 $P_н$ также менее благоприятна, чем реакция со значением $P_н = 5—6$. Для всех растений первой группы повышенное содержание в почвенном растворе кальция является фактором, резко благоприятствующим их росту, поэтому известкование кислых почв под эти культуры в подавляющем большинстве случаев будет способствовать лучшему их развитию. Уменьшение кислой реакции почв с помощью $CaCO_3$ создает в почвенном растворе более высокую концентрацию кальция, чем изменение реакции почв с помощью CaO или $Ca(OH)_2$. Поэтому такие растения, как лен, лупин и картофель, реагируя благоприятно на уменьшение кислой реакции, в то же время чувствительны к повышению концентрации кальция, и под перечисленные культуры лучше вносить CaO или $Ca(OH)_2$ или же эти культуры относить дальше от начала внесения извести.

Действие извести на почву многообразно. Когда известь вносится в почву не одна, а вместе со всеми питательными для растений веществами, т. е. с N, P и K, то в этом случае И. п. производится лишь для изменения реакции почвы и создания более благоприятного соотношения оснований в почвенном растворе. В случае же внесения извести в почву одной или с навозом И. п. не только создает более благоприятную реакцию и более благоприятное соотношение оснований в почвенном растворе, но и способствует минерализации питательных веществ почвы или навоза. В наших условиях И. п. производят б. ч. с целью многостороннего воздействия извести на почву. В зависимости от этого и подход к определению потребности почв в извести будет иной, чем в случае внесения извести в почвы, на которых урожаи обеспечиваются всеми важнейшими питательными веществами путем внесения минеральных удобрений.

Потребность почвы в известковании м. б. определена по следующим методам.

1) Определение гидролитической кислотности. К навеске почвы (почву лучше доводить до воздушносухого состояния и просеивать через сито в 2 *мм*) в 40 *г* или 100 *г* приливается нормальный раствор уксуснокислого натрия или кальция (на 1 *л* дестиллированной воды 136,06 *г* ацетата натрия или 79,07 *г* ацетата кальция). Раствор уксуснокислого натрия должен иметь $P_н = 8,2—8,3$, на что указывает слабое порозовение раствора от прибавления к 25 *см*³ 3—4 капель 1%-ного раствора фенолфталеина в 96%-ном этиловом спирте. Смесь почвы с раствором уксуснокислой соли встряхивают в течение одного часа (в виде исключения часовое взбалтывание почвы м. б. заменено 5-минутным с оставлением смеси на сутки и 3-минутным взбалтыванием перед фильтрованием), после чего фильтруют через плотный беззольный фильтр; 50 *см*³ фильтрата при 40 *г* почвы или 125 *см*³ фильтрата при 100 *г* почвы берут в эрленмейеровскую колбочку и титруют щелочью $^2/_{100}$ *N* или $^1/_{10}$ *N* в присутствии 3—4 капель фенолфталеина до ясного порозовения, не исчезающего в течение 1 мин. В это время колбу следует закрывать пробкой. В дальнейшем пересчет на углекислый кальций или другие формы извести—жженую CaO или гашеную $Ca(OH)_2$—производят след. образом: а) при 40 *г* почвы результаты титрования умножаются на 2,5; б) количество щелочи $^2/_{100}$ *N* или $^1/_{10}$ *N* (отвечающие титрованию 125 *см*³ фильтрата) умножается на 3 при почвах легких по механич. составу (мало связные почвы—песчаные и супесчаные), на 3,5—для почв средней связности и на 4—для почв тяжелых, т. е. сильно связных. Коэфф. для почв заболоченных и для торфяников колеблется, в зависимости от содержания органическ. вещества, от 5 до 8; в) 1 *см*³ $^1/_{10}$ *N* щелочи, пошедший на 100 *г* почвы, при пересчете на 1 *га* отвечает 150 *кг* $CaCO_3$; при пересчете на $Ca(OH)_2$—111,0 *кг* и на CaO—84,0 *кг*; г) полученное значение для количества той или иной формы

известковых удобрений на 1 *га* умножается на 1,5, что является поправкой на несовершенство смешения частиц извести с почвой.

Пример. Почва средней связности; на 50 *см*³ фильтрата пошло 60 *см*³ $^2/_{100}$ *N* щелочи (среднее из двух повторностей). Тогда будем иметь:

а) $\frac{60 \cdot 2{,}5}{5} = 30$ *см*³ $^1/_{10}$ *N* щелочи на 100 *г*

б) 30 *см*³ · 3,5 = 105,0 *см*³ $^1/_{10}$ *N* щелочи на 100 *г*

в) 105 *см*³ · 150 = 15,75 *т* $CaCO_3$ на 1 *га*
105 · 111 = 11,65 » $Ca(OH)_2$ » »
105 · 84 = 8,82 » CaO » »

г) 15,75 · 1,5 = 23,62 » $CaCO_3$ на 1 *га*
11,65 · 1,5 = 17,48 » $Ca(OH)_2$ » »
8,82 · 1,5 = 13,23 » CaO » »

Внесение извести в почву, обладающую наряду с гидролитической кислотностью обменной, создает в почве реакцию, близкую к нейтральному пункту.

2) Определение активной реакции почвы. Для этого к навеске в 10 или 25 *г* воздушносухой почвы прибавляют нормальный раствор хлористого калия (74,56 *г* соли на 1 *л* дистиллированной воды) в количестве, в 2,5 раза большем, чем почвы, т. е. 25 или 62,5 *см*³. Смесь встряхивают в течение часа и фильтруют или встряхивают 5 мин., после чего она отстаивается в течение суток, и определяют $P_н$ электрометрически, колориметрически или упрощенными методами. При $P_н$ ниже 5,0 почва обладает заметной обменной кислотностью, при $P_н$ от 5,0 до 5,5 почва обладает незначительной обменной кислотностью и при $P_н$ выше 5,5 почва обычно не обладает обменной кислотностью. Определение $P_н$ в полевых условиях производят методом Верри с разными индикаторами или на основе того же метода с применением универсального индикатора (Комбер и др.). При $P_н$ почвы ниже 5,0 внесение извести дает значительную вероятность положительного действия; при $P_н$=5,0÷5,5 от известкования можно ждать положительного эффекта на клеверах и корнеплодах; при $P_н$ выше 5,5 вероятность положительного действия извести невелика. Дозы извести следует ориентировать на величину гидролитич. кислотности почвы, не опасаясь повышенных доз извести в севооборотах с отсутствием льна и картофеля.

Можно применять и более упрощенные приемы подхода к определению потребности почв в извести, однако с меньшим успехом. Что касается способов и времени взятия почвенных проб для исследования, то здесь можно ограничиться следующими указаниями: 1) средняя проба почв для исследования д. б. взята т. о., чтобы она характеризовала собой тот или иной участок или части участка, сильно отличающиеся между собой по рельефу; при взятии средней пробы почвы ее следует брать на глубину пахотного слоя; 2) лучше всего брать пробу весной или осенью в отсутствии растений; перед анализом почву доводят до такого состояния, чтобы она не мазалась при просеивании через сито в 2 *мм*. Проба почвы должна по возможности скоро поступать в анализ.

Формы известковых удобрений. Материал, годный для известковых удобрений, д. б. достаточно богат $CaCO_3$. Больше всего $CaCO_3$ содержат известняки, к-рые бывают аморфными и кристаллическими. Содержание в известняках CaO (в виде $CaCO_3$) колеблется от 51,4 до 54,8%. Богаты $CaCO_3$ известковые туфы—ключевая известь; далее идут доломитизированные известняки, содержащие ок. 42% CaO и до 10% MgO; доломиты, содержащие наряду с Ca много Mg (27,85—31,09% CaO и 18,53—19,5% MgO). Достаточное количество извести содержится в мергелях, при применении к-рых необходимо учитывать содержащийся в них $CaCO_3$, т. к. содержание $CaCO_3$ в них колеблется в пределах от 30 до 80%. Кроме указанных форм известковых удобрений, можно использовать в целях И. п. газовую *известь* (см.) и дефекационную грязь. Газовую известь перед внесением в почву выдерживают на воздухе в течение двух недель при двух-трехкратном перелопачивании. Тонина помола известковых удобрений имеет существенное значение, в особенности для кристаллич. форм. В Германии к молотому известняку предъявляются след. требования: 80% должно проходить через нормальное сито «DIN-Sieb» № 20 (0,3 *мм*), остаток—через сито (DIN-Sieb) № 6 (1,0 *мм*). Эти же требования относятся и к едкой извести. Мергеля содержащие выше 50% $CaCO_3$, следует также размалывать. Требования к тонине помола мергелей в Германии: 80% должно проходить через сито № 8 (0,75 *мм*), остаток—через сито № 3 (2,0 *мм*). В севооборотах лучше всего вносить известь под корнеплоды или под покровное растение с подсевом клевера. Срок внесения извести допускается за 8—14 дней до посева. Непосредственного смешения извести с навозом или сернокислым, азотнокисл. аммонием и цианамидом кальция следует избегать; лучше предварительно вывезти навоз, разбросать по полю и прикрыть землей, после чего разбросать известь и потом произвести запашку. Глубина заделки извести—та же, что и для навоза. Применение извести на подзолистых почвах совместно с навозом позволит углубить пахотн. и корнеобитаемый слой почвы.

Допустимое содержание магния в доломитизированных известняках и доломитах разными исследователями решается различно. Этот вопрос связан с решением более общего вопроса о наиболее благоприятном для развития растений соотношении в почве CaO:MgO. Это соотношение разными исследователями дается в таком виде: 1:1; 2:1; 3:1 и т. д. В общем можно считать, что при содержании в известковых удобрениях на 100 ч. CaO до 70 ч. MgO не исключается возможность их применения. И. п. широко применяется в практике сельского хозяйства культурных стран З. Европы и в С. Ш. А. В 1914 г. в Германии было применено около 10 млн. *т* в пересчете на молотый известняк; в 1927 г.—около 3 млн. *т*. Обрабатываемая известковыми удобрениями площадь в Германии за последние годы составляет 28,5—29,0 млн. *га*. Цена 1 *т* молотого известняка в Германии—ок. 3 р. В С. Ш. А. в 1924 г. было учтено примененных в сельском хозяйстве известковых удобрений: ок. $1^1/_4$ млн. *т* молотого известняка и ок. $^1/_4$ млн. *т* едкой извести. Цена молотого известняка в С. Ш. А. близка к цене его в Германии. В практике нашего сельского хозяйства И. п. до сих пор почти не применялось, хотя огромные про-

странства почв территории РСФСР и БССР явно нуждаются в И. п. По приблизительным подсчетам, на площади ок. 6,5 млн. *га*, т. е. на $^1/_4$ площади всех подзолистых почв, можно рассчитывать на успешное применение известкования. Успех И. п. связан с установлением низкой цены на известь: при цене выше 6 р. за 1 *т* на месте потребления трудно рассчитывать на широкое применение И. п. Предполагаемое широкое производство размольных установок, позволяющих легко переносить их к местам выхода известковых пород, создает условия для получения дешевого продукта. В заключение необходимо отметить, что И. п., способствуя мобилизации питательных веществ почвы, через известный промежуток времени (от 10 до 15 л. в севооборотах с бобовыми) остро поставит вопрос о применении удобрений, а эффект от навоза и в особенности от минеральных удобрений на подзолистых, мало насыщенных основаниями почвах лучше всего будет обеспечен на известкованном фоне.

Лит.: Известкование почв, «Труды Научного института по удобрениям», М., 1919, вып. 3; Дружинин Д. В., Известкование почв в связи с их свойствами и свойствами возделываемых растений, М., 1929; Stutzer A., Düngerkalk, B., 1920; Corie F. E., Lime in Agriculture, L., 1926; Gering A., Über Praxis d. Kalkdüngung, «Ztschr. f. Pflanzenernährung u. Düngung», Lpz., 1928. **Д. Дружинин.**

ИЗВЕСТКОВЫЕ КРАСКИ по химическому составу принадлежат к минеральным краскам. Вырабатываются они из растворов известковых солей с различн. солями хромовой к-ты, солей окиси меди и мышьяковистой к-ты, при чем в зависимости от взятых солей получаются краски желтого, синего, зеленого, красного и белого цвета. Известковый желтый крон получается сливанием кипящих растворов двухромокалиевой соли (хромпика) и хлористого кальция; выпадающий осадок, имеющий огненно-желтый цвет, отфильтровывают и высушивают. Известковый желтый крон применяется б. ч. как клеевая краска и в производстве обоев, а также как подмесь к дорогим кронам, для удешевления продукта. Известковая синяя приготовляется из растворов медного купороса, нашатыря и известкового молока; 15 ч. медного купороса, 121 ч. нашатыря и 30 ч. гашеной извести растворяют в 1 300 ч. воды; выделенный осадок отфильтровывают, высушивают до кашеобразного состояния, пропускают через краскотерку для лучшего перемешивания краски с оставшейся известью и окончательно высушивают для превращения в порошок. В торговле имеется, кроме известковой синей, еще горная синь, к-рая приготовляется так же, как и первая, но формуется в виде кубиков. Известковая синяя применяется гл. обр. для покраски жилых зданий. Известковая зелень вырабатывается из растворов мышьяковистой к-ты, известкового молока и медного купороса. Сначала к известковому молоку прибавляют мышьяковистой кислоты и кипятят смесь до полного растворения к-ты, после чего приливают раствор медного купороса; выделенный зеленый осадок отфильтровывают и высушивают. Известковая зелень применяется для окраски наружных стен, т. к. для внутренних она неприменима вследствие содержания мышьяка. В торговле иногда под видом известковой зеленой продают зеленый ультрамарин. Известковая красная приготовляется из смеси глинозема и известкового шпата, окрашенных ализарином. Краски эти идут в торговле как художественные, под названием гранасе; они обладают небольшой стойкостью к свету, но красочны по силе тонов. Белая известковая получается гашением извести водой, прибавляемой в избытке. Применяется она для окраски жилых помещений и вообще строений. При окраске поверхность стен предварительно смачивают водой, чтобы краска ложилась ровными слоями. При окраске деревянных строений, для лучшего приставания краски, к известковой белой прибавляют связывающие вещества—молоко, кровь, казеин. При прибавлении к известковой белой минеральн. красок различных цветов, стойких к щелочам, получают растворы всевозможных колеров; при этом надо избегать избытка минеральн. красок, т. к. окрашенная таким раствором поверхность легко осыпается. **С. Михайлов.**

ИЗВЕСТНЯК, углекислый кальций, $CaCO_3$, весьма распространенная осадочная горная порода. Теоретич. состав И.: 56% CaO и 44% CO_2; как примеси в И. присутствуют: MgO, SiO_2, Al_2O_3, окислы железа, MnO, P_2O_5, Na_2O, K_2O, V_2O_3, S, SO_3, TiO_2, Cl, H_2S и другие более редкие элементы. Содержание магнезиальных солей в И. колеблется от 0 до 21,9%, при чем в последнем случае И. переходит в *доломит* (см.). И., содержащие MgO от 6 до 12%, носят название магнезиальных, а при 12—18%—доломитизированных; присутствие окислов Al, Si и Fe, в виде тончайших глинистых примесей, превращает их в глинистые И., или мергеля. При содержании глинистых частиц от 5 до 12% И. называются глинистыми, от 12 до 25%—мергелистыми, свыше 25%—*мергелем* (см.). Довольно часто встречаются И., содержащие, в виде механич. примесей, зерна кварца и других горных пород, являясь т. о. песчанистыми И.; если же SiO_2 (гл. обр. в виде опала) служит цементом, то такие И. носят название кремнистых. В железистых И. большое содержание окислов железа придает И. желтую, бурую или красную окраску. Нек-рые разности И. содержат глауконит, придающий им зеленый оттенок, или зерна и желваки фосфоритов. Наконец, довольно часто И. содержат в себе органич. вещество (битумы); такие битуминозные И., серого или черного цвета, при ударах издают запах нефти или сероводорода; при обжиге теряют свою окраску и становятся белыми. И., при содержании битуминозного вещества свыше 3%, носят название асфальтовых и являются исходным продуктом при выработке асфальта. Такого рода битуминозные известняки могут служить также прекрасными коллекторами нефти, как, например, во вновь открытом месторождении нефти на Урале.

И. в главной своей массе по своему происхождению относятся к органогенным образованиям, разделяющимся на две группы: 1) зооген ные (остатки животных

организмов) и 2) фитогенные (в образовании к-рых главн. роль играли водоросли). Зоогенная группа И. представлена в свою очередь следующими разновидностями. а) Ракушечники—состоят из раковин неодинаковой сохранности, при чем, когда остатки определенных организмов преобладают над другими, то в таком случае И. присваиваются специальные названия, как то: гастроподовый, фузулиновый, нуммулитовый, ортоцератитовый и др. Ракушечные И. делятся на чистые ракушечники (целые раковины), детритусовые (угловатые обломки раковин) и детритусо-песчаные (окатанные обломки раковин). В зависимости от цементирующего вещества ракушечники получают разнообразную текстуру—от рыхлых слабо сцементированных до чрезвычайно плотных и массивных. б) Коралловые и мшанковые И.—весьма плотные, встречаются в виде отдельных массивов, остатков мшанковых и коралловых рифов. в) Мел (илистый тип И.)—состоит из остатков микроорганизмов: фораминифер и др. (см. *Мел*).

Следующая группа, весьма отличная от органогенной по своему происхождению, представлена оолитовыми И. и туфами. а) Оолитовые И. (пизолит, гороховый икряной камень) образовались осаждением $CaCO_3$ из насыщенных растворов (отложения источников и неглубокого моря) или деятельностью бактерий, выделяющих из растворов $CaCO_3$ вокруг какого-нибудь центра (песчинки, обломки раковин и др.) в виде концентрическ. скорлупок, шариков. б) Известковые туфы и травертины относятся к чисто хим. осадкам. Они образовались из растворов, содержащих $Ca(HCO_3)_2$. По текстуре туфы пенисты и пористы.

И. после своего образования б. ч. перекристаллизовываются, давая ряд разновидностей, из к-рых можно выделить: а) полукристаллические И., в к-рых основная масса частично перекристаллизована,—такие И. обыкновенно весьма плотны, окаменелости встречаются редко; б) мраморовидные И.—окаменелости не встречаются, вся масса перекристаллизована, порода весьма плотная и твердая.

Уд. вес И., в зависимости от их состава, колеблется в пределах от 2,6 до 2,9; чистые же разности имеют уд. вес 2,70÷2,72.

Промышленное использование И. весьма разнообразно. В строительной промышленности твердые и плотные разности, в особенности мраморовидные и полукристаллические И., идут в качестве облицовочного материала, бута для фундаментов, на подоконники, тротуарные плиты и ступени. Некоторые результаты испытаний, произведенных в Механической лаборатории при Институте инженеров путей сообщения, приведены ниже.

	Коэфф. сопрот. в *кг/см²*
Путиловская плита (Ленинград)	от 701 до 1 440
Волховская » (р. Волхов)	» 663 » 2 172
Тайцынская » ст. Тайцы, Сев.-Зап. ж. д.	» 321 » 1 897
Подольский бут (Москва)	» 337 » 560
Мячиковский » »	» 227 » 234
Мраморовидный И. (Тарусса)	» 543 » 773
Морквашинский И. (Казань)	» 356 » 1 821
Жигулевский И. (Ульяновск)	» 334 » 714

Основным строительным материалом на Юге СССР являются третичные И.-ракушечники. Из них построены гг. Баку, Одесса, Севастополь, Симферополь, Евпатория, Феодосия, Керчь, Ялта и др. Этот И. легко поддается распиливанию пилой и хорошо принимает теску топором. Установленного стандарта на пильный камень нет; для Крыма принят размер 240×200×500 *мм*; в Одессе выпиливают «штуки» нескольких размеров: 1) пятерик (222×222×622 *мм*), 2) шестерик (267×267×712 *мм*), 3) буцы (222×222×445 *мм*); в Баку—2 типа: 1) Гюша (378×178×156 *мм*) и 2) думагзы (712×267×199 *мм*). Испытания И.-ракушечника на *сопротивление сжатию в Ин-те прикладной* минералогии дали следующие средние результаты (в *кг/см²*).

Табл. 1.—Результаты испытаний известняка-ракушечника на сопротивление сжатию в *кг/см²*.

Наименование каменоломни	Объемный вес в *т/м³*	Сопротивление сжатию: Давление ∥ слоям	Давление ⊥ слоям
Багерово (Керчь)	1,40	13,1	23,9
Булганак »	1,36	11,9	21,8
Каралар »	1,26	11,46	29,34
Ак-Манай (Огуз-Тюбе)	1,22	10,34	16,1
» (Южная)	1,42	25,02	46,64
Мамайская (Евпатория)	1,26	6,1	14,3
Нерубайское (Одесса)	1,23	9,97	—

Южный ракушечник дает низкий коэффициент теплопроводности, составляющий 0,2—0,3 Cal *м/м²* °C, т. е. примерно в 2—3 раза менее, чем красный кирпич. Практика южного строительства показала, что стоимость кладки из этого камня дешевле кирпичной на 50—56%. В *цементном производстве* (см.) И. применяется в широких размерах. На выработку цемента идут в первую очередь глинистые известняки и мергеля, т. н. естественные цементы. При портландцементном производстве И. смешивается в определенной пропорции с глиной. В металлургической промышленности (в особенности черной) И. употребляется в качестве флюсов при доменном, мартеновском и др. процессах; при этом И. должны быть по возможности свободны от кремнекислоты и глинистых примесей. В свеклосахарной промышленности используются высококальциевые И., не содержащие SiO_2 и глинистых примесей. Центральные разработки И. для сахарных з-дов сосредоточены гл. обр. на правобережьи Украины. В основной химической промышленности применение И. также весьма разнообразно: 1) для получения CO_2, 2) при содовом процессе по способу Сольвея и Леблана, 3) в производстве белильной (хлорной) извести, 4) в азотнокальциевом производстве (норвежская селитра) и др. В сельском хозяйстве И. применяется как один из факторов поднятия урожайности.

Месторождения И. в СССР. В СССР И. встречаются начиная с самых древних кембрийских отложений до современ-

ных—четвертичных. При этом более древние силурийские, девонские и каменноугольные И. отличаются своей плотностью, часто доломитизированы и нередко мраморовидны. В Северном районе РСФСР наибольшее значение имеют И. силурийского и каменноугольного возраста. Силурийские И. разрабатываются в районе Ленинграда. В Карелии разрабатываются гл. обр. девонские и каменноугольные И., в Архангельской губ. встречаются пермские и каменноугольные И., по берегу Белого моря—девонские. Разработки пермских И. в Вятском округе сосредоточены гл. обр. в горнозаводском районе (Омутнинский район). Месторождения И. Центрального района, благодаря развитой промышленности, имеют исключительно важное значение. И. весьма разнообразны по качеству и относятся к разным по возрасту отложениям. Подмосковный бассейн с З. и Ю. охватывается кольцом выходов девонских И.; на них залегает серия наиболее ценных каменноугольных И. (продуктусового, серпуховского и московского ярусов). В центральной части каменноугольные отложения перекрываются юрскими и меловыми (более бедными известняком). В восточной части (Костромской округ, Нижегородский округ и Татарская АССР) развиты И. пермского возраста. В Центрально-Черноземной области, в северной ее части, преобладают каменноугольные И., в центре—девонские, в восточной части—гл. обр. юрские и меловые. В Татарской АССР и Чувашской АССР разрабатываются И. пермского возраста, гл. образом казанского яруса. На Урале месторождения И. весьма многочисленны. Они расположены по обоим склонам хребта. В центральной части хребта проходят меридиональной полосой девонские И. На западном склоне полоса каменноугольная, а далее на запад—пермского возраста. Все разработки гл. обр. приурочены к горнозаводским предприятиям (для флюсов) или химич. заводам. В Юго-Восточн. районе (Поволжье) наиболее крупные разработки приурочены к Самарской Луке (на Волге), где выходят каменноугольные и пермские И. На территории Украинской ССР месторождения И. весьма распространены и относятся к самым разнообразным по возрасту образованиям—от докембрийских до современ. отложений. Крупнейшие разработки, гл. обр. для металлопромышленности сосредоточены в Донбассе. В Крыму громаднейший интерес представляют третичные И.—ракушечники. В Северо-Кавказском крае наилучшим материалом являются И. верхнего мелового и юрского возрастов. В Закавказьи наибольший интерес представляют И. апшеронского яруса в районе г. Баку. В Казакской АССР все разработки приурочиваются главным образом к металлургическим заводам; разрабатываются мраморовидные И. Сведения о месторождениях известняка в Сибирском крае весьма скудны.

Добыча и потребление И. с трудом поддается учету, т. к. все производство сильно распылено. И. — материал, потребляемый гл. обр. на месте. Точных цифр мировой добычи не имеется. За 1926 г. в С. Ш. А. добыто 127,8 млн. *m* И., в Англии—11 млн. *m*.

По данным Геологического комитета, общая добыча И. по СССР выразилась (в *m*):

	1911 г.	1925/26 г.	1926/27 г.
Известняка	4 881 888	3 131 566	3 263 533
Бута	957 334	961 243	681 790
Строит. камня . . .	486 050	362 760	239 315
Всего . .	6 325 272	4 455 569	4 184 638

Распределение И. по отдельным видам промышленности (за 1926/27 г.) дает следующую картину:

Металлопромышленность . . .	1 667 736	40 %
Строительн. промышленность . .	1 103 930	26,5 %
Цементная » . . .	824 651	19,7 %
Основная химическая промышленность	260 532	6,2 %
Свеклосахарн. промышленность	313 577	7,5 %
Бумажная промышленность . .	7 804	0,2 %

По приближенным данным Геологич. комитета, удельный вес отдельных районов в добыче И. за 1926/27 г. выражается (в % к общей добыче) следующим образом:

Северный район . .	8,2	Крымская АССР .	4,7
Центральн. » . . .	22,0	Украинская ССР .	5,9
Приволжск. » . .	17,4	Азербайдж. ССР .	30,2
С.-Кавказ. край . .	5,0	Прочие районы . .	6,6

Лит.: Добрынина М., Известняк, «НИ», т. 1, Л., 1926; А. Гейслер и др., Карта месторождений камен. строит. материалов, Л., 1925; Карта полезных ископаемых, П., 1916; Обзор минер. ресурсов СССР за 1925/26 г., Л., 1927; то же, за 1926/27 г., Л., 1928; Богданович К., Каменностроит. материалы, СПБ. 1913; Глинка К., Каменностроит. материалы, стр. 41—69, СПБ, 1891; Заварицкий А., Описательная петрография, ч. 2—Осадочные породы, Л., 1926; Hermann O., «Der Steinbruch», B., 1916; Ladoo R., Non-metallic Minerals, p. 123, N. Y., 1925; Rinne F., Étude pratique des roches, P., 1912. **Д. Перкин.**

ИЗВЕСТЬ, окись металла кальция—CaO (негашеная известь) или гидрат окиси того же металла—$Ca(OH)_2$ (гашеная известь). Негашеная И. (едкая И., кипелка) получается путем обжига б. или м. чистых известняков—$CaCO_3$; действием воды (гашением) она превращается в гашеную И.—порошок (пушонка) или тесто, в зависимости от количества прилитой воды.

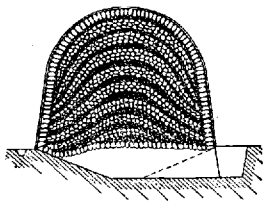
Воздушная И. обладает способностью твердеть только на воздухе; гидравлич. И. может твердеть и под водой. Образование CaO и $Ca(OH)_2$ идет по следующим реакциям:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2;$$
$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 \quad + 15{,}5\ Cal.$$

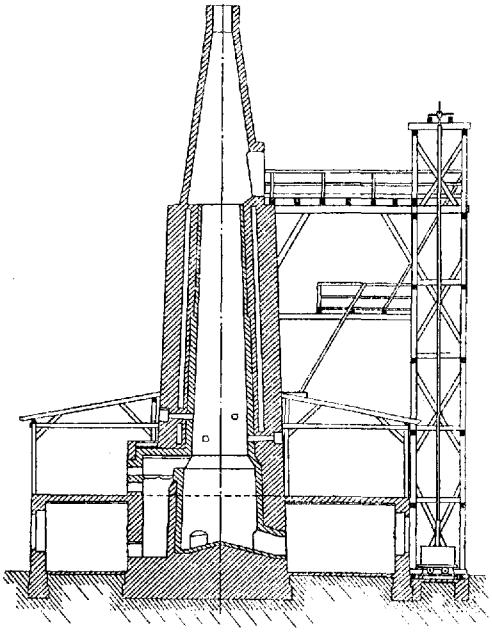
Будучи замешена с водой и песком в строительный раствор, гашеная И., поглощая углекислоту из воздуха, постепенно твердеет; при этом выделяется часть химически связанной воды (сырость зданий в течение некоторого времени после постройки). Песок образует скелет, не изменяющий своего объема при высыхании, и, одновременно увеличивая пористость раствора, облегчает проникание в раствор углекислоты; кроме того, песок понижает стоимость раствора.

Для получения полно и быстро гасящейся И. пригодны известняки, не содержащие глинистых примесей или содержащие их в количестве, не превышающем 10 %. Содержание примесей в количестве 10 % и более ведет к тому, что И. получается тощей, не дающей жирного теста и менее выгодной в строительстве. Разложение известняков при обжиге (диссоциация) происходит при $t°$ ок. 900°; на практике обжиг ведется при $t°$ ок. 1 200°. Из 100 вес. ч. химич. чистого $CaCO_3$ получается 56 вес. ч. CaO и 44 вес. ч. CO_2.

При содержании в известняках примесей выход продукта соответственно увеличивается. Выделение углекислого газа из $CaCO_3$ при его прокаливании затрудняется в присутствии того же газа, вследствие чего в печах устанавливают усиленную тягу; кроме того, в печь вводят водяной пар для понижения давления углекислого газа. При обжиге доломитизированных известняков выход готового продукта уменьшается. Так как магнезия (MgO) является хорошим плавнем для глинистых примесей и $MgCO_3$ теряет свою углекислоту легче, чем $CaCO_3$, то обжиг доломитизированных известняков, загрязненных глинистыми примесями, ведут при более низкой $t°$. При этом, однако, значительная часть $CaCO_3$ остается неразложенной и представляет собой недожог. При сильном обжиге доломитизированных известняков получается спекание материала, к-рое влечет за собой медленное и позднее гашение части



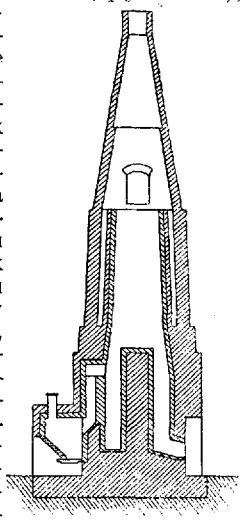
Фиг. 1.



Фиг. 2.

известкового раствора, т. н. пережог. Теоретич. расход тепла на разложение чистого $CaCO_3$ составляет на 1 граммолекулу 42 520 cal, а $MgCO_3$ — 28 900 cal; практически же расход тепла значительно больше.

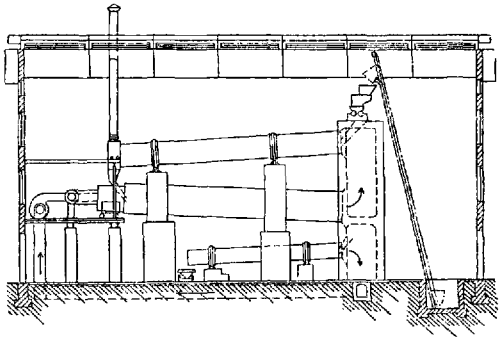
Обжиг известняков производится в печах периодич. действия (напольных или постоянных) и непрерывного действия (шахтных, кольцевых и вращающихся). Напольная печь, так наз. куча (фиг. 1), складывается из кусков предназначенного для обжига известняка; при короткопламенном топливе известняк укладывают слоями вперемежку с углем, а при длиннопламенном (обычно дрова) из кусков известняка выкладывают особые очелки для сжигания топлива. Печи периодич. действия в настоящее время выходят из употребления и заменяются непрерывно действующими печами, главн. обр. шахтного типа, которые также разделяются на короткопламенные и длиннопламенные. В короткопламенных печах каменный уголь переслаивается со слоями известняка по всей площади печной шахты; в длиннопламенных шахтных печах (фиг. 2) топливо (дрова, торф, длиннопламенный уголь, генераторный газ) сжигается в специальных топках, расположенных по окружности печной шахты. В газовых печах генераторный газ либо вырабатывается в генераторах, устроенных при печи (фиг. 3), либо подводится к топкам (горелкам) по особым газопроводам от отдельно стоящего генератора. Кольцевая, непрерывно действующая печь, обычно применяющаяся для обжига строительного кирпича, может также служить и для обжига известняков. Вращательные печи (трубы-печи), основной тип к-рых нашел себе широкое применение в производстве портланд-цемента, начинают применять для получения И. при нек-рых изменениях в их конструкции; так, во вращательной печи Мейера (фиг. 4) вместо двух обычных барабанов имеются три; в двух ее верхних барабанах горячие газы движутся не навстречу сжигаемому материалу, а идут в одном направлении с ним. Последнее обстоятельство предупреждает пережог материала в случае обжига мергельных известняков. В нижнем барабане обожженный материал охлаждается. Применение вращательных печей целесообразно там, где сырой материал (известняк) мягок, механически непрочен, рассыпается при обжиге и не допускает обжига в шахтных печах. Эти печи еще не получили широкого распространения.



Фиг. 3.

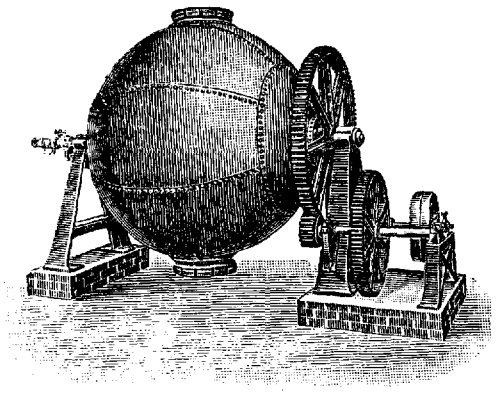
При выходе из печи кипелка сохраняет форму кусков известняка, немного уменьшившихся в объеме (не более 14%). Уд. в. ее—3,2; вес единицы объема (1 *л*)—от 0,77 до 1,07 *кг*. Если известняк был чистый, то и цвет полученной кипелки бывает белый. Мергельные известняки дают И. серого или желтоватого цвета. На воздухе кипелка поглощает пары воды и углекислоту. Раствор, приготовленный на погасившейся таким путем И., обычно плохо или совсем не твердеет. Поэтому приходится полученную кипелку хранить соответственным образом или же гасить ее в порошок; в этом виде хранить И. проще и удобнее. Чтобы лучше сохранить кипелку, ее располагают следующим образом: на дощатый пол, положенный на сухом месте, насыпают слой сухого песка, на него—небольшой слой кипелки, которую спрыс-

кивают водой, и на получившуюся пушонку укладывают плотно куски кипелки; верхний ряд кучи снова поливают водой и на образовавшийся сверху слой пушонки опять насыпают песок. При таком способе хранения,



Фиг. 4.

предложенном Вика, кипелка сохраняется в течение года без заметного изменения. На известковообжигательных з-дах для удобства перевозки и хранения И. ее обыкновенно гасят водой; лучшим способом считается гашение паром. На фиг. 5 изображен аппарат для гашения, состоящий из прочного железного котла, вращающегося на оси и имеющего два герметически закрывающихся рабочих отверстия. В котел помещают кипелку, впускают необходимое для реакции количество воды и закрывают рабочее отверстие. Благодаря повышению $t°$ и давлению в котле, гашение извести протекает быстро и полно. При гашении И. в пушонку объем получаемого порошка в 3—3,5 раза больше объема кипелки. Уд. вес чистой гашеной И. 2,1. Вес единицы объема (1 *л*) пушонки 0,403—0,443 *кг* в рыхлом состоянии и 0,675—0,704 *кг* в утрясенном состоянии. При гашении И. в тесто происходит наибольшее увеличение объема, дающее возможность делать большие добавки песка (в пропорциях от 1:2 до 1:4) в строительный раствор. Гашение



Фиг. 5.

кипелки в тесто производят в ямах (творилах). Из 1 *кг* кипелки получается 1,81—3,24 *л* нормально-густого известкового теста. Известковое тесто, сильно разведенное водой, с уд. весом менее 1,3, называется известковым молоком. В 100 вес. ч. воды при $t°$ 15° растворяется 0,170 вес. ч. $Ca(OH)_2$ (известковая вода). Требования, предъявляемые к доброкачественной воздушной И., следующие: 1) количество негасящихся частиц, остающихся на сите (9 отверстий на 1 *см*²), не должно превышать 10%; 2) сопротивление разрыву через 28 дней по изготовлении раствора из 1 ч. известкового теста (содержащего 50% воды) и 4 ч. песка (по весу) д. б. не менее 2 *кг* на 1 *см*², а сопротивление сжатию—не менее 6 *кг* на 1 *см*².

Гидравлическая И. — продукт, получаемый умеренным обжигом мергелистых известняков, содержащих не менее 75% $CaCO_3$; при содержании в мергеле менее 75% $CaCO_3$ получаемый после обжига продукт не обладает способностью гаситься водой. Химич. состав гидравлич. И. очень разнообразен и обычно выражается т. н. гидравлич. модулем (гидромодуль). Это число показывает соотношение между И. и глинистой составной частью в готовом продукте:

$$M = \frac{\%\,CaO(+MgO)}{\%\,SiO_2 + \%\,(Al_2O_3 + Fe_2O_3)}.$$

Скорость схватывания и твердения раствора гидравлич. И. зависит также от отношения в мергелистой И. количества кремнезема к глинозему. Для хороших гидравлич. И. это отношение не д. б. менее 2,5; большее содержание глинозема дает очень быстро схватывающиеся И. Обжиг гидравлич. И. производят в печах, подобных шахтным печам для обжига обыкновенной И. Темп-ра обжига различна для отдельных мергелистых известняков и в среднем равна 900—1 000°. При этих $t°$ углекислый кальций разлагается, глина расщепляется на глинозем и кремнезем, к-рые образуют с И. негидратизированные алюминаты и силикаты; присутствие их в строительном растворе и обусловливает его способность твердеть при действии воды. Гидравлич. И. у нас пока не вырабатывается, хотя условия для этого подходящие. В западных странах производство гидравлич. И. довольно значительно: ею заменяют в подходящих случаях дорогой портланд-цемент. Уд. в. гидравлич. И.—2,8÷2,9. Механические качества раствора, приготовленного из 1 вес. части гидравлической И. и 3 вес. частей песка, следующие:

Через	7 дн.	28 дн.	3 мес.	6 мес.	1 год
Сопр. разрыву в *кг/см*² до	7	13	18	25	27
Сопр. сжатию в *кг/см*² до	27	51	94	126	153

Статистико-экономические данные. Точных сведений о потреблении у нас И. теми или иными отраслями промышленности не имеется. В пятилетнем плане промышленности строительных материалов на 1928/29—1932/33 гг. Главным строительным комитетом ВСНХ запроектирован следующий размер производства извести (в тыс. *т*):

Годы	Размер производства в тыс. *т*	Стоимость продукции в млн. руб. (по ценам 1926/27 г.)
1927/28 (исходн.)	671	11,64
1928/29	934	15,97
1929/30	1 364	23,45
1930/31	2 060	35,38
1931/32	2 100	37,06
1932/33	2 399	41,12
Итого за 5 лет	8 857	152,98

Для выполнения этого плана намечается строительство новых заводов за пять лет:

По РСФСР . . .	65	заводов	произв. в	1 091	тыс.	m
» УССР . . .	11	»	» »	291	»	»
» БССР . . .	5	»	» »	26	»	»
» ЗСФСР . . .	7	»	» »	32	»	»
» УзССР . . .	6	»	» »	22	»	»
Всего по СССР	94	»	» »	1 462	тыс.	m

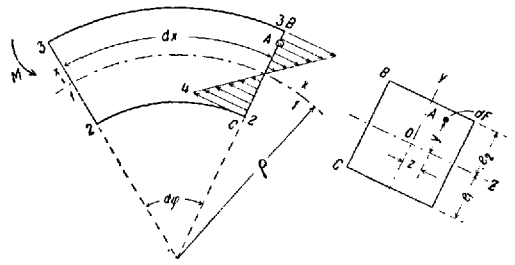
Главнейшими производственными объединениями в СССР являются: Новгородское объединение, Укрсиликат, Грязинские известковые заводы, Белгородско-Суджанский трест и др.

Лит.: ОСТ 417; Справочник по строит. материалам Моск. товарн. биржи, М., 1927; Эвальд В., Строит. материалы, их приготовление, свойства и испытание, Л., 1926; Дементьев К. Г., Курс химич. технологии, II.—Киев, 1918; его же, Технология строит. материалов, Киев, 1912; «НИ», т. 1, 1926; Eckel E. C., Cements, Limes a. Plasters, London, 1922; Candlot, Ciment et chaux hydrauliques, Paris, 1906. **А. Шепетов.**

ИЗГИБ, один из видов деформаций, характеризуемый тем, что поперечные сечения стержня, первоначально параллельные, при деформации наклоняются друг к другу, при чем ось стержня искривляется.

Прямолинейный стержень. На фиг. 1 изображен в деформированном состоянии стержень, первоначально прямой.

1-й случай (круговой изгиб). Выделенный по длине стержня участок подвергается действию изгибающего момента M (фиг. 1).



Фиг. 1.

Пограничные волокна стержня испытывают деформации: *3-3*—растяжения и *2-2*—сжатия, при чем можно найти такой промежуточный слой *1-1*, волокна к-рого не изменяют при изгибе своей длины. Этот слой называется нейтральным. На фиг. 1 сечение этого слоя с плоскостью чертежа представлено линией x-x. Предполагается, что изменение деформаций по высоте сечения (ось Y) происходит по прямой *4-4* (гипотеза Навье). Поэтому деформация в некоторой точке A (z, y) сечения равна

$$i_A = i_B \cdot \frac{y}{e_2}, \qquad (1)$$

где i_B—наибольшая деформация, получающаяся в краевом волокне B сечения. Далее предполагается, что между напряжениями и деформациями при И. существует прямая пропорциональность (закон Гука):

$$k_{z_A} = Ei_A, \qquad (2)$$

где E—модуль упругости 1-го рода. Из геометрических соотношений фиг. 1 получим:

$$i_A = \frac{l'_A - l_A}{l_A} = \frac{(\varrho + y)\,d\varphi - \varrho\,d\varphi}{\varrho\,d\varphi} = \frac{y}{\varrho}, \qquad (3)$$

где l_A—длина волокна A после деформации, l_A—длина волокна A до деформации. Напряжение в той же точке

$$k_{z_A} = E \cdot \frac{y}{\varrho}, \qquad (4)$$

при чем ϱ—радиус кривизны нейтрального волокна, деформация которого равна нулю. Т. о., напряжение в любой точке сечения определяется ее расстоянием от нейтральной линии и радиусом кривизны последней. Положение нейтральной линии и радиус кривизны находим из условий равновесия выделенной части стержня.

1) Сумма проекций на любые направления всех действующих сил равна 0:

$$\int_0^F k_z \cdot dF = 0 \quad \text{или} \quad \int_0^F E \cdot \frac{y}{\varrho} \cdot dF = 0, \qquad (5)$$

откуда

$$\int_0^F y \cdot dF = 0; \qquad (6)$$

т. о., статич. момент площади сечения относительно нейтральной линии равен 0—нейтральная линия проходит через ц. т. сечения.

2) Сумма моментов всех сил относительно любой оси равна 0:

а) относительно оси Z

$$\int_0^F k_z \cdot y \cdot dF = \frac{E}{\varrho} \cdot \int_0^F y^2 \cdot dF = M, \qquad (7)$$

где $\int_0^F y^2 \cdot dF = I_z$—момент инерции площади сечения относительно оси Z. Из уравнения (7) имеем:

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{M}{E \cdot I_z}, \qquad (8)$$

т. е. кривизна нейтральной линии равна изгибающему моменту, деленному на жесткость ($E \cdot I_z$) балки при И.;

б) относительно оси Y

$$\int_0^F k_z \cdot z \cdot dF = 0 \quad \text{или} \quad \frac{E}{\varrho} \cdot \int_0^F z \cdot y \cdot dF = 0; \qquad (9)$$

поэтому

$$\int_0^F y \cdot z \cdot dF = I_{yz} = 0, \qquad (10)$$

т. е. центробежный момент площади сечения относительно нейтральной линии равен 0, и оси Y и Z—главные центральные оси сечения. Сопоставляя выражение для радиуса кривизны и напряжения, получим:

$$k_{z_A} = \frac{My}{I_z}, \qquad (11)$$

и для краевой точки сечения

$$k_{z_B} = \frac{Me_2}{I_z}, \qquad (12)$$

где e_2—расстояние от нейтральной линии наиболее удаленного волокна. Обозначая через $\frac{I_z}{e_2} = W_z$ момент сопротивления, имеем:

$$W_z = \frac{M}{k_b}, \qquad (13)$$

ур-ие прочности, по к-рому при выбранном допустимом для данного материала напряжении на изгиб k_b отыскиваем прочные размеры балки в том случае, когда напра-

вление действующей силы совпадает с одной из главных осей сечения.

2-й случай. Все действующие силы приводятся к моменту и главному вектору сил; в этом случае условия равновесия дают при малых углах $d\varphi$ (фиг. 2):

$$-M+S_1\,dx+M_1=0\,, \qquad (14)$$

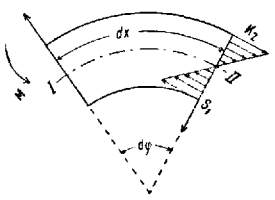
где M—изгибающий момент в сечении I, M_1—в сечении II, отстоящем на бесконечно малое расстояние dx. За положительное направление момента принято то, которому соответствует вращение по часовой стрелке. При $M>M_1$

$$dM=M-M_1=S_1\,dx,$$

или

$$S_1=\frac{dM}{dx}\,, \qquad (15)$$

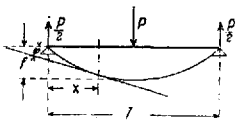
т. е. главный вектор сил является производной изгибающего момента по x (теорема Шведлера) и называется срезывающей силой. Момент M_1 компенсируется теми же нормальными напряжениями k_z, как и в случае отсутствия главного вектора. Существование последнего обусловливает появление напряжений касательных, лежащих в плоскости сечения. Т. о., в каждой точке балки действуют касательные и нормальные напряжения. В длинных балках, в к-рых отношение длины l к высоте h (или диаметру балки d) больше 10, преимущественное значение имеют нормальные напряжения; расчет ведут по формуле:



Фиг. 2.

$$W_z=\frac{M_{max}}{k_b}\,.$$

В коротких балках $\left(\frac{l}{h}=\frac{l}{d}<10\right)$ следует делать проверку на касательное напряжение. Деревянные балки, благодаря слабому сопротивлению дерева сдвигу, обязательно д. б. проверены на касательные напряжения. Клепаные железные балки также д. б. проверены на касательные напряжения т. к. площадь сечения их вообще мала и легко может оказаться недостаточной по отношению к касательным напряжениям. Ур-ием (8) устанавливается зависимость между ординатой прогиба балки и изгибающим моментом в данном сечении, именно



Фиг. 3.

$$\frac{1}{\varrho}=\frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}=\frac{M}{EI_z}\,.$$

При незначительных углах φ, образуемых изогнутой осью балки с осью X (фиг. 3), можно принять, что

$$\frac{1}{\varrho}=\frac{d^2y}{dx^2}\,,$$

и дифференциальное ур-ие упругой изогнутой оси представится в таком виде:

$$E\cdot I_z\cdot\frac{d^2y}{dx^2}=M_x\,. \qquad (16)$$

Двукратное интегрирование даст ординату прогиба в функции x. Подстановкой любого значения x определяется стрела прогиба в точке с абсциссой x. Интерес представляет всегда наибольшая стрела прогиба, к-рая бывает в середине однопролетной балки или вблизи середины.

Частные случаи. 1) $M_x=\mathrm{Const}$, т.е. изгибающий момент постоянен. По ур-ию (16) и (8) следует, что $\varrho=\mathrm{Const}$, или изогнутая ось балки представляет собой дугу круга. Стрелу прогиба получаем геометрически: для консольной балки

$$f=\frac{Ml^2}{2E\cdot I_z}\,.$$

2) $M_x=\frac{P}{2}x$ (фиг. 3). Ур-ие изогнутой оси:

$$E\cdot I_z\cdot\frac{d^2y}{dx^2}=\frac{P}{2}x,$$

откуда

$$E\cdot I_z\cdot\frac{dy}{dx}=\frac{Px^2}{4}+C\,,$$

$$E\cdot I_z\cdot y=\frac{Px^3}{12}+Cx+C_1\,.$$

При $x=0$: $y=0$ и $C_1=0$; при $x=\frac{l}{2}$: $\frac{dy}{dx}=0$ и $C=-\frac{Pl^2}{16}$.

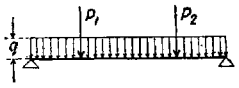
Поэтому

$$E\cdot I_z\cdot y=\frac{Px^3}{12}-\frac{Pl^2}{16}x\,.$$

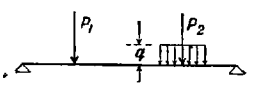
При $x=\frac{l}{2}$

$$f=\frac{Pl^3}{48E\cdot I_z}\,.$$

3) При одновременном действии сосредоточенных сил и равномерно распределенных нагрузок количество постоянных в уравнении



Фиг. 4.



Фиг. 5.

упругой кривой увеличивается на две для каждой области, и нахождение их, в виду сложности ур-ия, представлялось бы затруднительным. Число постоянных для всех случаев сосредоточенных и сплошных нагрузок, по теореме Клебша, м. б. сведено к двум. Для балки (фиг. 4) количество постоянных, подлежащих определению, равно двум; обе постоянные легко отыскиваются из выражений для конечных условий: а) $y=0$ при $x=0$ и б) $y=0$ при $x=l$. К балкам (фиг. 5) теорема Клебша неприменима, так как в этом случае равномерно распределенная нагрузка не сплошная.

Косой И. Косым И. будет, если направление действующей силы не совпадает с одной из главных осей сечения. На фиг. 6 направление силы совпадает с осью Y, а Z_0—соответствующая главная ось Z-образного сечения: оси Y и Z_0 образуют угол φ. Разложением силы по главным осям Z_0 и Y_0 явление косого И. может быть сведено к И. в двух главных плоскостях—XY_0 и XZ_0—под действием моментов

$M_{z_0}=Pl\cdot\sin\varphi=M_0\cdot\sin\varphi$ и $M_{y_0}=M_0\cdot\cos\varphi$.

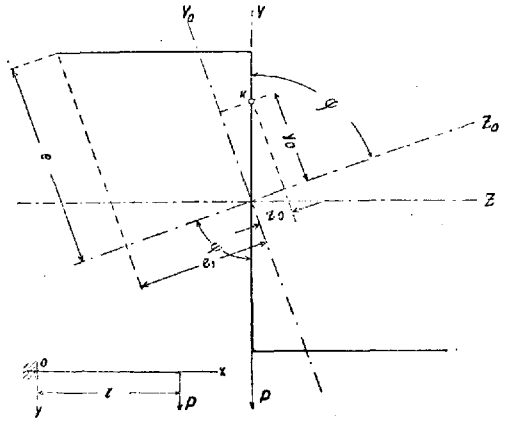
Напряжение в точке k (y_0, z_0)

$$k_z=\frac{M_{z_0}\cdot y_0}{I_{z_0}}+\frac{M_{y_0}\cdot z_0}{I_{y_0}}\,,$$

или

$$k_z = M_0\left(\frac{y_0 \cdot \sin\varphi}{I_{z_0}} + \frac{z_0 \cdot \cos\varphi}{I_{y_0}}\right), \qquad (17)$$

где I_{z_0} и I_{y_0} — моменты инерции относительно главных осей сечения. Наибольшее напряжение в сечении оказывается в крайних его точках (напр. при $y_0 = e$ и $z_0 = e_1$) и равно:



Фиг. 6.

$$k_{max} = M_0\left(\frac{\sin\varphi}{W_{z_0}} + \frac{\cos\varphi}{W_{y_0}}\right). \qquad (18)$$

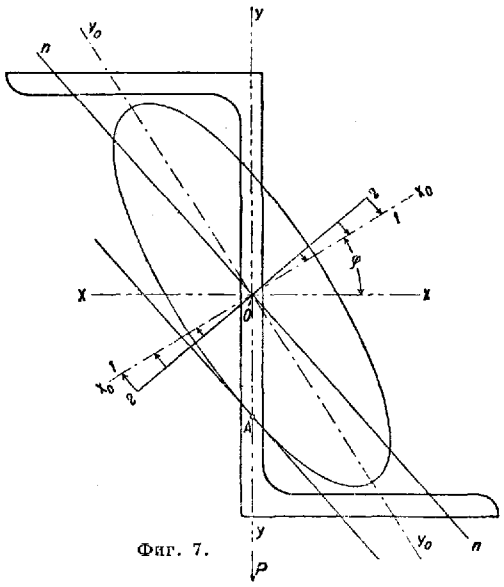
Нулевое напряжение будет в точках, для которых

$$\frac{y_0 \cdot \sin\varphi}{I_{z_0}} + \frac{z_0 \cdot \cos\varphi}{I_{y_0}} = 0,$$

или

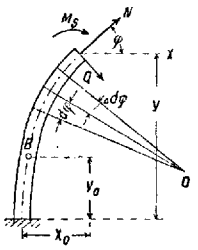
$$y_0 = -z_0 \cdot \operatorname{ctg}\varphi \frac{I_{z_0}}{I_{y_0}}, \qquad (19)$$

т. е. все точки с нулевым напряжением лежат на одной прямой, положение к-рой зависит от относительного значения главных моментов инерции сечения и расположения силы по отношению к главным осям сечения.



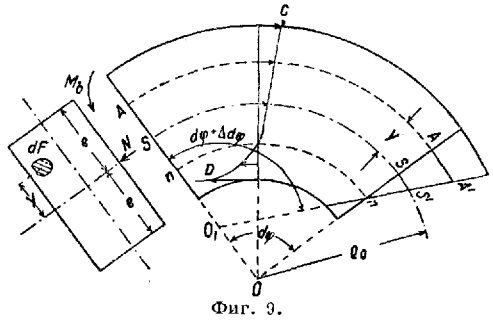
Фиг. 7.

Нейтральную линию при косом И. легко найти построением. Построив эллипс инерции (фиг. 7), проводим в точке A пересечения контура эллипса с направлением силы касательную к эллипсу и через центр сечения параллельную ей; это будет нейтральная линия nn, соответствующая ур-ию (19). Тр-к O-1-2 изображает распределение напряжений. Расчетное ур-ие (18) для косого И. служит лишь для проверки напряжений в сечении: размеры сечения выбраны уже заранее по конструктивным соображениям или определены предварительно на тех же основаниях, что и в случае изгиба в главной плоскости.



Фиг. 8.

Криволинейный брус. При рассмотрении брусьев, ось которых представляет плоскую кривую, обычно предполагают, что все внешние силы лежат в плоскости кривизны и что в той же плоскости лежит одна из главных осей инерции поперечного сечения бруса.



Фиг. 9.

Брус, находящийся под действием сил, рассекаем плоскостью, перпендикулярной к изогнутой оси, и рассматриваем условия равновесия одной части. Внутренние силы взаимодействия отброшенной части можно привести к результирующему моменту M_s и силам N и Q (фиг. 8). Силы Q (срезывающие силы) во внимание не принимают, полагая, что при этой деформации сечения бруса остаются плоскими (гипотеза Бернулли). Выделим из бруса бесконечно малый элемент (фиг. 9). Длина дуги $AA = (\varrho_0 + y)\,d\varphi$. Удлинение волокна AA равно $AA' = y\Delta d\varphi + SS'$, где SS' — удлинение волокна, проходящего через ц. т. Относительное удлинение волокна AA будет

$$i_y = \frac{SS'}{(\varrho_0 + y)\,d\varphi} + \frac{y\Delta d\varphi}{(\varrho_0 + y)\,d\varphi}, \qquad (20)$$

или с некоторой погрешностью

$$i_y = i_0 + \frac{y\Delta d\varphi}{(\varrho_0 + y)\,d\varphi}, \qquad (21)$$

где i_0 — относительное удлинение волокна, проходящего через ц. т. Напряжение в той же точке A

$$k_z = Ei_0 + \frac{E \cdot y}{\varrho_0 + y} \cdot \frac{\Delta d\varphi}{d\varphi}. \qquad (22)$$

Распределение напряжений происходит по гиперболе и показано на фиг. 9 кривою CD. Из условий равновесия следует, что

$$\int_0^F k_z \cdot dF = N, \qquad (23)$$

$$\int_0^F k_z \cdot y \cdot dF = M_b. \qquad (24)$$

Подстановка значения k_z дает:

$$\int_0^F Ei_0\,dF + \int_0^F \frac{Ey\cdot\Delta\,d\varphi}{(\varrho_0+y)d\varphi}\,dF = N,$$

или

$$Ei_0F + \frac{E\cdot\Delta\,d\varphi}{d\varphi}\int_0^F \frac{y\,dF}{\varrho_0+y} = N$$

и

$$\int_0^F Ei_0\,y\,dF + \int_0^F E\,\frac{\Delta\,d\varphi}{d\varphi}\cdot\frac{y^2\,dF}{\varrho_0+y} = M_b.$$

Так как

$$\int_0^F y\,dF = 0 \text{ и } \int \frac{y^2}{\varrho_0+y}\,dF = \int\left(y - \frac{\varrho_0 y}{\varrho_0+y}\right)dF,$$

то

$$\int_0^F E\cdot\frac{\Delta\,d\varphi}{d\varphi}\cdot y\,dF - \int_0^F \frac{E\cdot\varrho_0\cdot y\cdot\Delta\,d\varphi}{(\varrho_0+y)d\varphi}\,dF = M_b, \quad (25)$$

или

$$\frac{E\cdot\Delta\,d\varphi}{d\varphi}\cdot\varrho_0\int_0^F \frac{y\,dF}{\varrho_0+y} = -M_b. \quad (25a)$$

Так как $Ei_0 = k_0$, то

$$k_0 = \frac{M_b}{\varrho_0 F} + \frac{N}{F}. \quad (25б)$$

Из ур-ий 22, 25а и 25б получаем выражение для напряжения в любой точке:

$$k_z = \frac{N}{F} + \frac{M_b}{\varrho_0 F} - \frac{M_b\,y}{(\varrho_0+y)\,\varrho_0\int_0^F \frac{y\,dF}{\varrho_0+y}}, \quad (26)$$

или, что то же,

$$k_z = \frac{N}{F} + \frac{M_b}{\varrho_0 F} + \frac{M_b\,y}{(\varrho_0+y)\varrho_0 Fk}, \quad (27)$$

где

$$k = -\frac{1}{F}\int_0^F \frac{y\,dF}{\varrho_0+y}.$$

Значение k можно найти для каждого сечения графическим путем (по Толле) или разложением в ряды.

Для прямоугольника

$$k = \frac{1}{3}\left(\frac{e}{\varrho_0}\right)^2 + \frac{1}{5}\left(\frac{e}{\varrho_0}\right)^4 + \frac{1}{7}\left(\frac{e}{\varrho_0}\right)^6 + \cdots$$

Для круга

$$k = \frac{1}{4}\left(\frac{e}{\varrho_0}\right)^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{e}{\varrho_0}\right)^4 + \frac{5}{64}\left(\frac{e}{\varrho_0}\right)^6 + \cdots$$

Для трапеции

$$k = -1 + \frac{2\varrho_0}{(b_1+b_2)h}\cdot$$

$$\cdot\left\{\left[b_2 + \frac{b_1-b_2}{h}(e_2+\varrho_0)\right]\ln\frac{\varrho_0+e_2}{\varrho_0-e_1} - (b_1-b_2)\right\}.$$

Здесь e означает половину высоты сечения, $y = \pm e$ для крайних волокон, в к-рых напряжение достигает наибольшего положительного или отрицательного значения.

Предлагают рассчитывать кривые брусья также по ф-ле Фёппля (Föppl):

$$k_z = \frac{N}{F} + \frac{M_b}{W_z}, \quad (28)$$

т. е. на сложное сопротивление; напр., крюки, рассчитанные по этой ф-ле, обнаруживают даже излишнюю прочность. Нейтральная линия перемещается от ц. т. сечения по направлению к центру кривизны O, и это перемещение возрастает с уменьшением отношения $\frac{\varrho_0}{2e}$. Кривые брусья, для к-рых $\frac{\varrho_0}{2e} \geqslant 5$, рассчитывают по формулам сложного сопротивления для прямолинейных балок (брусья малой кривизны). Брусья, для к-рых $\frac{\varrho_0}{2e} < 5$, называются брусьями большой кривизны; их следует рассчитывать по ф-лам, выведенным для криволинейного бруса.

Деформация кривого бруса. Для определения перемещений отдельных точек кривого бруса под действием внешних сил удобнее всего пользоваться теоремой Кастильяно; для этого нужно иметь выражение потенциальной энергии бруса в виде функции от внешних сил. Возьмем точку криволинейного бруса $B(x_0, y_0)$ в первоначальном положении. После деформации ее положение будет $A(x, y)$. Необходимо узнать приращения Δx и Δy координат и угол поворота $\Delta\varphi$ в точке B. В общем случае на сечение бруса будут действовать изгибающий момент и продольная сила. Найдем выражение потенциальной энергии. Момент M вызовет приращение угла $d\varphi$ на величину $\Delta d\varphi$, определяемую ф-лой

$$\Delta d\varphi = \frac{M\varrho d\varphi}{EI_z},$$

и совершит работу

$$dT = \frac{M\,\Delta\,d\varphi}{2} = \frac{M^2 ds}{2EI_z}.$$

Потенциальная энергия при действии одного момента будет

$$V = \int \frac{M^2 ds}{2EI_z}.$$

Продольная сила N изменит угол $d\varphi$ на величину, определяемую ф-лой

$$\Delta' d\varphi = \frac{\lambda}{\varrho} = \frac{N d\varphi}{EF}.$$

При этом приложенный ранее момент совершит работу

$$dT_1 = M\,\Delta' d\varphi = \frac{MN d\varphi}{EF} = \frac{MN ds}{EF\varrho}.$$

Продольная же сила создает потенциальную энергию:

$$\frac{N\lambda}{2} = \frac{N^2 ds}{2EF}.$$

Полная потенциальная энергия под действием момента и продольной силы будет

$$V = \int \frac{M^2 ds}{2EI_z} + \int \frac{MN\,ds}{EF\varrho} + \int \frac{N^2 ds}{2EF}.$$

Для брусьев малой кривизны это уравнение упрощается, т. к.

$$\int \frac{MN}{EF\varrho}\,ds = 0.$$

Б. ч. при решении задач пользуются ф-лой

$$V = \int \frac{M^2 ds}{2EI_z}.$$

Интегрирование распространено на весь брус. Искривление бруса будет вполне определено, если для каждого поперечного сечения известны перемещения его ц. т. и угол поворота. Положим, требуется исследовать деформации бруса, закрепленного нижним концом (фиг. 8). Чтобы найти угол поворота сечения под действием внешних сил, нужно к заданным нагрузкам присоединить фиктивный момент m, приложенный в рассматриваемом сечении, и составить производную от потенциальной энергии бруса по m. Ур-ие потенциальной энергии выразится:

$$V = \int \frac{(M+m)^2 ds}{2EI_z} + \int \frac{(M+m)N\,ds}{EF\varrho} + \int \frac{N^2 ds}{2EF}.$$

Возьмем частн. производную по фиктивному

моменту, полагая последний в окончательном результате равным нулю. Тогда

$$\Delta\varphi = \left(\frac{\partial V}{\partial m}\right)_{m=0} = \int \frac{M\,ds}{EI_z} + \int \frac{N\,ds}{EF\varrho}. \quad (29)$$

Обычно приближенно принимают

$$\Delta\varphi = \int \frac{M\,ds}{EI_z}. \quad (30)$$

Чтобы найти перемещение данной точки в направлении оси x, нужно к заданным нагрузкам присоединить фиктивную силу X. Вследствие этого изгибающий момент в произвольной точке B увеличится на $M_x = X(y_0 - y)$, продольная сила—на $N_x = X\cos\varphi$. Выражение потенциальной энергии будет

$$V = \int \frac{[M + X(y_0 - y)]^2\,ds}{2EI_z} + \int \frac{[M + X(y_0 - y)](N + X\cos\varphi)\,ds}{EF\varrho} + \int \frac{(N + X\cos\varphi)^2\,ds}{2EF}.$$

Составляя частную производную по X и полагая в окончательном результате $X = 0$ (причем средним членом пренебрегаем), получим искомое приращение:

$$\Delta x_0 = \left.\frac{\partial V}{\partial x}\right|_{x=0} = \int \frac{(y_0 - y)M\,ds}{EI_z} + \int \frac{N\,dx}{EF}; \quad (31)$$

аналогично находим:

$$\Delta y_0 = -\int \frac{(x_0 - x)M\,ds}{EI_z} + \int \frac{N\,dy}{EF}. \quad (32)$$

Оставляя вне внимания влияние нормальной силы, к-рое обычно невелико (3÷4%, если действие момента оценить в 100%), получим более простые ф-лы:

$$\left.\begin{aligned} \Delta x_0 &= \frac{1}{EI_z}\int M(y_0 - y)\,ds \\ \Delta y_0 &= -\frac{1}{EI_z}\int M(x_0 - x)\,ds \end{aligned}\right\} \quad (33)$$

Все формулы применимы и к прямолинейным брусьям, при чем для последних $ds = dx$. Выражения для деформации (30), (31) и (32) можно охватить общей формулировкой: чтобы найти относительное перемещение двух точек криволинейного бруса в известном направлении, следует в одной из них приложить силу, равную единице, по направлению искомого перемещения и составить изгибающий момент от этой силы для произвольной точки бруса. Произведение момента этой силы на изгибающий момент в той же точке от действительных нагрузок бруса представляет подинтегральную функцию дуги кривой. Интеграл этой функции, разделенный на жесткость бруса, дает искомое перемещение. Интегралы легко могут быть вычислены графическим путем.

Лит.: Худяков П. К., Сопротивление материалов, 5 издание, М., 1926; Тимошенко С. П., Курс сопротивления материалов, 8 издание, М.—Л., 1929; Бобарыков И. И., Сопротивление материалов, 2 изд., ч. 1, М.—Л., 1929; Föppl A., Techn. Mechanik, B.—Lpz., 1924; Bach C. u. Baumann R., Elastizität u. Festigkeit, 9 Aufl., B., 1924; Morley A., Strength of Materials, L., 1924; Clebsch A., Resumé des leçons, Paris, 1888; Mayer, «Zeitschrift f. angew. Mathematik u. Mechanik», B., 1926, B. 6, Heft 3.

С. Лебедев.

Изгиб продольный—искривление оси стержня под действием продольных сжимающих сил. Если вертикальный стержень постоянного сечения с нижним зажатым и верхним свободным концами сжимать силой P, то при постепенном увеличении силы P можно достигнуть предела, когда прямая форма равновесия стержня сделается неустойчивой и стержень изогнется (фиг. 10). То значение P, при котором начинается искривление, называется критической силой. Величину $P_{кр.}$ можно найти, пользуясь ур-ием И. Для случая, изображенного на фиг. 10, ур-ие упругой линии будет

$$EI \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + Py - P\delta = 0. \quad (1)$$

Общий интеграл этого ур-ия:

$$y = A\cos ax + B\sin ax + \delta, \quad (2)$$

где $a = \sqrt{\frac{P}{EI}}$. Постоянные A и B определяются из условий на концах изогнут. стержня: при $x = 0$:

1) $y = 0$ и 2) $y' = 0$;

при $x = l$:

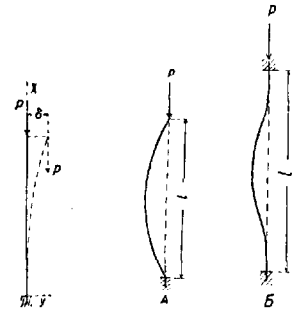
3) $y = \delta$.

Из первых двух условий имеем $A = -\delta$; $[-Aa\sin ax + Ba\cos ax]_{x=0} = 0$, или $B = 0$. Следовательно $y = \delta(1 - \cos ax)$; удовлетворение третьего условия требует, чтобы $\cos al = 0$, т. е. $al = \frac{(2n+1)\pi}{2}$ и $P = \frac{(2n+1)^2\pi^2 EI}{4l^2}$. Наименьшее значение P, при котором начинается искривление стержня, $P_{кр.} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$.

Подобным же образом для стержня с обоими опертыми и обоими зажатыми концами (фиг. 11, А и Б) имеем соответственно:

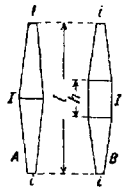
$$P_{кр.} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \text{ и } P = \frac{4\pi^2 EI}{l^2}. \quad (3)$$

Рассматриваемая задача поставлена и разрешена Эйлером, поэтому $P_{кр.}$ называется часто эйлеровой критической силой.



Фиг. 10.

Фиг. 11.



Фиг. 12.

В случае стержней переменного сечения I в ур-ии (1) является ф-ией x. Во всех случаях критическая сила может быть представлена формулой

$$P_{кр.} = \frac{KEI}{l^2}, \quad (4)$$

где I—наименьший момент инерции стержня, K—коэфф. устойчивости, зависящий от закона изменения $I(x)$ вдоль длины стержня и от способа закрепления концов его.

Во втором столбце табл. 1, т. е. при $h = 0$ (фиг. 12, A), даны, по Диннику, коэфф. устойчивости K для стержней с обоими опертыми концами. Если $I(x)$ меняется вдоль длины стержня от середины к обоим концам по квадратному закону (параболоид вращения, клепаная пирамидальная стойка) и по закону 1-й степени (конус), то I обозначает наибольший момент инерции посредине стержня, а i—наименьший у концов.

Табл. 1.—Коэффициент устойчивости K.

$\frac{i}{I}$ \ $\frac{h}{l}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8
0,01	3,45	4,73	6,58	8,62	9,71
	2,55	3,65	5,42	7,99	9,63
0,2	6,37	7,49	8,61	9,44	9,81
	6,14	7,31	8,49	9,39	9,81
0,4	7,61	8,42	9,15	9,63	9,84
	7,52	8,30	9,10	9,62	9,84
0,6	8,51	9,04	9,48	9,74	9,85
	8,50	9,02	9,46	9,74	9,85
0,8	9,24	9,50	9,70	9,82	9,86
	9,23	9,50	9,69	9,81	9,86

Остальные столбцы табл. 1 дают K для случая фиг. 12, B, когда средняя часть стержня длиною h имеет постоянное сечение, к обоим же концам сечения стержня суживаются. Если силы распределены вдоль длины стержня (фиг. 13), то критич. значение такой нагрузки, т. е. то ее значение, при к-ром начинается продольный изгиб,

$$Q_{кр.} = \frac{KEI}{l^3}. \qquad (5)$$

Для вертикального стержня постоянного сечения, к-рый искривляется от собственного веса, значения K для случаев закрепления концов, указанных на фиг. 10, 11, А и 11, Б, соответственно равны: 7,87; 18,5 и 73,6.



Фиг. 13.

Если, кроме собственного веса Q, на вертикальный стержень действует продольная сжимающая сила P, приложенная на конце его (радиомачта с одной системой оттяжек на конце), то K для случаев закрепления концов, указанных на фиг. 10 и фиг. 11, А, даны, по Н. Гришковой, в табл. 2 (m обозначает отношение собственного веса стержня Q к эйлеровой критической силе для рассматриваемого случая).

Табл. 2.—Коэффициент устойчивости K.

m	0	0,25	0,50	0,75	1	2
K (фиг. 10) . .	2,47	2,28	2,10	1,91	1,72	0,95
K (фиг. 11, А) .	9,87	8,64	7,40	6,17	4,93	0

Все приведенные результаты верны только в том случае, если напряжения не превосходят предела пропорциональности. Для каждого материала, при любом закреплении концов и любой форме стержня, можно установить ту длину, начиная с к-рой предыдущие выводы неприменимы. Так, длина l железного стержня постоянного сечения при обоих опертых концах д. б. больше $100\,r$, где r—наименьший радиус инерции стержня. Для более коротких стержней, зная зависимость между напряжением и деформацией за пределами упругости, можно тоже теоретически найти $P_{кр.}$. Но при расчетах проще пользоваться эмпирич. ф-лами. По Ясинскому, для железных стержней с обоими опертыми концами критич. напряжение $P_{кр.} = \left[3\,380 - 14{,}83\,\frac{l}{r}\right]$ кг/см² для $\frac{l}{r} < 110$. По Тетмайеру, для чугуна при $l > 80\,r$ можно брать ф-лу Эйлера, при меньшей же длине

$$P_{кр.} = \left[7\,760 - 120\,\frac{l}{r} + 0{,}53\left(\frac{l}{r}\right)^2\right] кг/см^2;$$

для дерева при $l < 110\,r$

$$P_{кр.} = \left[293 - 1{,}94\,\frac{l}{r}\right] кг/см^2.$$

Лит.: Ясинский Ф. С., Собрание сочинений, т. 1, СПБ, 1902; Тимошенко С. П., Теория упругости, ч. 2, П., 1916 (указана лит.); его же, Курс сопротивления материалов, 8 издание, М.—Л., 1929; Динник А. Н., О расчете стоек переменного сечения, «ВИ», 1929; Гришкова Н. П., Влияние собственного веса на продольный изгиб стержней, «ВИ», 1928, 3. **А. Динник.**

ИЗЛОЖНИЦЫ, металлические формы для отливки металлов в виде слитков простых очертаний.

И., употребляемые при выплавке чугуна и других, кроме железа, металлов из руд, обычно отливаются из серого чугуна. Полости таких И. могут иметь разнообразную форму, и определенных правил в этом отношении указать нельзя. Очень часто внутренние очертания таких И. имеют форму усеченной пирамиды, меньшее основание к-рой, в виде прямоугольника, образовано дном И.; при этом основания усеченной пирамиды бывают обычно сильно вытянуты в одном направлении, так что при небольшой глубине И. получается слиток вытянутой формы. Нередко на дне И. имеются не доходящие доверху перегородки, благодаря чему нижняя часть слитка (чушки) выходит подразделенной на части впадинами, облегчающими последующую разбивку слитка на части.

Для отливки стальных слитков, подвергающихся дальнейшей обработке прокаткой или ковкой, употребляют чугунные или стальные И. В зависимости от обработки слитков, сечение И. делается квадратным, прямоугольным, многогранным или круглым. Углы И. закругляют с целью уменьшить возможность образования трещин на углах слитка при затвердевании. Боковые внутренние поверхности квадратных и прямоугольных И. делают слегка вогнутыми, т. к. при затвердевании и охлаждении слитков грани их втягиваются, вследствие усадки, внутрь, и при плоских боковых поверхностях И. грани слитка получились бы вогнутыми. Многогранные И. обычно делаются, наоборот, с выпуклыми внутренними боковыми поверхностями. Слитки, отлитые в многогранных И. обычно употребляются для поковок. Вогнутые грани таких слитков предохраняются от образования трещин при затвердевании и охлаждении слитка тем, что ребра его, охлаждаясь гораздо быстрее граней, образуют как бы жесткий скелет. И. круглого сечения применяются в производстве специальной стали для отливки только мелких слитков, т. к. слитки большого диаметра наиболее склонны при охлаждении давать трещины.

В открытых с обеих сторон И. сталь может отливаться прямо сверху или же снизу, сифоном. В последнем случае серия И. (до 60 штук и даже больше) ставится на чугунный поддон особого типа. В таком поддоне сделаны расходящиеся от центра его желоба, в к-рые укладываются сифонные трубки (шамотные) с выводными отверстиями. И. устанавливают т. о., чтобы центры оснований их находились над выводными отверстиями сифон. трубок. Сталь из ковша выпускают в центральную И., обычно футерованную, откуда она по каналам

сифонных трубок поступает одновременно во все И., находящиеся на поддоне. При отливке сверху усадочная раковина в слитке получается менее глубокой, чем при отливке сифоном. Глубина усадочной раковины получается меньшей, если И. имеет большее сечение вверху, чем в обратном случае. Поэтому в тех случаях, когда требуется сосредоточить усадочную раковину в верхней части слитка, употребляются И., расширяющиеся кверху; при этом дно И. делается глухим, а не открытым—во избежание образования заливов внизу, к-рые, заклинивая слиток, служат причиной образования трещин. Такие И. нередко снабжаются сверху особой футерованной огнеупорным материалом наставкой—прибылью, где сосредоточиваются усадочные раковины при затвердевании. Высота И. превосходит сторону основания (при квадратных слитках) в $3^1/_2$ и до 7—8 раз, а в редких случаях до 10 раз (напр. сечение—175×175 *мм*, высота—1 750 *мм*); граням придается наклон от 0,012 до 0,020.

Толщина стен И. делается с таким расчетом, чтобы И., воспринимая тепло жидкой стали, не нагревалась слишком сильно и не коробилась. Кроме того, желательно достаточно быстрое затвердевание стали, с целью уменьшения ликвации примесей в слитке. В практике при обозначении размера И. указывается только размер нижнего сечения слитка и его приблизительный вес, равный весу И., а в особых случаях в 2—3 раза меньший веса И.

Выбор материала для изготовления И.—вопрос экономичности. И. из стали служат дольше, чем из чугуна, но чугунные И. дешевле. Напр. хорошая чугунная И. средних размеров выдерживает ок. 100—150 отливок, а такая же стальная—до 250—400 и в исключительных случаях даже до 700 отливок. Рекомендуемый состав чугуна: 1,5—2,0% Si, не более 0,5—0,8% Mn и возможно меньше S и P. Сталь для отливки И. применяется с содержанием 0,35—0,45% C. Стойкость И. зависит не только от материала, но и от обращения с ней в работе и от размеров самой И. Для тяжелых слитков стойкость И. ниже, чем для более легких. И. хорошего качества отливаются на уральских з-дах из древесноугольного чугуна, иногда с добавкой стальных обрезков. На Кушвинском з-де И. для небольших слитков, весом ок. 1 *ц*, выдерживали в среднем ок. 700 отливок, а отдельные И. даже и до 1 000, но И. для слитков весом ок. 8 *ц* выдерживали в среднем всего ок. 100 отливок.

После отливок И. должны быть остужены или в баках с водой или просто на воздухе, а затем очищены от приставших брызг и корочек стали. Для увеличения стойкости И. желательно, чтобы они охлаждались на воздухе; при таком охлаждении в каждую И. производится обычно 1—3 отливки в сутки. Новые з-ды оборудываются так, чтобы имелось достаточно места для остуживания И. на воздухе.

С целью получения более гладкой поверхности слитка, внутренние стенки И. перед отливкой иногда покрывают тонким слоем графитового порошка или слоем обезвоженной каменноугольной смолы. Смолой можно покрывать только горячие И.; при этом смола разлагается, и стенки И. оказываются покрытыми тонким слоем сажи.

Лит.: Нейма йер К. Ф., Изложницы для стали, Екатеринослав, 1908; Грум-Гржимайло В. Е., Производство стали, М.—Л., 1925; Лишин В. Н., Металлургия чугуна, железа и стали, т. 2, СПБ, 1911; Noble H., Производство стали, СПБ, 1911; Левитский А. С., «ЖРМО», 1915, ч. 1, стр. 474—479; Карнаухов М. М., там же, 1916, ч. 1, стр. 153—160; Osann B., Lehrbuch d. Eisenhüttenkunde, B. 2, Lpz., 1929. **М. Карнаухов.**

ИЗЛУЧЕНИЕ, процесс выделения энергии, сопровождаемый распространением ее в пространстве в виде электромагнитных волн (см. *Волны, Волны электромагнитные*).

Свет можно рассматривать как лучистую энергию с длиной волны λ в пределах 0,380÷0,790 μ, воспринимаемую глазом. И. одной определенной длины волны называется монохроматическим, или одноцветным. Практически оттенки различных цветов объединяют в ограниченное количество групп, образующих основные цвета в пределах определен. интервалов длин волн (в μ):

Фиолетовый	0,380÷0,430
Синий	0,430÷0,485
Сине-зеленый	0,485÷0,505
Зеленый	0,505÷0,585
Желтый	0,585÷0,605
Красный	0,605÷0,790

По отношению к световым явлениям различают два основных вида И.: калорическое, или тепловое, и *люминесценцию* (см.). Источником теплового И. является тепловая энергия лучеиспускающего тела, и этого вида процесс И. света всегда сопровождается повышением T° светящегося тела. К этому виду И. относится наибольшее количество применяемых на практике источников света (см. *Источники света*).

Законы теплового И. Способность раскаленного тела излучать энергию при определенных длине волны и T° находится в тесной зависимости от его поглощательной способности при тех же условиях. Эта зависимость выражается законом Кирхгофа:

$$\left[\frac{e_\lambda}{a_\lambda}=\frac{e'_\lambda}{a'_\lambda}=\frac{e''_\lambda}{a''_\lambda}=\ldots=\frac{e^{(n)}_\lambda}{a^{(n)}_\lambda}=\text{Const}=\frac{E_\lambda}{A_\lambda=1}\right]_T; \quad (1)$$

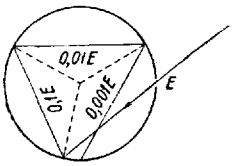
здесь e_λ, e'_λ, e''_λ,..., $e^{(n)}_\lambda$—энергия, излучаемая различными телами с единицы поверхности в единицу времени, для длины волны λ при температуре T; $a_\lambda, a'_\lambda, a''_\lambda, \ldots, a^{(n)}_\lambda$ — поглощательная способность этих же самых тел при тех же λ и T. Для непрозрачных тел $a_\lambda=1-\varrho_\lambda$, где ϱ_λ—отражательная способность этого тела, E_λ—энергия, излучаемая телом, обладающим способностью полного поглощения энергии ($A_\lambda=1$) и называемым абсолютно черным телом. Очевидно, что для всякого тела при темп-ре T и длине волны λ мы имеем: $[e_\lambda=a_\lambda\cdot E_\lambda]_T$. Из этого ур-ия делается очевидной важность определения И. абсолютно черного тела при различных условиях, т. к., зная величину $E_{\lambda,T}$ и измерив для интересующего нас тела $a_{\lambda,T}$, мы сможем определить и $e_{\lambda,T}$. Числовые значения поглощательной способности a для

различных тугоплавких металлов и графита при комнатной температуре приведены в табл. 1.

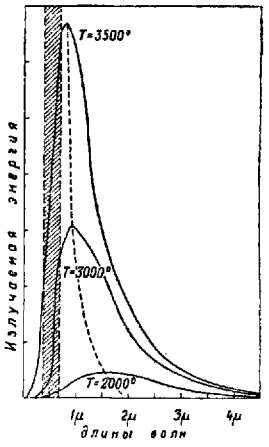
Табл. 1.—Значения поглощательной способности a_λ.

Название	λ			
	0,4 μ	0,5 μ	0,6 μ	0,7 μ
Платина	0,51	0,415	0,358	0,31
Иридий	0,40	0,353	0,331	0,32
Вольфрам	0,53	0,51	0,49	0,46
Тантал	—	0,62	0,55	0,45
Молибден	0,56	0,55	0,52	0,50
Железо	0,50	0,45	0,42	0,41
Никель	0,47	0,39	0,35	0,31
Графит	0,79	0,78	0,77	0,76

При изменении темп-ры приведенные в таблице значения a_λ должны изменяться; однако, для практических подсчетов вполне допустимо пользоваться данными таблицы в том виде, как они здесь приведены. С другой стороны, из приведенного выше основного ур-ия не трудно видеть, что абсолютно черное тело при всяких длинах волн и при всякой $T°$ обладает наибольшей из всех тел природы способностью излучать энергию. В виду отсутствия в природе тела с абсолютно черной поверхностью абсолютно черное тело осуществляется искусственно в виде особой конструкции полого шара или цилиндра с узким отверстием, изготовленного из огнеупорного материала с зачерненной внутренней поверхностью. Идею полного поглощения такого абсолютно черного тела легко понять из фиг. 1. Если поглощательная способность внутренней поверхности его $A'_{\lambda,T}=0{,}9$, то после первого отражения тело отражает 10%, после второго—1% и после третьего — 0,1%; если же после третьего отражения луч выйдет из отверстия, то поглощательная способность такого тела $A_{\lambda,T}=0{,}999$, т. е. весьма близка к единице. При опытах с таким телом необходимо во всех точках полости поддерживать одинаковую температуру. При указанных выше условиях И. внутренней поверхности такого полого шара, наблюдаемое через малое отверстие, можно принять за И. абсолютно черного тела. О. Люммер при своих классических исследованиях температурного И. пользовался таким искусственным телом, выполненным в виде цилиндра с несколькими поперечными диафрагмами.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Излучение абсолютно черного тела. При накаливании твердых и жидких тел обыкновенно имеет место сплошной спектр И., характеризующийся плавной кривой распределения энергии в различных участках спектра. Раскаленные газы обыкновенно дают прерывистый, или линейчатый, спектр, и кривая распределения энергии не имеет непрерывного вида. Если по оси абсцисс отложить длины волн λ, а по оси ординат—значения мощности монохроматич. И. для каждой длины волны $E_{\lambda,T}$, то для абсолютно черного тела при различных темп-рах получим кривые, представленные на фиг. 2. Аналитич. выражение для кривых распределения энергии абсолютно черного тела дает ф-ла Планка (см. *Вина-Планка закон излучения*):

$$E_{\lambda,T}=c_1\lambda^{-5}\left[e^{\frac{c_2}{\lambda T}}-1\right]^{-1}; \qquad (2)$$

при выражении мощности И. $E_{\lambda,T}$ в W с 1 $см^2$, длины волны λ в $см$ и темп-ры T, отсчитываемой от абсолютного нуля, постоянные ур-ия Планка будут:

$$c_1=2\pi c^2h\ ;\ c_2=\frac{ch}{k},$$

где c—скорость света; $h=6{,}554\times10^{-27}$эрг/ск.; $k=1{,}372\times10^{-16}$ эрг/град. (h и k—универсальные мировые постоянные). Интегральное, или полное, И. абсолютно черного тела W во всех областях спектра, при длине волн от 0 до ∞, подчиняется закону, выведенному экспериментально Стефаном и теоретически Больцманом:

$$W=\int_0^\infty E_\lambda\,d\lambda=\sigma T^4, \qquad (3)$$

где

$$\sigma=6{,}494\,\frac{c_1}{c_2^4}=5{,}70\times10^{-12}\ \mathrm{W}/см^2\text{град.}^4$$

Графически W на фиг. 2 м. б. выражено площадью приведенных кривых. Ф-ла Стефана-Больцмана м. б. получена путем замены E_λ ее значением из ур-ия Планка и последующим интегрированием. Дифференцируя формулу Планка, можно получить уравнение, выражающее зависимость между длиной волны λ_{max}, при к-рой E_λ имеет максимум, и темп-рой T (см. *Вина закон смещения*):

$$\lambda_{max}\cdot T=\mathrm{Const}=2\,940\,. \qquad (4)$$

Подстановкой в ф-лу Планка значения λ_{max} из ур-ия Вина можно получить второе ур-не Вина, устанавливающее связь между максимальным значением E_λ и темп-рой T:

$$E_{max}\cdot T^{-5}=\mathrm{Const}=2\,188. \qquad (5)$$

Абсолютно черное тело по сравнению с другими телами представляет собою излучатель с максимальной возможностью И. для всякой длины волны при данной $T°$. По характеру распределения излучаемой энергии в различных частях спектра остальные тела природы м. б. разделены на два класса: тела с серым И. и тела с И. избирательным, или селективным. И. серого тела, в смысле относительного распределения энергии в спектре, очень мало отличается от И. черного тела, уступая последнему в интенсивности. Поэтому все

законы абсолютно черного тела применимы по отношению к И. серых тел; изменяются лишь константы и показатели степеней определяющих ур-ий. Избирательное И. имеет распределение энергии в спектре, отличающееся от такового у абсолютно черного тела и не подчиняющееся законам черного И. Обыкновенно тело с избирательным лучеиспусканием имеет относительный максимум И. в видимой части спектра при меньшем количестве энергии, излучаемой в других участках спектра. Поэтому избирательность И. является весьма желательной для получения источников света с большой экономичностью. Большинство металлов обладают серым И. Количество энергии, излучаемой серым телом, тем меньше, чем больше отличается данное тело от черного тела по поглощательной способности (табл. 1).

И з л у ч е н и е м е т а л л о в. Белая платина—тело с малой поглощательной способностью; поэтому она представляет интерес как наиболее отличающийся от абсолютно черного тела излучатель. Уравнения И. платины таковы:

$$W_n = \int_0^\infty E_\lambda d\lambda = \sigma_1 T^5, \qquad (6)$$

где $\sigma_1 = 0{,}0001135\,\sigma$ из ур-ия (3);

$$\lambda_{max} \cdot T = 2\,630; \qquad (7)$$

$$E_{max} T^{-6} = \text{Const} = 3\,476 \cdot 10^{-21}. \qquad (8)$$

При сравнении с абсолютно черным телом можно найти, что при красном калении платина не излучает и $^1/_{10}$ количества энергии, излучаемой абсолютно черным телом при той же $T°$. При высших $T°$ И. платины все же остается меньшим половины по сравнению с абсолютно черным телом. Остальные металлы занимают промежуточное положение между платиной и абсолютно черным телом. Для И. чистых металлов имеют место ф-лы Ашкинази:

$$E_{\lambda,T} = c_1 \cdot 0{,}0221 \sqrt{\varrho_0 T}\, \lambda^{-5{,}5} \left(e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1\right)^{-1}; \qquad (9)$$

$$W_M = \int_0^\infty E_\lambda d\lambda = c_1 \cdot 4{,}936 \cdot 10^{-20} \sqrt{\varrho_0 T^5}; \qquad (10)$$

$$\lambda_{max} \cdot T = \text{Const} = \frac{c_2}{5{,}477}; \qquad (11)$$

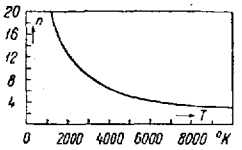
$$E_{max} T^{-6} = c_1 \cdot 1{,}334 \cdot 10^{-23} \sqrt{\varrho_0}; \qquad (12)$$

здесь все обозначения аналогичны обозначениям формулы Планка (2); ϱ_0—удельное сопротивление металла при 0°.

И з л у ч е н и е с в е т а а б с о л ю т н о ч е р н ы м т е л о м зависит от количества энергии, излучаемой в видимой части спектра в пределах длин волн от 0,380 до 0,790 μ. Необходимо, однако, заметить, что энергия, излучаемая при крайних значениях длин волн видимой части спектра, не дает большого светового эффекта вследствие того, что глаз неодинаково чувствителен к волнам различной длины. О кривой чувствительности глаза в различных частях спектра см. *Видимость*. Из приведенных выше кривых фиг. 2 и ур-ий (3) и (4) можно видеть, что излучаемая энергия абсолютно черного тела при повышении темп-ры возрастает весьма быстро. Увеличение количества энергии, излучаемой в видимой части спектра, создает вместе с повышением температуры повышение яркости абсолютно черного тела. Эмпирич. формула, выражающая зависимость между яркостями при двух смежных значениях $T°$, будет

$$\frac{B_1}{B_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^n. \qquad (13)$$

Значение n для абсолютно черного тела изменяется вместе с темп-рой T по закону кривой, представленной на фиг. 3. При пользовании этой ф-лой для определения яркости интервалы $T°$ не д. б. большими во избежание понижения точности получаемых результатов. Яркость всякого раскаленного тела может служить масштабом его $T°$. Ч е р н о й $T°$ какого-либо раскаленного тела называется $T°$, которую имеет абсолютно черное тело при той же яркости, что и данное тело. Разница между черной и действительной $T°$ раскаленного «серого» излучателя, называемая иногда ц в е т н о й $T°$, зависит от его поглощательной способности. Для определения истинной $T°$ какого-либо тела по его «черной» $T°$ служит ур-ие:



Фиг. 3.

$$T_{ист.} = \frac{c_2}{\lambda} \cdot \frac{1}{\ln\left[1 + a_\lambda \left(e^{\frac{c_2}{\lambda T_{черн.}}} - 1\right)\right]}; \qquad (14)$$

здесь a_λ—поглощательная способность данного тела (значения a_λ для различных металлов приведены в табл. 1). Для $T°$ ниже 3 000° подходит более простая ф-ла:

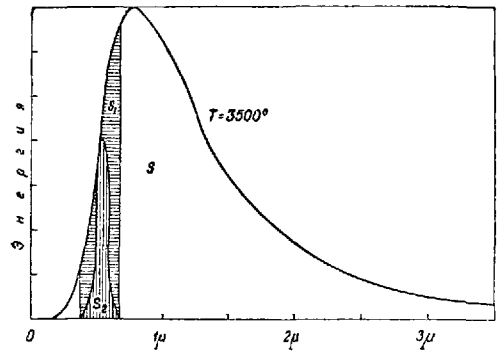
$$\ln a_\lambda = \frac{c_2}{\lambda}\left(\frac{1}{T_{ист.}} - \frac{1}{T_{черн.}}\right). \qquad (15)$$

Здесь можно принять $c_2 = 1{,}43$ и $\lambda = 0{,}65\ \mu$.

С в е т о в а я о т д а ч а т е м п е р а т у р н о г о и з л у ч е н и я. Световая отдача всякого температурного И. определяется в зависимости как от количества энергии, излучаемой в видимой части спектра в пределах длин волн от 0,380 до 0,790 μ, так и от всего количества лучистой энергии в пределах длин волн от 0 до ∞. Энергия излучения в видимой части спектра аналитически м. б. выражена так: $W_в = \int_{0{,}38}^{0{,}79} E_\lambda \cdot d\lambda$, и полная излучаемая энергия: $W = \int_0^\infty E_\lambda \cdot d\lambda$. Отношение $\frac{W_в}{W}$ носит название энергетического кпд. В виду неравноценности для глаза энергии, излучаемой в видимой части спектра, при различных длинах волн, количество энергии, переходящей непосредственно в световое ощущение, можно получить, умножая элементарный поток лучистой энергии $E_\lambda\, d\lambda$ при длине волны λ на соответствующее значение числа колебаний ν_λ кривой видимости, при данной длине волны, взятой из этой кривой; тогда приведенное видимое И. выразится в виде

$$W_{п.в.} = \int_{0{,}79}^{0{,}38} E_\lambda \cdot d\lambda \cdot \nu_\lambda \cdot$$

Отношение $\frac{W_{в.}}{W_{в.}}$ называется зрительным кпд видимого излучения. Отношение $\frac{W_{в.}}{W}$ носит название зрительного кпд полного излучения. Графически приведенные выше кпд можно выразить отношением соответствующих площадей,



Фиг. 4.

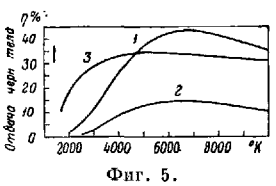
ограниченных кривой И. На фиг. 4 представлена кривая распределения энергии абсолютно черного тела при 3 500° К. Площадь (ограниченная всей кривой) S очевидно будет в известном масштабе равна W; площадь S_1 (заштрихованная горизонтальными штрихами) будет равна $W_{в.}$; площадь S_2 (заштрихованная вертикальными штрихами)—$W_{в.в.}$. Тогда энергетич. кпд $\frac{W_{в.}}{W}=\frac{S_1}{S}$; зрительный кпд видимого И. $\frac{W_{в.в.}}{W_{в.}}=\frac{S_2}{S_1}$ и зрительный кпд полного И. $\frac{W_{в.в.}}{W}=\frac{S_2}{S}$. Числовые значения для приведенных кпд зависят от $T°$. Для абсолютно черного тела, по данным А. Р. Мейера, кривые изменения кпд в зависимости от $T°$ представлены на фиг. 5, где *1*—энергетич. кпд; *2*—зрительный кпд полного И.; *3*—кпд видимого И. (пределы видимого спектра $0{,}4 \div 0{,}7\mu$). Максимальные значения кпд и соответствующие им $T°$ следующие:

Максимум для $\frac{W_{в.}}{W}$ = 39,4% при 7 000° К

» » $\frac{W_{в.в.}}{W}$ = 14,5% » 6 500° »

» » $\frac{W_{в.в.}}{W_{в.}}$ = 39,8% » 4 250° »

Приведенные выше кривые и полученные из них максимальные значения и $T°$ максимумов вычислены А. Р. Мейером для пределов видимого спектра от 0,4 μ до 0,7 μ, при $c_2=1{,}43$; $c_1=3{,}67\cdot10^{-12}$ и $\sigma=5{,}70\cdot10^{-12}$. Кривая чувствительности глаза взята была по данным Айвса. При других положенных в основу данных результаты, естественно, будут отличаться от приведенных.



Фиг. 5.

Световая экономичность абсолютно черного тела. Понятие световой экономичности, или световой отдачи источника света, определяется соотношением между излучаемой данным источником света световой энергией, выраженной в lm или сферич. свечах, или свечах горизонтальных, и полной энергией, необходимой для получения данного светового потока, выраженной в W. Световая экономичность абсолютно черного тела как излучателя м. б. найдена путем измерения его яркости при данной $T°$ и определения из ур-ия (3) общей излучаемой мощности, приходящейся на единицу поверхности абсолютно черного тела при той же $T°$. Отношение этих двух полученных величин будет характеризовать световую экономичность абсолютно черного тела. Данные для определения световой экономичности и значения световых отдач абсолютно черного тела приведены в табл. 2.

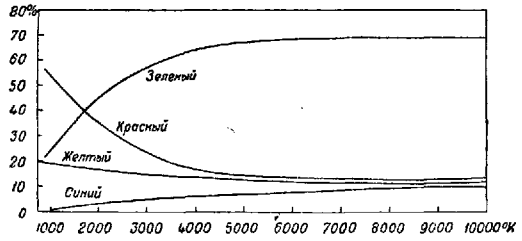
Табл. 2.—Световая экономичность и световая отдача абсолютно черного тела.

°К	Полное излуч. в W/см²	Световой поток в lm/см²	Световая экономичность	
			абсолютно черное тело в lm/W	идеальный излучатель в lm/W
1 500	28,9	2,28	0,0079	131,5
2 000	91,2	131,55	0,1445	171,8
2 500	222,6	1 550	6,96	198,0
3 000	462	7 950	17,60	211,0
3 500	855	27 500	32,20	218,5
4 000	1 459	70 000	48,00	221,2
5 000	3 563	251 500	70,50	219,5
6 000	7 390	591 500	80,00	211,5
7 000	13 690	1 090 000	80,10	201,2
8 000	23 350	1 758 000	75,40	198,0
9 000	37 400	2 580 000	69.00	191,0
10 000	57 000	3 560 000	62,40	188,0

При построении непрерывн. кривой световой экономичности абсолютно черного тела можно определить максимальное ее значение. Это значение будет равняться 81,5 lm/W. Если заменить абсолютно черное тело таким идеальным излучателем, к-рый имел бы такое же количество и распределение энергии, как и абсолютно черное тело, но вся энергия излучалась бы исключительно в пределах видимого спектра, то можно получить значения световой экономичности значительно бо́льшие, к-рые и приведены в последней графе табл. 2. Идеальным случаем светоизлучения было бы превращение всей лучистой энергии в радиации монохроматич. света с длиной волны, соответствующей максимальной чувствительности глаза. Согласно кривой видимости максимальная чувствительность глаза имеет место при длине волны $\lambda \cong 0{,}556\ \mu$. Соотношение между излучаемой мощностью в W и световым потоком монохроматического И. с длиной волны $0{,}556\mu$ носит название механического эквивалента света; величина его равняется 0,0016 W на 1 lm. Соответствующее этому случаю светоизлучение на 1 W равняется 624 lm.

Из всего вышеизложенного следует, что основными условиями получения наибольшей экономичности источника света являются следующие: 1) по возможности вся подведенная энергия должна превращаться в лучистую энергию; 2) И. энергии вне видимой части спектра должно быть наименьшим. В случае температурного И., как можно

видеть из приведенного выше, представляется выгодным для этого повышать $T°$ светящегося тела. Цвет излучаемого света зависит от распределения энергии в пределах видимого спектра. При повышении $T°$, как было указано ранее, максимум И. передвигается в область синих лучей. Распределение энер-



Фиг. 6.

гии раскаленного абсолютно черного тела в различных областях спектра при различных $T°$ дает кривые фиг. 6. И. света другими источниками, их рабочие темп-ры и кпд приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Излучение света, $T°$ и кпд разных источников света.

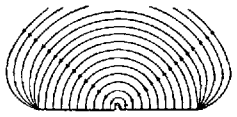
Название источника	Действит. темп-ра в °K	lm/W	Кпд	
			энергетич.	зрительн. полного И.
Парафиновая и стеариновая свеча . . .	1 700	0,0936	0,063	0,017
Керосиновая лампа .	1 850	0,282	0,17	0,05
Керосинокалильный свет	1 850	1,13	0,70	0,20
Спиртокалильн. свет	1 750	0,565	0,37	0,10
Газовая разрезная горелка	1 900	0,192	0,12	0,034
Газокалильный свет	2 000	1,13	0,65	0,20
Ацетиленов. горелка	2 400	0,631	0,33	0,11
Ацетиленокалильный свет	2 400	2,26	1,20	0,40
Лампа с угольной нитью 3,9 W/гориз. свечу	2 135	2,94	1,60	0,52
Лампа с танталовой нитью 1,7 W/гориз. свечу	2 200	5,65	3,10	1,00
Лампа Нернста . . .	2 600	4,75	2,30	0,84
Вольфрам. пустотн. лампа 1,2 W/гориз. свечу	2 335	9,35	5,30	1,80
Вольфрам. лампа газополная	2 745	18,90	9,20	3,40
Дуговая лампа с чистыми углями . .	4 200	7,10	3,20	1,30

Лит.: Майзель С. О., Оптика, П., 1923 (литогр.); Сторже, Свет и зрение, Л., 1925; Meyer A. R., Wissenschaftliche Grundlagen d. Lichterzeugung, Lichttechnik, hrsg. v. L. Bloch, Mch.—B., 1921; Lummer O., Grundlagen, Ziele u. Grenzen d. Leuchttechnik, Mch.—B., 1918; Plank M., Vorlesungen über d. Theorie d. Wärmestrahlung, 5 Aufl., Lpz., 1923; Henning F., Temperaturmessung, Brschw., 1915; Cady F. a. Dates H., Illuminating Engineering, L., 1925; Lorentz H. A., Theorie d. Strahlung, Lpz., 1927. **А. Иванов.**

ИЗЛУЧЕНИЕ И ПРИЕМ электромагнитных волн—два основных процесса во всей радиотехнике. Так как фактически прием электромагнитных волн сводится также к излучению, то, естественно, бо́льшее внимание уделяется в теории и практике вопросам именно излучения, процесса отправления электромагнитных волн в пространство, имеющего конечной целью передачу электромагнитной энергии без проводов.

Излучение. Физическое представление излучения электромагнитных волн [1]. Необходимым условием для излучения электромагнитной энергии, т. е. возникновения распространяющихся электромагнитных волн, является: 1) возможность вырабатывания запасов электрич. и магнитной энергии и 2) нарушение условий равновесия последних в пространстве.

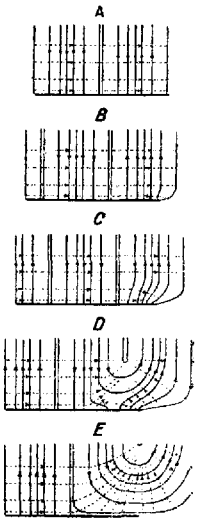
Электромагнитное поле, получающееся вследствие заряда определенной полярности от источника электризации, включенного в середину провода, изображено на фиг. 1. В случае источника, доставляющего переменную электризацию, электромагнитное поле получает вид, показанный на фиг. 2. На фиг. 2 для ясности изображены только электрич. поля; те же явления имеют место и в магнитных полях, не представленных на фиг. 2, так как они перпендикулярны к плоскости чертежа. В обоих случаях электромагнитное поле сохраняет зависимость от проводника, у поверхности


Фиг. 1.


Фиг. 2.

которого положено начало его возникновению; электрич. силовые линии опираются своими концами на поверхность проводника; а т. к. величина электрич. силы у поверхности наибольшая, то электромагнитная волна в пространстве сохраняет связь с волной, распространяющейся по поверхности проводника.

Вследствие ограниченности размеров проводника волна, распространяющаяся по его поверхности, доходит до конца, за к-рым дальнейшее ее распространение невозможно: получается отражение волны, сопровождающееся интерференцией и образованием стоячих волн на поверхности проводника. В эти моменты в пространстве, окружающем часть проводника, на которой возникают стоячие волны, происходит образование свободных электромагнитных волн—излучение энергии. Этот процесс изображен на фиг. 3, где дана лишь одна половина вибратора; сплошные линии показывают направление электрич. сил, пунктирные—течение энергии (направление магнитных сил легко находится, напр., по правилу трех пальцев, и т. д.).



Фиг. 3.

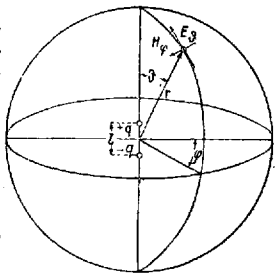
Фиг. 3, *A* соответствует моменту, когда волна только что достигает края проводника. Пренебрегая активным сопротивлением последнего, магнитную силу считаем во всех точках пространства в одной фазе с электр. силой у проводника. Энергия течет вдоль

проводника от источника в пространство. Так как далее волна распространяться не может, то силовые линии, бегущие сзади, набегают на передние и тем вызывают сгущение поля у свободного конца проводника. Волна, распространяющаяся в свободном пространстве, не встречая препятствий, продолжает перемещаться—линия электрическ. силы изгибается (фиг. 3, *B*). Вследствие постепенной остановки движения линий электрич. силы получается ослабление магнитного поля; магнитная сила начинает отставать по фазе от электрич. силы; направление течения энергии в пространстве не меняется, но это течение ослабевает у конца проводника вместе с ослаблением магнитного поля. В то же время сгущение поля передается назад с той скоростью, с какой происходило движение вперед. Встреча прямой и отраженной волн происходит с двойной скоростью; поэтому в момент времени $t = T/4$ сгущение достигает максимума, будучи локализовано посредине. Магнитное поле исчезает, т. к. сдвиг фаз достигает $\pi/2$; поэтому течение энергии прекращается (фиг. 3, *C*).

Вторая стадия начинается с движения силовых линий в обратном направлении. Сгущение поля исчезает; этому благоприятствует то, что встречная полуволна шлет поле обратного направления. Движение линий все ускоряется, усиливается магнитное поле; поток энергии вновь появляется, но уже с другой стороны; энергия расходуется отчасти на тепло Джоуля в проводнике (фиг. 3, *D*). Стадия заканчивается тем, что вся отрицательная полуволна, идущая от источника, наложится на отраженную положит. полуволну, и к моменту $t = T/2$ электрич. поле у поверхности проводника совсем исчезнет. При этом процесс будет происходить уже по всей половине длины волны. Вся энергия, сосредоточенная в пространстве, заключается в кинетич. энергии магнитного поля; потенциальная энергия отсутствует, течение энергии приостанавливается. Эта стадия и сопровождается образованием свободных электромагнитных волн в окружающем пространстве—излучением. Действительно, одна за другой электрич. силовые линии, уничтожаясь у поверхности проводника, теряют, т. о., точку опоры. Остающиеся в пространстве их части, изгибаясь, замыкаются в кольца и как бы отрываются («отшнуровываются») от остальной системы. К концу второй четверти периода у края проводника устанавливается стоячая полуволна: в прилежащем пространстве все остатки силовых линий сомкнутся кольцами, и образуется свободная электрическая волна (фиг. 3, *E*).

Т. о., процесс отражения электромагнитной волны от конца проводника представляет три характерные стадии, при чем продолжительность каждой из них равна четверти периода колебания. Признаки первой стадии—расхождение фаз электрич. и магнитной силы; при этом на проводнике образуется стоячая волна, энергия к-рой запасена в потенциальном виде. Вторая стадия характеризуется возникновением свободной волны у поверхности проводника—в этот период энергия стоячей волны превращается в кинетическую форму. В третьей стадии свободная волна получает движение в пространстве. Затем повторяются лишь вторая и третья стадии, так как расхождение фаз, раз совершившееся, сохраняется все время одним и тем же. Следствием названных процессов оказывается непрерывное излучение в пространство. Т. о., электрический колебательный процесс всегда сопровождается образованием стоячей волны, т. е. неравномерного распределения потенциала и тока; в одних системах проводников эта волна выражена яснее, в других—менее; поэтому каждая система имеет б. или м. значительную способность излучения волны в пространство. Математич. анализ возникновения электромагнитной волны дан впервые Герцом для случая нек-рого идеального вибратора, названного диполем (см. *диполь электрический*), являющегося простейшим элементом, к которому («элементарному диполю») приводятся все остальные виды излучающих систем.

Поле вокруг передающей антенны. В своей работе о распространении электрических сил Герц определил силы электрич. и магнитного полей, которые появляются вокруг колеблющегося электрическ. диполя. Электрический момент диполя определяется так: $M = lq$, где l — длина диполя, а q—переменный заряд его. Для нахождения тока i, появляющегося в диполе, необходимо продифференцировать момент по времени:



Фиг. 4.

$$\frac{dM}{dt} = f' = li\,; \quad \frac{d^2M}{dt^2} = f'' = l\frac{di}{dt}\,. \qquad (1)$$

В полярных координатах (фиг. 4) положение каждой точки определяется ее расстоянием r от центра, углом широты ϑ и углом долготы φ. В этой системе координат силы электрич. и магнитного полей диполя выражаются так:

$$\left.\begin{aligned} H_\varphi &= -\frac{\sin\vartheta}{r}\left[\frac{f'}{r} + \frac{f''}{c}\right]_{t-\frac{r}{c}} \\ E_\vartheta &= -\frac{\sin\vartheta}{r}\left[\frac{cf}{r^2} + \frac{cf'}{r} + f''\right]_{t-\frac{r}{c}} \\ E_r &= 2\frac{\cos\vartheta}{r}\left[\frac{cf}{r^2} + \frac{cf'}{r^2}\right]_{t-\frac{r}{c}} \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Здесь в ф-ниях f, f' и f'' везде надо подставить аргумент $t - \frac{r}{c}$, т. к. имеем волны, двигающиеся из начальной точки со скоростью света c. Для малых расстояний ($d \leqslant \lambda/2\pi$) главное значение будут иметь первые члены в скобках ур-ий (2), т. к. другие при этом исчезают. Здесь магнитное поле, по первому ур-ию (2), подчиняется точно закону Био-Савара, а электрическ. поле—точно закону Кулона. Силы полей уменьшаются со второй и даже с третьей степенью расстояния, так что действие стационарных зарядов и токов на нек-ром расстоянии совсем исчезает. Для

больших расстояний будут иметь значение одни последние члены скобок, так как радиальная составляющая силы поля E_r исчезает почти совершенно по сравнению с тангенциальной E_ϑ. При синусоидальном изменении тока имеем:

$$i = I \sin \omega t \qquad (3)$$

и, по уравнению (1),

$$f'' = \omega l I \cos \omega \left(t - \frac{r}{c}\right) \cdot \qquad (4)$$

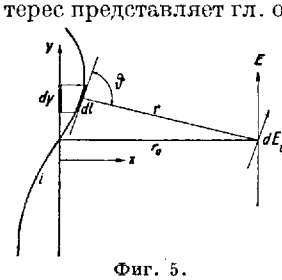
Подставляя это значение f'' в ур-ия (2), получим для больших расстояний силы поля:

$$E_\vartheta = cH_\varphi = -\frac{\sin\vartheta}{r} f'' = -\frac{\omega l I}{r} \sin\vartheta \cos\omega\left(t - \frac{r}{c}\right). \qquad (5)$$

Силы электрич. поля (в меридиональных плоскостях) и магнитного (по кругу широты) увеличиваются от полюса к экватору пропорционально $\sin\vartheta$. По оси полюсов они равны нулю, в плоскости же экватора принимают максимальное значение. Обе величины не зависят от угла φ, т. е. поле направлено симметрично во все стороны. Переходя к практич. единицам и подставляя $\omega = \frac{2\pi c}{\lambda}$ и $c = 3 \cdot 10^{10}$ *см/сек*, получаем амплитуду силы поля в экваториальной плоскости (в V/*м*):

$$E_\vartheta = \frac{2\pi c}{r} \cdot \frac{l}{\lambda} \cdot I \cdot 10^{-9} = 60\pi \cdot \frac{\bar{l}}{\lambda} \cdot \frac{I}{r} \cdot \qquad (6)$$

Для определения характера действия различных типов антенн, последние надо всегда представлять состоящими из ряда герцовых диполей, поля к-рых просто накладываются друг на друга. Если при этом известно распределение тока в антенне и его изменение по времени, то можно найти математич. решение для любого случая такого рода. Интерес представляет гл. обр. поле на большом расстоянии, т. е. в отдаленной или волновой зоне — зоне чистого излучения. Для этого случая принимаем во внимание только последние члены уравнений (2). Для знаменателя в выражении силы поля достаточно точно можно считать, что все расстояния r пункта наблюдения от различных элементов сложной антенны равны и параллельны друг другу; тогда сила электрич. поля, создаваемая каждым элементом антенны, выразится уравнением:



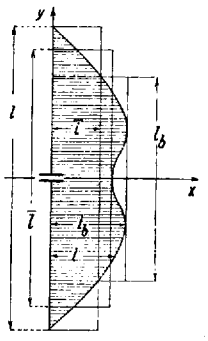
Фиг. 5.

$$dE_\vartheta = \frac{\sin\vartheta}{r} df'' = \frac{\sin\vartheta}{r} dl \left(\frac{di}{dt}\right)_{t - \frac{r}{c}} \cdot \qquad (7)$$

Для большого расстояния $dl \sin\vartheta = dy$, где dy есть наблюдаемый с такого расстояния элемент антенны (по ее высоте), при чем координата y (фиг. 5) должна считаться перпендикулярной к расстоянию r. Далее, вместо времени запаздывания r/c, в расчет можно вводить среднее для всех элементов антенны время, в к-ром должно учесть разницу, равную x/c, для различных элементов, при чем здесь x означает уже протяжение антенны в направлении расстояния r. Подставляя среднее значение расстояния r и среднее время запаздывания t_0, получим общую силу поля в каком-нибудь отдаленном месте пространства:

$$E = \frac{1}{r_0} \int \left(\frac{di}{dt}\right)_{t_0 - \frac{x}{c}} dy. \qquad (8)$$

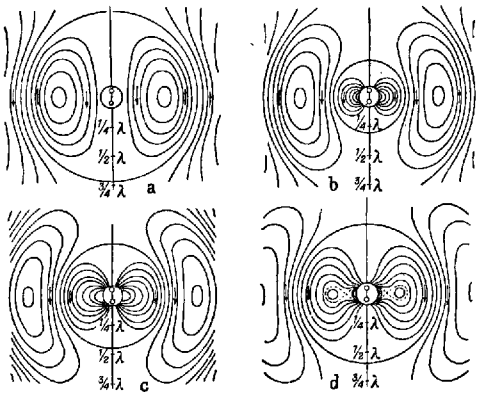
Если только распределение тока в антенне, т. е. зависимость его от x и y, известно, то это интегрирование можно всегда произвести для любой функции тока. Наиболее простым решение будет для линейной вертикальной антенны и сродных ей форм с любым пространственным токораспределением, у к-рых боковые, горизонтальные или наклонные части малы по сравнению с длиной волны; т. о., предполагается, что антенны возбуждаются стоячими волнами. В этом случае координата x для всех элементов приблизительно одинакова, так что нет необходимости вносить в запаздывание особой зависимости для различных частей антенны. Изменение по времени для всех элементов также одинаково и, следовательно,



Фиг. 6.

$$E = \frac{1}{r_0} \cdot \frac{d}{dt} \int i \, dy = \frac{\bar{l}}{r_0} \cdot \frac{di}{dt} = \frac{l}{r_0} \frac{di}{dt}, \qquad (9)$$

при чем здесь $\bar{l}$—средняя длина антенны, i—ток в основании антенны, $\bar{i}$—среднее значение тока, а l—длина всей антенны (фиг. 6). Из фиг. 6 также видно, что можно обе эти



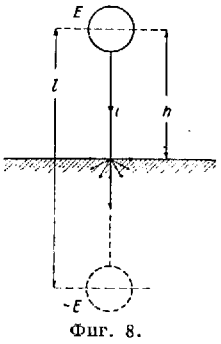
Фиг. 7.

величины отнести к пучности тока и брать i_b и l_b. Это означает, что интеграл, входящий в выражение (9), представляет собою площадь тока антенны (как бы наблюдаемую с большого расстояния).

Значение поверхности земли. Для диполя, колеблющегося первой гармонической, Герц определил распределение электрич. силовых линий на среднем расстоянии от диполя в том виде, как они представлены на фиг. 7, a, b, c, d. Фиг. 7, a относится к моменту наибольшего тока в диполе, фиг. 7, c—к моменту наибольшего напряжения на нем, две же остальные — к

нек-рым промежуточным моментам. Согласно предыдущему объяснению, выходящие из диполя силовые линии распространяются в окружающее пространство и благодаря отталкиванию новым, противоположным по знаку, колебанием диполя не могут полностью вернуться в него; вследствие этого часть их отшнуровывается и распространяется в пространстве в виде свободного кольца замкнутых силовых линий. Распределение силовых линий на большом расстоянии от диполя см. *Волны электромагнитные*, где принята во внимание только верхняя полусфера, т. к. при расположении приемного диполя на земной поверхности распространение в нижней полусфере не представляет интереса. Такое разделение поля экваториальной плоскостью на две половины и будет иметь место при хорошей проводимости земной поверхности. Единственным необходимым условием для этого является перпендикулярность силовых линий к этой поверхности, что и выполняется. Отсюда вытекает, что любую вертикальную излучающую антенну можно заменить диполем, построив ее зеркальное изображение под землей, как это показано на фиг. 8. Поэтому для определения силы поля действующая длина l диполя д. б. заменена удвоенной действующей высотой антенны, т. е. $l=2h$.

В действительности земля проводит не бесконечно хорошо, что особенно заметно для станций, расположенных на суше. Благодаря этому у основания антенны, где токи проводимости переходят в землю, появляется значительное переходное сопротивление, условно обозначенное на фиг. 8 концентрацией земных токов у основания антенны. Это сопротивление на больших установках может быть больше всех остальных сопротивлений, и поэтому всегда следует стремиться к его уменьшению; в практических радиостанциях располагают под антенной *противовес* (см.)—сетку из медных проводов, представляющую для тока незначительное сопротивление, или устраивают *заземление* (см.).



Фиг. 8.

Мощность излучения. Электромагнитные волны, излученные колеблющимся диполем, несут с собой некоторое количество энергии, к-рое можно определить для любого направления фронта волны [см. *Диполь электрический*, уравнения (13), (14) или (16)]. Для определения всей мощности W, излученной диполем, необходимо поток энергии через элемент шаровой поверхности dF (фиг. 9) проинтегрировать по всей этой поверхности. Как видно из чертежа,

$$dF = r \cdot d\vartheta \cdot 2\pi r \sin\vartheta = 2\pi r^2 \sin\vartheta \, d\vartheta, \quad (10)$$

а вся мощность, если подставить силу поля из выражения (5), выразится как

$$W = \frac{1}{4\pi c}\int E^2 dF = \frac{1}{2c} f''^2 \int_0^{\pi} \sin^3\vartheta \, d\vartheta \cdot \quad (11)$$

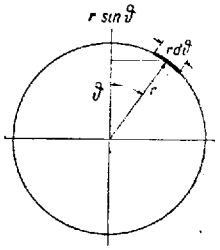
Зная, что величина этого определенного интеграла равна $^4/_3$, и принимая во внимание ур-ие (1), получим выражение для излученной диполем мощности в виде

$$W = \frac{2}{3}\frac{f''^2}{c} = \frac{2}{3}\frac{l^2}{c}\left(\frac{di}{dt}\right)^2. \quad (12)$$

Для периодического синусоидального тока, по уравнению (4), эта мощность выражается следующим уравнением:

$$W = \frac{2}{3}\frac{\omega^2 l^2}{c} \cdot I^2 \cos^2 \omega t. \quad (13)$$

Та же мощность должна все время подводиться от источника тока к диполю, конечно, если только интенсивность его колебаний все время постоянна. Так как мощность при периодических колебаниях пропорциональна квадрату мгновенного значения тока, то, следовательно, излучающий диполь является относительно источника тока сопротивлением, значение которого R_s определяется из выражения (13):



Фиг. 9.

$$R_s = \frac{2}{3}\frac{\omega^2 l^2}{c} = \frac{8\pi^2}{3} c \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2. \quad (14)$$

или, по переводе в практич. единицы и по подстановке $c=3\cdot10^{10}$:

$$R_s = 80\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2. \quad (15)$$

Это сопротивление излучения прибавляется к прочим сопротивлениям антенного устройства, но является полезным сопротивлением передающей антенны, которым учитывается эффект излучения электромагнитн. поля. Для полусферы, т. е. пространства только над поверхностью земли, и мощность и сопротивление излучения R_s будут в 2 раза меньше, чем для всей сферы:

$$\bar{R}_s = \frac{1}{2} R_s. \quad (16)$$

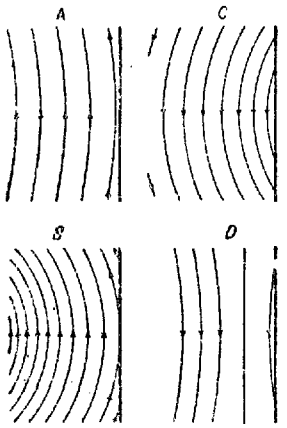
Если еще ввести эквивалентную высоту антенны согласно выражению $l=2h$, то сопротивление излучения для полусферы выразится уравнением:

$$\bar{R}_s = 160\,\pi^2 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2. \quad (17)$$

При неравномерном распределении тока и для определения излученной энергии также нужно вводить в формулы среднее значение силы тока или же действующую длину диполя или высоту антенны. Величины сопротивления излучения для обертонов антенны, определяемые только точной интеграцией, см. *Короткие волны*.

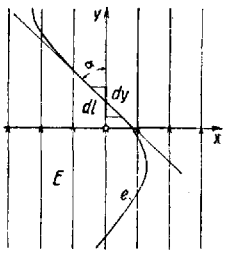
Прием. Физическое представление приема электромагнитных волн. Когда электромагнитная волна, распространяясь в пространстве, встречает на своем пути проводник, она претерпевает изменение: часть волны отражается, часть поглощается проводником. Каждая электрич. силовая линия, дошедшая до проводника и поглощенная им, передает последнему свою энергию и вызывает в проводнике электрич. ток. Рассматриваем для ясности приемный диполь, центр к-рого находится в экваториальной плоскости излучающего диполя,

и считаем, что электросиловые линии замкнуты и первыми до поверхности проводника доходят передние части их; а т. к. эти части, войдя в проводник, уничтожаются, то вместо замкнутых силовых линий получаются разомкнутые, опирающиеся своими концами на проводник. Это вызывает появление на поверхности проводника зарядов; при обозначении, данном на фиг. 10, A, на верхней половине проводника образуется положительный заряд, так как там силовая линия начинается; на нижней половине — отрицательный заряд, т. к. здесь силовая линия кончается. По мере продвижения волны заряды обеих половин провода увеличиваются, так как число разорвавшихся электрич. линий увеличивается (фиг. 10, B). По истечении нек-рого промежутка времени через проводник будет проходить центральная часть полуволны; в это время заряд проводника достигнет максимума, после чего заряд начинает уменьшаться, так как число разорвавшихся силовых линий уменьшается (фиг. 10, C, D). За первой полуволной последует вторая, которая произведет такое же действие, но заряд верхней половины проводника будет уже отрицательным, а нижней половины—положительным; за второй полуволной последует третья и т. д.: проводник под влиянием электромагнитных волн приходит в колебательное состояние с периодом, соответствующим периоду приходящих волн; эти колебания будут вынужденными колебаниями. Однако, в тот момент, когда электрич. силовая линия разрывается, оставшаяся часть оказывается наклоненной к поверхности проводника под весьма острым углом. Это не соответствует электрическ. равновесию, и силовые линии начнут скользить по проводнику, стремясь принять направление, перпендикулярное к его поверхности. Такое скольжение принимает колебательн. характер, т. к. проводник имеет изолированные концы, которые вызывают отражение. Действительно, электрич. заряды, представляющие собой концы силовых линий, дойдя до изолированного конца проводника, не могут далее двигаться в том же направлении, а вынуждены распространяться в обратном направлении; дойдя до противоположного изолированного конца, они испытывают снова отражение, и т. д. Вследствие интерференции, или наложения, прямых и отраженных волн в проводнике стремится установиться стоячая полуволна, соответствующая собственному колебанию проводника. Из предыдущего известно, что появление стоячей полуволны связано с излучением энергии в пространство. Т. о., проводник, принимающий волны, является одновременно и системой, излучающей их. Итак, в приемном проводе под влиянием воспринимаемых волн возникает два рода колебаний: одни—вынужденные, с периодом, равным периоду воспринимаемых волн, другие — собственные, с периодом, равным периоду данного проводника. При *резонансе* (см.) воспринимаемых волн и приемной системы возникновение этих колебаний происходит наиболее интенсивно.



Фиг. 10.

Напряжение в приемной антенне. Вдали от передатчика, в *волновой зоне* (см.) приема электрич. волн, сила электрич. поля направлена перпендикулярно к поверхности земли, сила же магнитного поля—параллельна последней. Кроме того, в земле параллельно ее поверхности существуют токи как следствие выравнивания потенциалов в проводящих слоях почвы. Все три поля м. б. применены для приема. Электрическ. поле можно уловить (воспринять из пространства) с помощью открытых антенн и, далее, использовать его с помощью приемника. Магнитное поле проявляется благодаря индукционному действию, оказываемому им на рамку или замкнутую антенну, и наконец, земные токи воспринимаются с помощью горизонтальных земных антенн, представляющих собою провода, расположенные в земле или по ней, по направлению приходящих волн. Ясно, что всегда желательно получить в приемном контуре возможно бо́льшую эдс, к-рая должна далее действовать на детектор. А так как и магнитные и электрич. силы, а также и поле земных токов неразрывно связаны между собой, то всегда бывает достаточно принимать в рассмотрение, напр., только одну электрич. силу, действующую на приемный провод. В этом случае в каждом элементе провода dl, составляющем некоторый угол α с направлением электрического поля приходящей волны (фиг. 11), действует переменная электродвижущая сила, равная $E\,dl\cos\alpha$. Вся электродвижущая сила, вызванная полем волны в приемном проводе, определяется из уравнения:



Фиг. 11.

$$e = \int E\,dl\cos\alpha\,, \qquad (18)$$

при чем интеграл берется по всему протяжению проводов. Если антенна имеет значительные размеры вдоль направления движения волны, то сила поля не во всех ее точках будет в одинаковой фазе. Под E здесь приходится понимать значение силы поля, учитывающее запаздывание и равное $E_{t_0-\frac{x}{c}}$, отнесенное к нек-рому среднему месту антенны, воспринимающему волны в момент времени t_0. Соединим два остальных множителя в выражении (18) вместе и обозначим их через dy; тогда эдс, индуктируемая в антенне, определится по ф-ле:

$$e = \int E_{t_0-\frac{x}{c}}\,dy\,. \qquad (19)$$

Очевидна аналогия этой ф-лы приема волн с выражением (8) напряженности поля, излученного передающей антенной. Простейшим оказывается расчет индуктированной эдс для вертикальн. открытых антенн, так как их направление точно совпадает с направлением электрических силовых линий. Сила поля для таких антенн будет в одинаковой фазе вдоль всего провода, и в выражении (19) ее можно вынести за знак интеграла. Тогда эдс, индуктируемая в такой антенне, в свободном пространстве выразится так: $e = El$, или, если антенну рассматривать как открытую только над поверхностью земли, $e = Eh$. Если волны падают на антенну сверху (под острым углом), так что вектор силы поля образует угол α или направление движения волн—угол ϑ с направлением антенны, то в эти ф-лы войдут еще множителями $\cos\alpha$ или $\sin\vartheta$.

Для форм замкнутых *антенн* (см.), для которых эдс

$$e = \frac{2\pi S}{\lambda} E \cos\varphi ,$$

при передаче, как и при приеме, обнаруживается сильное направленное действие, зависящее от угла φ, образованного плоскостью рамки с направлением движения волны. В то время как в горизонтальной плоскости рамка обнаруживает ярко выраженное направлен. действие, волны, падающие сверху, воспринимаются ею неослабленными, так как в этом случае будут активными и вертикальные и горизонтальные части рамки. В противоположность открытой антенне, принимающей сверху приходящие волны весьма слабо, т. е. имеющей направленное действие в вертикальной плоскости, а в горизонтальной плоскости принимающей равномерно, рамка имеет горизонтальное направленное действие и принимает равномерно вертикально приходящие поля.

Баланс энергии в приемной антенне. Антенна воспринимает из приходящего поля нек-рую энергию, определяемую (при резонансе) произведением напряжения e и силы тока в антенне I, при чем последний может быть нами рассчитан. Среднее значение воспринятой энергии, в случае синусоидальных колебаний,

$$W_e = \frac{1}{2} eI . \qquad (20)$$

Эта энергия и возбуждает колебания в приемнике. В сопротивлениях приемника теряется мощность, которая выражается по закону Джоуля:

$$W_r = \frac{1}{2} RI^2 . \qquad (21)$$

Она служит в первую очередь для получения полезного действия, и, кроме того, часть ее теряется на нагревание проводов. R является, т. о., общим полезным и вредным сопротивлением, вносимым приемником. Так как приходящие волны вызывают в приемной антенне высокочастотный ток, последний вызовет, с своей стороны, излучение в пространство, окружающее приемную антенну. Поле же излучения каждой антенны по уравнению (2) определяется только током в эквивалентном диполе и не зависит от того, каким образом ток получен. В антенне передатчика он образуется благодаря внешней эдс, приложенной к передающему устройству, в приемной же антенне он вызывается приходящими волнами. Работающая приемная антенна, т. о., излучает вокруг себя энергию, величина к-рой рассчитывается по ур-нию (13). Тогда энергия, излученная приемником по всем направлениям, выразится следующим образом:

$$W_s = \frac{1}{2} R_s I^2 . \qquad (22)$$

Закон сохранения энергии дает:

$$W_e = W_r + W_s ,$$

откуда

$$e = (R + R_s) I , \qquad (23)$$

и сила тока в приемной системе

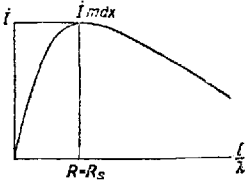
$$I = \frac{e}{R + R_s} = \frac{El}{R + 80\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2} . \qquad (24)$$

Здесь надо подставить величину $l = e/E$ для эдс, а для сопротивления излучения—l из выражения (15). Т. о., сила тока в приемнике зависит в одинаковой степени как от эдс, индуктированной приходящим полем в антенне, так и от суммы сопротивлений—активного и излучения. Первое из них задается полезным сопротивлением, при чем значение сопротивления, вносимого им в антенну, можно менять путем изменения связи с приемником. Сопротивление же излучения задается размерами антенны и зависит только от действующей длины эквивалентного диполя и длины излученной волны. Если активное сопротивление R уменьшать так, чтобы оно стремилось к нулю, то, по выражению (24), ток I не делается бесконечно большим, а стремится к некоторому конечному пределу:

$$I = \frac{1}{80\pi^2} \frac{\lambda^2}{l} E . \qquad (25)$$

Это объясняется ослабляющим действием обратного излучения.

Эта предельная сила тока при заданной напряженности поля E растет с квадратом взятой длины волны и уменьшается с высотой антенны или длиной диполя l. Такое парадоксальное явление особенно ясно наблюдается при короткой волне и большой высоте антенны, когда сильно увеличившееся действие обратного излучения значительно уменьшает силу приемного тока; таким обр., наилучшее приемное действие не соответствует наивысшей антенне. Действительно, изменение силы тока в зависимости от длины диполя, по (24), представляется кривой (фиг. 12). Итак, при малых длинах R_s не велико, и сила тока растет с увеличением высоты антенны, т. к. преобладает влияние увеличивающейся эдс, воспринятой системой. При бо́льших длинах диполя ток начинает спадать, т. к. возрастающее обратное излучение все более и более уменьшает его. Точка максимума тока имеет место при такой длине антенны, для



Фиг. 12.

к-рой сопротивление излучения равно полезному сопротивлению:

$$R_s = 80\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 = R\,. \qquad (26)$$

Отсюда вытекает, что наивыгоднейшая длина для диполя:

$$l_{opt} = \frac{\lambda}{2\pi}\sqrt{\frac{R}{20}} = \frac{\lambda\sqrt{R}}{28{,}2}\,. \qquad (27)$$

При этом ток имеет половинное значение против величины, вычисленной по уравнению (25). Подставляя силу тока из (24) в уравнения (20) и (21), получим величины действующих в приемной системе энергий. Мощность, воспринятая из приходящего поля, выразится уравнением:

$$W_e = \frac{1}{2}\cdot\frac{e^2}{R+R_s}; \qquad (28)$$

мощность, теряемая в сопротивлении:

$$W_r = \frac{1}{2}e^2\frac{R}{(R+R_s)^2}, \qquad (29)$$

и, обратно, излученная или рассеянная мощность:

$$W_s = \frac{1}{2}e^2\frac{R_s}{(R+R_s)^2}\,. \qquad (30)$$

Из всей мощности, теряемой в сопротивлении W_r, конечно, только часть преобразуется в полезную, напр. акустич., энергию или для воздействия на реле быстродействующих аппаратов. Величина же этой мощности W_r, как видно из (29), вдвойне зависит от сопротивления R. Она изменяется по такой же кривой, как на фиг. 12. Таким образом, закон оптимальности (26) применим не только для нахождения наивыгоднейшей высоты антенны при определенном сопротивлении, но и для установки наивыгоднейшего сопротивления при заданной высоте антенны. Полезная мощность в оптимальном случае, т. е. при $R=R_s$, по выражениям (14) или (15), равняется

$$W_{r\,max} = \frac{e^2}{2}\cdot\frac{R_s}{(2R_s)^2} = \frac{(El)^2}{8R_s} = \frac{3E^2\lambda^2}{64\pi^2 c} = \frac{E^2\lambda^2}{640\pi^2}\,. \qquad (31)$$

Здесь предпоследнее значение выражено в абсолютных, а последнее—в практич. единицах. В этом случае, по выражению (30), рассеянная энергия $W_s = W_{r_{max}}$, а приходящая энергия при этом $W_e = 2W_{r_{max}}$. Все зависимости были выведены только для открытых антенн; легко показать, что они же существуют и для замкнутых форм сетей, при чем следует только учесть фактор направленности, cos α.

Воздействие на первичное поле. В пространстве, окружающем приемную антенну, накладываются друг на друга две системы волн: волны, приходящие от передатчика, которые можно считать плоскими, если приемник на большом расстоянии, и сферич. волны, излученные самой приемной антенной. Сила поля последних E_2 на небольшом расстоянии r_2 от приемника рассчитывается по тому же ур-ию (6), выведенному нами для передатчика, только в него придется подставлять силу приемного тока I_2

$$E_2 = 60\pi\frac{l_2}{\lambda}\cdot\frac{I_2}{r_2}\,. \qquad (32)$$

Приемный ток, по уравнению (24), определится формулой:

$$I_2 = \frac{E_1 l_2}{R+R_s}\,. \qquad (33)$$

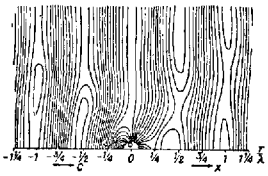
Сопоставляя эти ф-лы, получим отношение силы вторичного поля к силе первичного:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{60\pi}{R+R_s}\cdot\frac{l_2^2}{\lambda r_2}\,. \qquad (34)$$

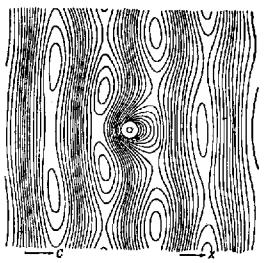
Наибольшим вторичное поле будет для предельного случая $R=0$, при к-ром приемная антенна только рассеивает пришедшую к ней энергию. Тогда, по выражению (15),

$$\frac{E_1}{E_1} = \frac{3}{4\pi}\cdot\frac{\lambda}{r_2}\,. \qquad (35)$$

В этом случае на расстоянии длины волны от приемника вторичное поле равняется 24% первичного, на расстоянии же 24 длин волны оно составит только ок. 1%. Для оптимального случая (26) воздействие на первичное поле в два раза слабее, и уже на расстоянии 12 длин волны вторичное поле составляет 1% первичного. На фиг. 13 представлено для последн. случая распределение электрич. силовых линий в меридиональной плоскости, а на фиг. 14—распределение магнитных силовых линий в экваториальной плоскости. Внутри зоны воздействия принимаемые и излучаемые волны интерферируют между собой. Вследствие этого перед приемником образуется концентрация поля, за ним же создается теневое действие. Благодаря действию такой интерференции волн внутри зоны воздействия и происходит перенос энергии из пространства в приемную антенну.



Фиг. 13.



Фиг. 14.

Вычислим полезную мощность, захвачен. приемником, по ф-ле потока энергии, пересекающего определенную площадку в чистом поле излучения. Через каждый $см^2$ поверхности приходящей волны при синусоидальном изменении силы поля в единицу времени протекает поток энергии

$$S = \frac{1}{8\pi c}E^2. \qquad (36)$$

Максимальная захваченная энергия, с другой стороны, выражается в абсолютных единицах ур-ием (31), и тогда величина поверхности, через к-рую она втекает в первоначальное поле излучения, выразится следующим образом:

$$F = \frac{W_{r_{max}}}{S} = \frac{3}{8\pi}\lambda^2. \qquad (37)$$

Максимальный кпд электромагнитной передачи от излучающей антенны к приемной выражается так:

$$\eta = \frac{W_2}{W_1} = \frac{9}{64\pi^2}\left(\frac{\lambda}{r}\right)^2.$$

Так, при $\lambda = 500$ $м$ и расстоянии $r = 50$ $км$, $\eta = 1{,}4\cdot 10^{-6}$, т. е. из каждого kW излученной энергии в лучшем случае до приемника

доходит 1 mW. Только применением передатчика с сильно направленным излучением и соответственно направленных приемных устройств можно улучшить кпд передачи электромагнитных волн.

Лит.: [1]) Островский А. А., Научные основания беспроволочной телеграфии, ч. 1, СПБ, 1913.— Abraham M., Theorie d. Elektrizität, 7 Auflage, B. 1, Lpz., 1923; Fleming J. A., The Principles of Wireless Telegraphy a. Telephony, 2 ed., L., 1910; Nesper E., Handbuch d. drahtlosen Telegraphie, B., 1923; Zenneck J. u. Rukop H., Lehrbuch d. drahtlosen Telegraphie, 5 Aufl., Stg., 1925; Ollendorff F., Die Grundlagen d. Hochfrequenztechnik, B., 1926; Rüdenberg R., Aussendung und Empfang von elektrischen Wellen, B., 1926; Pierce G. W., Electric Oscillation and Electric Waves, L., 1920.

В. Баженов.

ИЗМЕРЕНИЕ, основной познавательный процесс науки и техники, посредством которого неизвестная величина количественно сравнивается с другою, однородною с нею и считаемою известной. Результат сравнения выражается нек-рым числом, характеризующим количественно неизвестную величину. В состав понятия измерения входят следующие вспомогательные понятия: 1) измеряемый объект; 2) измеряющая единица; 3) приспособление, при помощи которого производится сравнение измеряемого объекта с измеряющею единицею (измерительный прибор); 4) способ, которым производится И.; 5) наблюдатель, производящий И., т. е. те особенности общечеловеческого и индивидуального психо-физиологического аппарата, которые д. б. учитываемы при обсуждении конечного результата процесса сравнивания двух величин, и, наконец, 6) самый результат сравнения—число, характеризующее измеряемую величину.

Объект измерения. Количественное сравнение есть сравнение в пределах одного признака или же такого комплекса признаков, к-рый может рассматриваться как нечто целое и расчленяемое на другие признаки лишь в отвлечении. Таким образом количественно сравниваемые объекты должны быть однородными, т. е. данными одним и тем же определением. Но для выработки понятия об измеряемом объекте опять-таки необходимо И., и потому предпосылка об однородности сама еще нуждается в проверке. Практически процесс И. приходится в соответственных случаях вести условно, с тем, чтобы он был оправдан удачными последствиями. Второе обстоятельство, затрудняющее всякое измерение, это—условность и произвол, с какими устанавливается граница всякого измеряемого объекта. Находясь в непрерывном взаимодействии с окружающею средою, ни один объект не разграничен настолько четко с этой средою, чтобы относительно любой точки пространства можно было сказать как о прилежащей либо к объекту, либо к среде; поэтому никогда не может быть указана общеобязательная граница объекта, и даже один и тот же наблюдатель будет намечать эту границу всякий раз по-разному. Но, кроме того, и условная граница, если бы даже можно было закрепить ее, находилась бы в непрестанном движении, поскольку физическое тело находится в никогда не прекращающемся процессе изменений, обусловленных динамикой внутренних и внешних сил.

Простейшее и вместе с тем основное для всех других случаев измерения есть счет. Он возможен, когда измеряемое многообразие естественно расчленяется на признаваемые нами отдельными, не имеющими переходных областей, части (дискретные), далее уже не делимые и потому считаемые нами простыми и, следовательно, однородными. Всякий другой процесс И. подводится помощью предварительной искусственной подготовки измеряемого объекта, т. е. представления его в виде дискретного множества, к тому же счету. Однако, даже наиболее бесспорные случаи непосредственной применимости счета кажутся таковыми лишь до более пристального рассмотрения: как неделимость объектов, их резкая отграниченность от среды, так и равноценность их в смысле точной однородности всегда оказываются, при достаточно внимательном исследовании, лишь относительными и условными. Но во всяком случае расчленение непрерывной среды на в большей или меньшей степени условное квазидискретное многообразие составляет единственный путь к И., и ценность последнего определяется прежде всего степенью надежности произведенного расчленения.

Измеряющая единица. Единица И. может быть временной и произвольной, но результат И. будет представлять ценность в общественном сознании, и даже в сознании самого наблюдателя, лишь при своей принципиальной повторимости; поэтому произвольная единица необходимо должна быть связана посредством измеряющего ее числа с единицею, к-рая сама уже рассматривается как общеобязательная и непроизвольная. Поскольку И. есть процесс материальный, измеряющая единица ни в коей мере не м. б. дана как отвлеченное понятие, но д. б. материально осуществлена в виде эталона (или стандарта), к-рый и служит термином сравнения, непосредственно или через посредство материальных же копий — вторичных эталонов. Надежность всех научно-технических И. обеспечена наличием эталона. Точность всех И. поверяется вторичными эталонами, точность вторичных — первичным. Однако, этот последний вполне произволен и единственен; всякое воспроизведение его, на основании отвлеченного определения или путем копирования, даст нечто новое, другой эталон. Поэтому способа проверять неизменность и самотождество эталона нет и не может быть; эталон составляет последнее материальное условие И., на к-ром покоится надежность всех их, но к-рый в отношении своей собственной неизменности представляет предмет недоказуемого допущения, или, точнее сказать, междунар. доверия. Материальное осуществление эталона может быть естественным и искусственным, при чем в первом случае оно бывает как явно счетовым, так и искусственно расчленяемым для счета. Естественные и искусственные единицы, как осуществленные материально, необходимо страдают тою же неопределенностью, какою и измеряемые объекты: что́ именно составляет длину 1 *м* на эталоне, если метки осуществлены выемками некоторой ширины,—это

остается предметом произвола, и так—во всех случаях.

Измерительные приборы. Всякий счет и всякое И. совершаются при помощи органов восприятия и потому ограничены присущею им степенью чувствительности. В простейшем случае И. ведется невооруженными органами чувств; но для большей точности соответственная область чувства искусственно расширяется (в количественном или качественном отношении) при помощи специальных приборов за пределы доступного прямому восприятию. Техническая функция измерительн. приборов—дать доступные восприятию впечатления, стоящие в связи с раздражением, не достигающим порога сознания, при чем характер этой связи с качественной и количественной стороны наблюдателю заранее известен. И. каких угодно измеряемых величин сводится в подавляющем большинстве случаев к зрительному восприятию и именно—к зрительной оценке некоторой, сравнительно небольшой, длины путем зрительного отсчета делений соответственной шкалы. Угол, температура, давление, разность потенциалов, сила тока, частота периодов, емкость, самоиндукция, показатель преломления, время, вес и т. д., несмотря на разнообразие физич. их содержания, измеряются по длине шкалы, т. е. зрительным счетом делений ее; исключения в этом отношении очень немногочисленны. Наконец, автоматич. способы регистрации результатов И. опять-таки приводят к зрительному восприятию некоторой длины или характеризующего ее числа.

Способ И. Сравнение измеряемого объекта с соответственной единицей основано на установлении равенства двух эффектов, одного — вызываемого измеряемой величиной, и другого — вызываемого величиной, к-рая строится при помощи единицы и, следовательно, может считаться имеющей размер уже известный. Измеряемая величина и эта, искусственно построенная, д. б. равными между собою или, шире,—равнозначащими. Равными в известном отношении мы считаем объекты, к-рые, при неизменившихся условиях, могут в данном отношении заменять друг друга с неизменившимися последствиями. Равнозначащими следует считать такие объекты, которые могут заменять друг друга с неизменившимися последствиями при соответственно изменившихся условиях. В равенстве или в равнозначности последствий (эффектов) можно убедиться: непосредственным сравнением (метод прямого И., или сравнительный); замещением одного объекта другим, иногда и преднамеренно, но определенным образом, измененных условиях (метод последовательного сравнения); противопоставлением эффекта от одного объекта эффекту от другого, так чтобы суммарный эффект сводился к нулю (нулевой метод, или компенсационный); мысленным сопоставлением эффектов, к-рые не могут наблюдаться непосредственно, но м. б. вычислены на основании И. (тем или иным из вышеперечисленных способов) нек-рых вспомогательных величин, однозначно определяющих собой величину, непосредственно недоступную (косвенный, или непрямой, или еще абсолютный метод И.). Прямое совпадение измеряемой величины P с измеряющей единицей Q невероятно, и мало вероятно совпадение их в пределах ошибки. Поэтому задача И. состоит в нахождении таких чисел p и q (они, вообще говоря, не д. б. целыми), чтобы удовлетворялось равенство $P=\frac{q}{p}\cdot Q$. Равенство это может быть представлено в четырех видах:

$$P=\frac{q}{p}\cdot Q,\quad P\cdot\frac{p}{q}=Q,\quad p\cdot P=q\cdot Q,\quad \frac{q}{P}=\frac{p}{Q},$$

из которых каждый соответствует одному из способов производства И. В первом случае единица подразделяется до величины, равной измеряемой; во втором — измеряемая величина увеличивается или уменьшается до совпадения с единицей. В третьем способе обе сравниваемые величины умножаются до тех пор, пока кратные их не совпадут. Этот метод, так называем. метод повторения, представляет исключительную ценность по даваемой им возможности увеличить степень точности, но применим лишь в тех случаях, когда количества м. б. повторяемы или сами повторяются без ошибки при приложении (маятник, повторительный круг Борды, баллистич. гальванометр и т. д.). В самом деле, если равенство $p\cdot P\cong q\cdot Q$ точно в пределах ошибки $\pm A$, то оно м. б. представлено как $p\cdot P=q\ Q\pm A$, так что

$$P=\frac{q}{p}Q\pm\frac{A}{p};$$

при достаточно большом p ошибка в измерении м. б. сделана сколь угодно малою. Наконец, чрезвычайно важен и в нек-рых случаях дает предельно большую точность метод И. посредством естественного совпадения, позволяющий обойтись без измерительных приборов, но возможный лишь при особенном сочетании обстоятельств (напр., сохранение мелодии, гармонии и ритма музыкальной пьесы при разных расстояниях слушателя позволяет без специального измерения сделать вывод о равенстве скоростей звуков разной силы и разной высоты; или: невидимость одного полушария луны дает основание утверждать равенство периодов обращения ее вокруг оси и земли).

Наблюдатель. Установление равенства или равнозначительности сравниваемых объектов есть конкретное действие, неотделимое от ряда особенностей, вытекающих из психо-физического строения наблюдателя. Верхний и нижний порог ощущения, закон Вебера-Фехнера, время восприятия и время реакции, действие контрастов, утомляемость и т. д. служат общими предпосылками для всякого наблюдателя. Эти обстоятельства во всяком роде И. должны быть изучены и учитываемы. Кроме того, сюда присоединяются еще индивидуальные свойства наблюдателя: личное ур-ие, интеллектуальная подготовка, предварительная тренировка, наличное физич. и психич. состояние, наконец, личная одаренность специального характера.

Результат И. Результат всякого И., как отношение между двумя конкретными величинами, есть число именованное. От-

сутствие в нек-рых случаях названия соответственной единицы о д н и м словом ведет иногда к утверждению об отвлеченности соответственного числа, но—ошибочно, т. к. именованною единицею служит в этих случаях как раз та самая величина, к которой берется отношение. Так, например, угол выражается в отношении суммы плоских углов, расположенных вокруг точки, т. е. в перигонах, диэлектрическ. коэфф.—в диэлектрич. коэфф-те пустого пространства, к-рый *мог бы получить особое название, и тогда* никаких недоразумений не было бы; подобно этому же уд. в. выражается в единицах, не получивших особого названия, но конкретных и равных плотности воды. и т. д. Результат И. представляется всегда рациональным числом, так как несоизмеримость измеряемого числа с избранной единицей могла бы обнаружиться лишь в процессе И., допускающем уменьшение ошибки сколь угодно далеко идуще и, следовательно, принципиально исключаемое строением физическ. опыта. Психо-физич. процесс И., как бы далеко он ни был продвинут, всегда оставляет конечную ошибку, раз только измеряемая величина не представляет явной дискретности (тогда вопрос об иррациональности исключается сам собой), и потому всегда выражается любым из рациональных чисел, содержащихся в определенном конечном промежутке, устанавливаемом посредством И. Таким обр., вопрос о непрерывности физич. величин, в точном смысле слова непрерывность, возникнуть не может, и вместе с самым понятием об иррациональных числах он возникает из оснований, не имеющих с физическим И. ничего общего.

О ш и б к и. Все вышеперечисленные шесть моментов в понятии И. ведут к большему или меньшему несовершенству конечного результата, выражающемуся в неповторимости его при новом процессе И., особенно если новое И. будет сделано новым способом. Это расхождение между собой результатов измерения называется ошибками (ошибками измерений).

Лит.: Х в о л ь с о н О. Д., Курс физики, 5 изд., т. 1, Берлин, 1923 (на стр. 240 литература); К о л ь р а у ш Ф., Руководство к практике физич. измерений, пер. с нем., СПБ, 1891; Е р м а к о в В. Д., Основы электрометрии, ч. 1, М., 1927; Д ж е в о н с С., Основы науки, пер. с англ., СПБ, 1891; М и л л ь Дж. Ст., Система логики, М., 1914; К л и ф ф о р д В., Здравый смысл точных наук, пер. с англ., 2 изд., М., 1910; П и р с о н К., Грамматика науки, пер. с англ., СПБ, 1910; М а х Э., Познание и заблуждение, пер. с нем., М., 1909; O s t w a l d—L u t h e r, Hand- u. Hilfsbuch zur Ausführung physikalischer Messungen, hrsg. v. Drucker, 4 Auflage, Lpz., 1925; H o l b o r n L., Mess-Methoden u. Mess-Technik, Handbuch der Experimentalphysik, hrsg. von W. Wien u. F. Harms, B. 1, Lpz., 1926; F r i c k, Physikalische Technik oder Anleitung zur Experimentalvorträgen, sowie zur Selbstherstellung einfacher Demonstrationsapparate, 7 Auflage, B. 1—2, Braunschweig, 1904—09; W h e w e l l, The Philosophy of Inductive Sciences, L., 1847; P e a r s o n K., The Grammer of Science, L., 1900; H e r s c h e l J., A Preliminary Discourse of the Study of Natural Philosophy, L., 1831; J e v o n s S., The Principles of Science, London, 1892.

П. Флоренский.

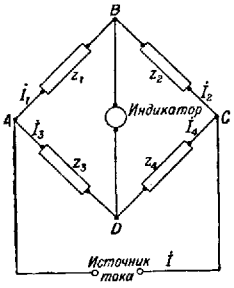
Измерения в радиотехнике.

Главными особенностями этих И. по сравнению с электрич. И. являются: а) доминирующее значение экспериментальных результатов И. во многих областях радиотехники, в виду недостаточного развития радиотехнич. теорий, требующих для практика постоянной проверки на опыте; б) значение влияний на результат И. обстановки и многих обычно не учитываемых условий (влияния емкости тела экспериментатора, емкости близлежащих тел, индукции в соседних проводниках и полупроводниках, распределения тока и напряжения вдоль провода); в) сильная зависимость результатов И. от «личного ур-ия» экспериментатора при *многих слуховых индикаторах; г) необходимость* учета (особенно при И. электромагнитных полей) состояния атмосферы и времени суток; д) возможность и необходимость участия в И. массовых наблюдателей (напр. при установлении закона распространения электромагнитной энергии) и т. д. Поэтому необходимо соблюдать при И. возможные предосторожности, в том числе: 1) при записи результатов точно указывать условия, в к-рых производились И., и дату их; 2) самые И. производить в обстановке возможного уединения от лишних проводников и диэлектриков и без помех со стороны других источников высокой частоты или индуктивных влияний (напр. катушки, применяемые в схеме, располагать перпендикулярно осями одна к другой) на волнах близких к той, на к-рой ведется И.; 3) чаще проверять личное ур-ие экспериментатора. Как и везде, ценность И. определяется степенью их погрешности; к *ним приложимы выводы общей теории* погрешностей для случайных ошибок. Что касается систематич. ошибок, то их стремятся устранить обычными методами. Вообще, ошибки при И. в радиотехнике по своему уд. в. несколько разнятся от обычн. ошибок при других И.: 1) сильно возрастают ошибки субъективные в связи с тем, что ряд И. производится слуховыми индикаторами (вообще менее точными, чем зрительные); 2) играют видную роль ошибки, происходящие от посторонних влияний; при точных И. требуется специальное экранирование схемы от окружающих влияний (в частности, все соединительные провода следует делать возможно короче; на лабораторном столе д. б. только самое необходимое для данного И.; при коротковолновых И. экспериментатор должен сохранять постоянство позы, а регулируемые органы приборов должны иметь длинные ручки и т. д.); 3) инструментальные ошибки, по сравнению с таковыми же при И. электрических, достигают бо́льших величин, объясняемых общей меньшей точностью приборов переменного тока сравнительно с теми же для постоянного тока и т. д.; 4) методич. ошибки также могут достичь определенной величины, особенно если теория данной области И. недостаточно разработана; лучше всего предпочитать простейший метод. В силу сказанного большинство И. в радиотехнике менее точны, чем И. электрические и, тем более, И. физические; в то же время диапазон допускаемых погрешностей при И. в радиотехнике так велик, как, вероятно, нигде в другой области науки и техники: от сотых долей % (измерения частоты) до ±20% [сдаточные испытания в Англии *компараторов* (см.)]; однако, эти крайние два десятка % для погрешностей при И.

напряженности полей не так уже велики, т. к. измеряемая величина в течение суток изменяется обычно на сотни %; в среднем большинство радиотехнич. И. выполняется на практике с обычными ходовыми приборами с погрешностью в 2—3%. Везде в дальнейшем преимущественное внимание будет уделено И. относительным, а не абсолютным, т. к. в технике встречаются гл. обр. первые, вторые же употребляются для градуировки стандартов; к тому же при применении метода замещения многие абсолютные И. становятся тоже относительными.

Измерение C и L. В радиотехнике емкость и самоиндукция, как определяющие своим произведением частоту (см. *Беспроволочная связь*), а своим частным — *затухание* (см.) контура, при данной величине его активного сопротивления R, играют наравне с R видную роль, и потому при И. нахождение именно этих параметров встречается наиболее часто. Следует отметить, что значения C и L при статич. режиме (и токе звуковой частоты) будут отличаться от таковых же при быстропеременном токе, если величина собственной частоты провода—одного порядка с частотой, применяемой при радиотехнич. И., и потому необходимо всегда оговаривать частоту, при к-рой было И. Как общее правило, для получения более точных результатов при операциях с полными сопротивлениями необходимо, чтобы реактивное сопротивление ωL самоиндукции не было мало относительно активной части полного сопротивления, а реактивная проводимость ωC емкости не была малой сравнительно с активной проводимостью. Т. к. последнее легче выполняется, то точность И. C по этим причинам будет выше. Рекомендуется для точности, далее, по возможности производить И. при той частоте, при которой прибор будет находиться в практическом использовании, т. к. существует незначительная (для C, L, δ) зависимость параметров от частоты; эта зависимость велика при измерениях R.

Метод моста. Схема моста при переменном токе, образуемая из *мостика Витстона* (см.), собирается в виде замкнутого четыреугольника, каждая сторона к-рого представляет сопротивление (комплексное, вообще говоря), к двум противоположным вершинам которого приложено переменное напряжение (звуковой или радиочастоты); тогда, в случае равновесия в цепи моста, две другие противоположные вершины имеют один и тот же потенциал, т. е. ток в проводе, соединяющем эти последние, равен нулю. Условие равновесия моста требует, чтобы через сопротивления z_1 и z_2 (фиг. 1) проходил одинаковый ток $I_1=I_2$; также через сопротивления z_3 и z_4 ток $I_3=I_4$; чтобы точки B и D были под одним и тем же потенциалом, векторы падения напряжения в сопротивлениях z_1 и z_3, а также z_2 и z_4 д. б. равны и совпадать по ф а з е, т. е.:



Фиг. 1.

$$\bar{I}_1 \cdot \bar{z}_1 = \bar{I}_3 \bar{z}_3 \text{ и } \bar{I}_2 \bar{z}_2 = \bar{I}_4 \bar{z}_4 .$$

Отсюда

$$\frac{\bar{z}_1}{\bar{z}_3} = \frac{\bar{z}_2}{\bar{z}_4},$$

или

$$\frac{z_1}{z_3} e^{j(\varphi_1-\varphi_3)} = \frac{z_2}{z_4} e^{j(\varphi_2-\varphi_4)};$$

т. к. $z_1=r_1+jx_1=e^{j\varphi_1}$ и т. д. (x_1—реактивное сопротивление, r_1—активное сопротивление, φ_1—сдвиг фазы тока относительно эдс). Это ур-ие распадается на два:

$$z_1 z_4 = z_2 z_3 \qquad (1)$$

и

$$\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3 , \qquad (2)$$

т. е. при равновесии в мосте произведения полных сопротивлений и суммы углов сдвига фазы между напряжением и силой тока противолежащих плеч моста д. б. равны между собой: это—два общих закона для всех мостов, схемы к-рых исчисляются десятком и более. Процесс И. обычно во всех мостах сводится к выравниванию двух переменных величин, пока в диагонали индикатора последний не покажет отсутствия тока. В качестве индикаторов (нулевых) употребляются: а) при постоянном токе—гальванометры чувствительностью $10^{-3} \div 10^{-6}$ А; б) при токе звуковой частоты—вибрационный гальванометр (если частота остается постоянной или меняющейся в узких пределах, преимущественно для частот до 500 ц/ск.) или телефон (при частотах от 500 до 5 000 ц/ск.; обычно оптимумом телефон обладает в диапазоне $f=800 \div 1\,000$ ц/ск.); в) для более высоких радиочастот—*детектор* (см.) кристаллический (или ламповый) в соединении с гальванометром или телефоном, наконец, термоэлементы, термогальванометры и *барретер* (см.). Наивыгоднейшее значение полного сопротивления индикатора z_0 в мосте определяется формулой:

$$z_0 = \frac{(z_1+z_2)(z_3+z_4)}{z_1+z_2+z_3+z_4} .$$

Сила тока в индикаторе в зависимости от силы тока в питающей диагонали I и сопротивлений ветвей моста находится из выражения

$$I_0 = I \frac{z_2 \cdot z_3 - z_1 \cdot z_4}{z_0(z_1+z_2+z_3+z_4)+(z_1+z_3)(z_2+z_4)} .$$

В качестве и с т о ч н и к о в т о к а лучше применять: а) при постоянном токе—гальванич. элементы или аккумуляторы; б) при токе звуковой частоты—*зуммер* (см.) или индуктор (для И. при высоком напряжении), машины повышенной частоты (см. *Высокой частоты машина*); в) ламповый генератор, используемый в широком диапазоне частот: как звуковой, так и радио. Из выведенного второго общего закона следует, что равновесие в мосте при переменном токе, при наличии в двух плечах чисто активных сопротивлений (и, следовательно, применение моста для радиотехнич. И.), возможно лишь при наличии следующего: 1) если в двух смежных ветвях включены активные сопротивления, то в двух друг. смежных ветвях должны быть включены самоиндукции или емкости, 2) если активные сопротивления включены в противоположные ветви, то в двух других противоположных ветвях д. б. включены самоиндукция и емкость. Приведем из де-

сятка имеющихся только один типичный по схеме и конструкции мост.

Мост Вина, в конструкции General Radio Co., известный как «декадный мост», служит для измерения C, R, L (фиг. 2). Если измеряется емкость, то уравнение (1) дает

$$r_1 r_4 - j\frac{r_4}{\omega C_x} = r_2 r_3 - j\frac{r_3}{\omega C_{STD}},$$

откуда

$$C_x = \frac{r_4}{r_3} C_{STD};$$

при этом для сопротивлений r_1 и r_2 применяется один и тот же набор, включаемый в зависимости от положения ручки переключателя *1*, *2*, *3* по желанию в левую или правую ветвь моста. Тот же мост для И. активного сопротивления соединяется так, что нулевой индикатор включается между точками *2* и *1*, а зажимы *STD* замыкаются накоротко; тогда

$$r_x = \frac{r_2 r_c}{r_4}.$$

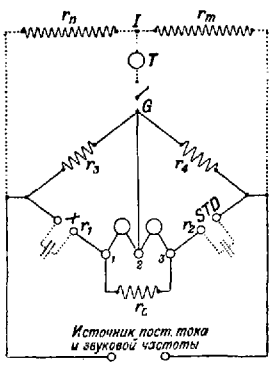
Наконец, при И. самоиндукции, ур-ие (1) дает

$$(r_1 + j\omega L_1) r_4 = r_3 (r_2 + j\omega L_2),$$

откуда

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_3}{r_4} = \frac{r_1}{r_2}.$$

Этот же мост позволяет с помощью эталона емкости определять неизвестную самоиндукцию, и наоборот. В этом случае неизвестный элемент включается в положение *STD*, нулевой индикатор *2-3* и зажимы *X* соединяются вместе; эталон с реактивным сопротивлением противоположного знака включается параллельно r_3. Легко показать, что в этом случае $L_x = r_3 r_c C$. Точность И. во всех указанных случаях $\pm 0{,}2\%$. При использовании телефона в цепи индикатора возникают на практике затруднения вследствие возникновения разности потенциалов между наблюдателем и телефоном; соответствующий зарядный ток препятствует установлению точного равновесия. Тогда используют «землю Вагнера» для приведения телефона к потенциалу земли. Она устраивается следующим обр.: включаются сопротивления r_m и r_n и отдельный телефон T; место соединения r_n и r_m заземляется в I; сначала мост балансируется, как описано, при открытом ключе G; потом включается G и балансируется (конечно, изменением только r_n и r_m) второй мост из r_n, r_m, r_3 и r_4 с использованием телефона T. Ясно, что, при устранении тока в диагонали T, G является потенциалом земли; затем ключ снова открывается, и баланс совершенствуется в основном мосте, пока индикатор не будет приведен точно в нулевое положение; только тогда И. мостом считается вполне правильным.



Фиг. 2.

Р е з о н а н с н ы е м е т о д ы. Методы основаны на ф-ле Томсона:

$$\lambda^2 = 4\pi^2 c^2 (C + C_0)(L + l), \qquad (3)$$

где C_0—емкость катушки L и подводящих проводов, l—самоиндукция конденсатора C вместе с соединительными проводами; c—скорость света.

При использовании этого метода λ измеряется *волномером* (см.), а C_x или L_x вычисляются по приведенной ф-ле из известных соответственно $L_э.$, l, C_0 или $C_э.$, l, C_0; на практике пользуются менее точными формулами (λ—в *м*):

$$C_x = 253\frac{\lambda^2}{L_э.}\ см \text{ и } L_x = 253\frac{\lambda^2}{C_э.}\ см,$$

получающимися из вышеприведенной при $l=0$, $C_0=0$. На практике обычно не определяют отдельно l и C_0, а считают, что емкость соединительных проводов входит в измеряемую величину емкости катушки C_0, а самоиндукция соединительных проводов входит в измеряемую самоиндукцию катушки L.

М е т о д з а м е щ е н и я в этом классе радиотехн. И. выражается в следующих формах. 1) Сравнивают величины одинакового порядка: в контуре из неизвестных C_x и L_x возбуждаются колебания, напр. с помощью зуммера (см. *Искровой передатчик*); фиксируется определенная частота такого контура (точное значение f или λ не играет роли; поэтому вместо градуированного индикатора волномера можно пользоваться, наприм., апериодическ. контуром с термоэлементом и гальванометром). Затем C_x или L_x заменяются переменными: эталонным конденсатором $C_э.$ или нормалью самоиндукции $L_э.$, к-рые устанавливаются т. о., чтобы показания индикатора оставались теми же самыми, что и в первом опыте; ясно, что при этом $C_x = C_э.$ и соответственно $L_x = L_э.$. 2) Сравнивают величины разных порядков. В этом случае применяют параллельное или последовательное включение эталона с подлежащей И. величиной: а) если $C_э. \gg C_x$, то первое И. производят только с $C_э.$, установленным на произвольном делении C_a; при втором И. C_x включают параллельно $C_э.$ и тот же резонанс находят при другом положении $C_э. - C_b$; ясно, что $C_x = C_a - C_b$; б) если $C_э. \ll C_x$, то в схеме второго И. C_x включается последовательно с $C_э.$, и аналогично

$$C_x = \frac{C_a C_b}{C_b - C_a};$$

в) если $L_э. \gg L_x$, то применяется последовательное включение L_x и $L_э.$; получается при аналогичных обозначениях $L_x = L_a - L_b$; г) если $L_э. \ll L_x$, то применяется параллельное включение L_x и $L_э.$; получается

$$L_x = \frac{L_a L_b}{L_b - L_a}.$$

О предосторожностях при выполнении этого класса И. и о различных их модификациях см. литературу.

Другой метод состоит в использовании гармоник. Если $C_э.$ значительно меньше C_x, то после настройки лампового генератора на частоту контура (фиг. 3) из произвольного L_n и неизвестного C_x, последний заменяется на $C_э.$, и производится при том же режиме лампового генератора настройка контура изменением $C_э.$ на n-ю гармонику основной волны генератора; тогда из уравнений

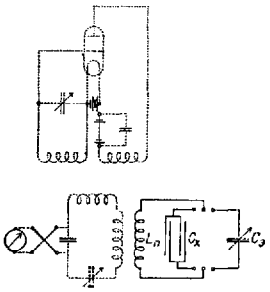
$$\lambda = k\sqrt{C_x L_n} \text{ и } \frac{\lambda}{n} = k\sqrt{C_э. L_n}$$

получается

$$C_x = n^2 C_э .$$

Если вместо $C_э$ применяется эталон переменной самоиндукции (в а р и а т о р самоиндукции), то, т. о., производится И. $L_x \gg L_э$, при чем аналогично $L_x = n^2 L_э$. Однако, найти L_x в этом случае можно и при фиксированном L_n, при чем $L_n \ll L_x$; для этого необходимо иметь переменный $C_э$. Действительно, из ур-ий $\lambda = k\sqrt{C'_э L_x}$ и $\frac{\lambda}{n} = k\sqrt{C''_э L_n}$ находится

$$L_x = n^2 L_n \frac{C''_э}{C'_э} .$$

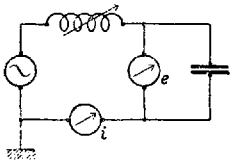


Фиг. 3.

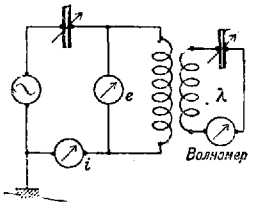
Из м е т о д о в а б с о л ю т н ы х наиболее употребительны в технике определения C и L по ф-лам закона Ома для переменного тока. Действительно, при схеме соединений (фиг. 4) получается (i в A, e в V, C в F):

$$C = \frac{i_д}{e_д \cdot \omega} = \frac{i_д}{e_д} \cdot \frac{\lambda}{2\pi c} .$$

Предполагается при этом, что конденсатор не имеет потерь; вольтметр д. б. статич. типа; при малых емкостях следует вводить поправку на параллельно включенную емкость



Фиг. 4.



Фиг. 5.

вольтметра; технич. приборы по этой схеме дают точность И. до 0,5%. Аналогично для И. самоиндукции (фиг. 5) имеем (L в H):

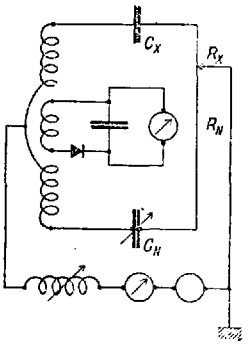
$$L = \frac{e_д}{i_д} \cdot \frac{1}{\omega} = \frac{e_д}{i_д} \cdot \frac{2\pi c}{\lambda} .$$

Предполагается, что действующее активное сопротивление катушки мало сравнительно с ωL; вольтметр также статич. типа.

Если первые предпосылки не имеют места, то требуется дополнительное измерение мощности, теряемой на исследуемом объекте; напр., при измерении L получается: а) по схеме фиг. 5: $z = \frac{e_д}{i_д}$ Ω, б) при измерении мощности: $R = \frac{P}{i_д^2}$ Ω; отсюда $L = \frac{\sqrt{z^2 - R^2}}{\omega}$.

Видоизменением метода замещения служит схема дифференциального трансформатора Хунда (фиг. 6). Индикатор включается во вторичную обмотку трансформатора; ток от источника питания проходит через две (первичные) обмотки; в одну из них включается последовательно переменный эталон (на фиг. 6 показано И. емкости), в другую объект И.—конденсатор, емкость которого измеряется. Вариатор самоиндукции в цепи питания включается для настройки в резонанс контура с источником эдс. При регулировании C_n и положения указателя R_x, R_n таким образ., что индикатор (на фиг. 6 для примера показан детектор с гальванометром) устанавливается в нулевое положение, имеет место равенство измеряемой величины с соответствующим значением эталонной; так же определяется и активная часть общего сопротивления, самоиндукция, взаимоиндукция, сдвиг фазы и мощность.

И. диэлектрической постоянной ε. Эти И. сводятся в технике к определению двух значений емкости конденсатора, диэлектриком которого служит сперва воздух (C_0), а затем — подлежащее исследованию вещество (C); И. емкости производится по одному из описанных методов (в частности схемой моста Нернста). Искомая величина $\varepsilon = \frac{C}{C_0}$.



Фиг. 6

И. взаимоиндукции. Чаще всего производят двукратное И. самоиндукции двух взаимодействующих систем (L_1 и L_2), при чем в одном случае они располагаются так, что магнитные потоки совпадают (L_I), а в другом—прямо противоположны (L_{II}); тогда из

$$L_I = L_1 + L_2 + 2M \quad \text{и} \quad L_{II} = L_1 + L_2 - 2M$$

имеем

$$M = \frac{1}{4}(L_I - L_{II}) .$$

Менее распространен метод замещения. Возможно И. M путем сравнения с известной частью самоиндукции; измеряя амперметром i_1 и i_2 в первой и во второй системах, M которых измеряется, из

$$\omega M i_1 = L_2 i_2 \omega$$

находим

$$M = L_2 \frac{i_2}{i_1} .$$

Аналогично, измеряя вольтметром e_1 и e_2, получаем $M = L_1 \frac{e_1}{e_2}$. Измерение рекомендуется производить при радиочастотах.

И. самоиндукции конденсаторов и емкости катушек. Это И., встречающееся реже, производят приключением к конденсатору эталона самоиндукции $L_э$, имеющего величину L порядка измеряемой l конденсатора. В качестве эталона рекомендуются фигуры из одного витка провода—их L легко вычисляется по ф-ле Баженова (см. *Замкнутая антенна*). Измеряется λ_1 полученного контура; если собственная волна коротко замкнутого конденсатора C (без эталона) есть λ_0, то

$$l = \frac{L}{\left(\frac{\lambda_1^2}{\lambda_0^2}\right) - 1} .$$

При И., в особенности коротковолновых, необходимо учитывать емкость и самоиндукцию частей схемы (проводки, изоляторов, аппаратов и т. д.). Эквивалентную емкость частей схемы C_0 получают как увеличение емкости конденсатора C, к к-рому C_0 приклю-

чается параллельно; самоиндукцию частей схемы l находят из увеличения L контура, к к-рому l считается приключенным последовательно. Если исследуемая часть схемы обладает собственными l и C_0, то: 1) для И. C_0 приключают к исследуемому объекту известную L, к-рая д. б. велика по сравнению с l объекта; 2) для И. l приключают конденсатор большой известной емкости ($C \gg C_0$). Измеряя в обоих случаях длину волны, находим из основного ур-ия (3): в первом случае C_0, полагая $C=0$, т. к. $l \ll L$, во втором случае l, полагая $L=0$, т. к. $C_0 \ll C$.

При И. с различными частотами получают несколько отличное значение вследствие зависимости L и C от частоты. Вследствие уменьшения при возрастании f магнитного потока внутри провода, L с высокой частотой незначительно уменьшается; изменение L по этой причине учитывается коэфф-том $\mu\delta$ (см. *Замкнутая антенна*); кроме того, L как бы изменяется и потому, что имеется собственная емкость C_0 катушки; по последней причине кажущееся увеличение L и R учитывается по ф-лам:

$$L = L_0 (1 - \omega^2 L C_0)^{-1}; \quad R = R_0 (1 - \omega^2 L C_0)^{-2},$$

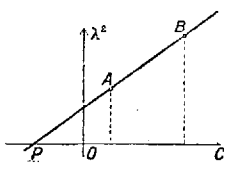
где L_0 и R_0—значения для постоянного тока.

Емкость конденсаторов, при наличии в последних потерь, кажущимся образом уменьшается с возрастанием f:

$$C = C_0 \left(1 + \frac{1}{\omega^2 C_0^2 R^2}\right) = C_0 (1 + \operatorname{tg}^2 \delta) = C + \Delta C,$$

где C_0—кажущ. емкость при любой частоте ω, R—сопротивление, эквивалентное утечке (параллельно включенное сопротивление); если в конденсаторе существуют и диэлектрич. потери, то по этой причине изменение C пропорционально $\frac{1}{V\omega}$. Наличие у вводов конденсатора l также вызывает изменение C с частотой: $C = C_\infty(1 + \omega^2 C l)$.

Емкость катушек C_0, представляемая нами в виде конденсатора, включенного параллельно к безъемкостной катушке, измеряется или методом моста или из собственной волны катушки. Исследуемая катушка возбуждается генератором соответствующей частоты; волномером измеряется λ; тогда $C = 253 \frac{\lambda^2}{L}$ *см*. Практика предпочитает видоизменение этого метода в виде следующей экстраполяции: параллельно катушке L включается переменный конденсатор C, и определяется длина волны образованного из L и C контура при каких-либо двух установках конденсатора C. Если нанести квадраты полученных длин волн в ф-ии от включаемой переменной емкости, то продолженная прямая AB дает своим пересечением с осью абсцисс величину C_0, так же как отрезок по оси ординат при $C=0$ дает квадрат собственной длины волны λ катушки (фиг. 7).



Фиг. 7.

И. коэфф-та связи двух связанных цепей. 1) Путем расчета из измеренных C, L, R и M, коэфф-т связи k определяется:

а) для индуктивной связи — $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$,

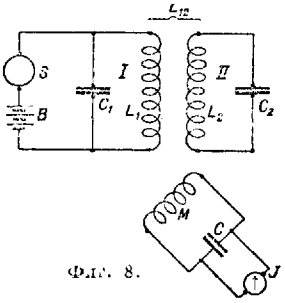
b) » емкостной » — $k = \frac{1}{C_{12}} \sqrt{\frac{C_1 C_2}{}}$,

c) » гальванической » — $k = \frac{R_{12}}{\sqrt{R_1 R_2}}$.

Эти ф-лы дают однозначное определение при квазистационарном токе.

2) Методом И. падений напряжений на соответствующих частях связанных систем—см. *Емкостная связь*, *Гальваническая связь*, *Индуктивная связь*, *Автотрансформаторная связь*, *Связь*.

3) Измерением частот связанных колебаний (на фиг. 8 выбраны цепи с индуктивной связью). Контур I приключается к зуммеру S, питаемому батареей B, а с контуром II весьма слабо связывается измерительный контур M с индикатором J; т. о. измеряются волны (частоты) связи f_1, f_2; затем контур II размыкается, и измеряется помощью контура M, связываемого слабо с I, собственная частота цепи I—f_1; совершенно аналогично находится собственная частота контура II—f_{II}; отсюда



Фиг. 8.

$$k^2 = \frac{(f^2 - f_1^2)(f^2 - f_{II}^2)}{f^4} = \frac{(\lambda_1^2 - \lambda^2)(\lambda_{II}^2 - \lambda^2)}{\lambda_1^2 \lambda_{II}^2} = \frac{(C_1 - C)(C_{II} - C)}{C_1 C_{II}}.$$

Расчеты значительно упрощаются, если контуры I и II с помощью конденсаторов C_1 и C_2 настраиваются на ту же резонансную частоту ($f_I = f_{II} = f$):

$$k = \frac{f_1^2 - f^2}{f_1^2} = \frac{f^2 - f_2^2}{f_2^2} = \frac{f_1^2 - f_2^2}{f_1^2 + f^2} = \frac{\lambda^2 - \lambda_1^2}{\lambda^2} = \frac{\lambda_2^2 - \lambda^2}{\lambda^2} = \frac{\lambda_2^2 - \lambda^2}{\lambda_1^2 + \lambda^2} = \frac{C - C_1}{C} = \frac{C_2 - C}{C} = \frac{C_2 - C_1}{C_1 + C_2}.$$

Приблизительно считают, что

$$k \cong \frac{f_1 - f_2}{f} \cong \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda} \cong \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1 - C_2}{C}.$$

Аналогично находим для емкостной связи:

$$k = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \cong \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1 - C_2}{C}.$$

И. частоты. Частота f измеряется числом периодов, или циклов, в секунду; кроме того, в практике измерений принято также И. длины волны λ, связанной с частотой следующей зависимостью:

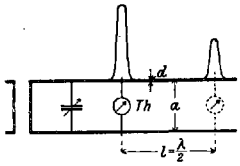
$$f\,(\text{кц/ск.}) = 0{,}001\, f\,(\text{ц/ск.}) = \frac{c\,(\text{м/с})}{\lambda\,(\text{м})} = \frac{300\,000}{\lambda\,(\text{м})}.$$

Практич. прибором для И. частоты f, а следовательно, и длины волны λ служит частотомер — волномер, включаемый главным образом по одной из двух схем: волномер—вибратор и волномер—резонатор (см. *Волномер*, *Частотомер* и *Индикаторы резонанса*).

Абсолютное И. частоты и длины волн. Абсолютные способы дают λ и f независимо от других способов И. λ, т. е. при отсутствии эталонов λ и f применяются только в лабораторных условиях для градуировки «волномеров-эталонов», по которым уже градуируются «технические

волномеры». Имеется несколько абсолютных способов И. λ и f. Естественным способом определения f и λ является получение частоты в колебательном контуре разряда эталонной емкости через точно известную самоиндукцию; при принятии всех поправок точность измерений получается по данным Гибе и Альберти $\pm 0.01\%$. Возможно также применение машины высокой частоты, дающей частоту по формуле $f=\frac{p\cdot n}{60}$, где p — число полюсов, n — число об/мин., определяемое по данным И. с точностью $\gg 0{,}1\%$.

Способ Лехера. Система двух параллельных проводов (фиг. 9) с перемычкой, или рейтером, в к-рый включен термогальванометр Th, возбуждается генератором высокой частоты. Получаются стоячие волны, при чем расстояние между двумя смежными пучностями напряжений или токов равно половине длины волны. Американское бюро стандартов нашло, что способ Лехера дает частоту на 0,1—0,5% больше истинной, так как скорость v распространения электромагнитной волны вдоль провода меньше скорости ее в пустоте c, а именно:



Фиг. 9.

$$v=c\,(1-\Delta),$$

и предложило ф-лу с поправкой

$$f\,(\text{кц/ск.})=\frac{c\,(1-\Delta)}{2l},$$

откуда

$$f\,(\text{кц/ск.})=\frac{1{,}4491\cdot 10^{5}}{l}(1-\Delta),$$

при чем

$$\Delta=\frac{\sqrt{R_0}}{8\lg B\sqrt{\omega\left[1-\left(\frac{d}{a}\right)^2\right]}},$$

где

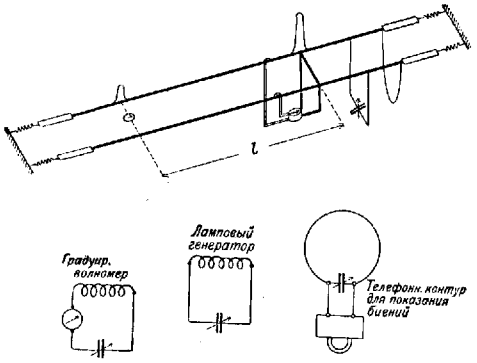
$$B=\frac{1+\sqrt{1-\left(\frac{d}{a}\right)^2}}{\frac{d}{a}},$$

l—расстояние между смежными пучностями в *см*, R_0—сопротивление постоянному току одного *см* двойного провода в абсолютных электромагнитных единицах, a—расстояние между проводами в *см*, d—диам. провода в *см*, $\omega=2\pi f$ (f в ц/ск.); если $a\gg d$, то $B\cong\frac{2a}{d}$. Практическая схема И. дана на фиг. 10.

Способ Мандельштама. Зуммерный контур на низкую частоту связывается с волномером (фиг. 11). В зуммерной цепи будет пульсирующий ток $I_{з.}$ с частотой $f_{з.}$. По теореме Фурье, этот ток распадается на ряд гармонических переменных токов, т. е. с частотами, кратными $f_{з.}$:

$$f=m\cdot f_{з.}.$$

Поэтому, если в волномере изменять непрерывно емкость, то волномер будет настраиваться на гармоники зуммерного контура, и в телефоне T получится последовательный ряд максимумов звука. Пусть эти максимумы звука наблюдаются при последовательном ряде значений конденсатора: $C=C_0, C_1, C_2,\ldots, C_k$; они очевидно соответствуют некоторому последовательному ряду гармоник: $f=mf_{з.}, (m+1)f_{з.}, (m+2)f_{з.},\ldots, (m+k)f_{з.}$. Здесь k—число максимумов звука,



Фиг. 10.

полученных при И. Число k определяется по начальной и конечной емкостям конденсатора волномера

$$mf_{з.}=\frac{1}{2\pi\sqrt{L\cdot C_0}},$$

$$(m+k)f_{з.}=\frac{1}{2\pi\sqrt{L\cdot C_k}},$$

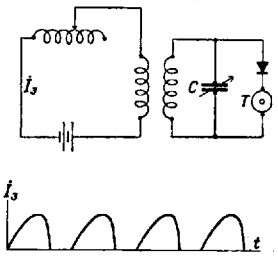
откуда после деления имеем

$$\frac{m}{m+k}=\sqrt{\frac{C_k}{C_0}},$$

и окончательно

$$m=k\cdot\frac{\sqrt{C_k}}{\sqrt{C_0}-\sqrt{C_k}}.$$

Число $f_{з.}$ колебаний зуммера определяется вполне точно обычными методами акустики. Способ Мандельштама хорош для волн $\lambda\geqslant 1000$ *м*. Способ Лехера, наиболее употребительный для калибровки средних и коротких волн, дает хорошие результаты в диапазоне $1\ м\leqslant\lambda\leqslant 1\,000\ м$. О весьма развившемся в последнее время применении пьезокварца как эталона частоты к градуировке волномеров см. *Пьезокварц*.



Фиг. 11.

И. сопротивлений. 1) Из резонансных кривых. Для сравнимости резонансные кривые (см. *Избирательность*) следует строить приведенные, т. е. откладывая по осям величины

$$\frac{i^2}{i_r^2}\quad\text{и}\quad\frac{\lambda}{\lambda_r},$$

где i_r и λ_r—сила тока и длина волны при резонансе (фиг. 12). Теория Бьеркенса дает для односторонней расстройки

$$\delta_1+\delta_2=2\pi\frac{\lambda-\lambda_r}{\lambda}\sqrt{\frac{1}{\left(\frac{i_r}{i}\right)^2-1}},$$

где δ_1—логарифмическ. декремент контура, δ_2—логарифмический декремент волномера.

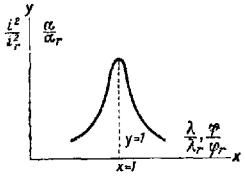
Для двусторонней расстройки с условием $i_1=i_2=i$:

$$\delta_1+\delta_2=\pi\frac{\lambda_2-\lambda_1}{\lambda_r}\sqrt{\frac{1}{\left(\frac{i_r}{i}\right)^2-1}}. \qquad (a)$$

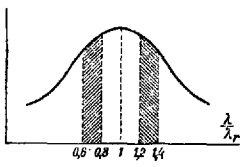
Более точная формула, выведенная М. Вином, дает вместо величины $\delta_1+\delta_2$ величину

$$\sqrt{(\delta_1+\delta_2)^2+4\pi^2k^2},$$

откуда следует, что ф-лой Бьеркенса можно пользоваться лишь при малой связи. Кроме



Фиг. 12.



Фиг. 13.

того, чтобы получить точные результаты, следует из кривой резонанса брать точки (фиг. 13)

$$1{,}2\leqslant\frac{\lambda_2}{\lambda_r}\leqslant 1{,}4,$$

$$0{,}6\leqslant\frac{\lambda_1}{\lambda_r}\leqslant 0{,}8.$$

Для точных И. следует снимать всю кривую резонанса, дающую полную картину явления. Для быстрых практич. И. делают некоторые упрощения, полагая в ф-ле (а):

$$\frac{\lambda_2-\lambda_1}{\lambda_r}=\frac{C_2-C_1}{2C_r}\cong\frac{\varphi_2-\varphi_1}{2\varphi_r};$$

для тепловых приборов:

$$\frac{i_r^2}{i^2}=\frac{a_r}{a}, \text{ так как } i^2=A\cdot a;$$

для гальванометра с термоэлементом или детектором:

$$\frac{i_r^2}{i^2}\cong\frac{a_r^2}{a^2}, \text{ так как } i\cong B\cdot a.$$

Наконец, берут соответственно:

$$a=\frac{a_r}{2} \text{ и } a^2=\frac{a_r}{2};$$

тогда ф-ла (а) дает:

$$\delta_1+\delta_2=\pi\cdot\frac{\lambda_2-\lambda_1}{\lambda_r}=\pi\frac{C_2-C_1}{2C_r}\cong\pi\cdot\frac{\varphi_2-\varphi_1}{2\varphi_r};$$

однако, более точный результат:

$$a=0{,}8\,a_r \text{ и } a^2=0{,}8\,a_r^2.$$

Этим методом можно определить сопротивление, эквивалентное всем потерям как целого колебательного контура, так и какого-либо активного сопротивления r, ибо, внося последнее в контур, получим, согласно общей ф-ле, приращение декремента:

$$\Delta\delta_1=\frac{1}{152{,}3}\cdot\frac{C\cdot r}{\lambda},$$

где C в *см* и λ в *м*, а r в Ω. Величина δ_2—декремент волномера—определяется проще всего по способу незатухающих колебаний—устройством связи волномера с генератором незатухающих колебаний, тогда кривая резонанса даст непосредственно $\delta_1+\delta_2=\delta_2$, вследствие того, что для незатухающих колебаний $\delta_1=0$.

2) И. сопротивления контура последовательным включением эталона сопротивления. а) Случай незатухающих колебаний (фиг. 14). При отсутствии сопротивления $R_э$. сила тока i_2' в контуре LC:

$$i_2'=\frac{\omega M i_1'}{R_x}.$$

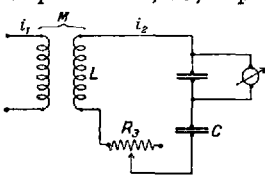
После введения сопротивления $R_э$. ток будет

$$i_2''=\frac{\omega M i_1''}{R_x+R_э.}.$$

Из этих двух равенств, полагая $i_1'=i_1''$, получим:

$$R_x=\frac{i_2''}{i_2'-i_2''}R_э..$$

Если прибор тепловой, что обыкновенно и бывает, а эталон $R_э$.—переменный, то, беря $a''=a_2'$: 4, получим: $R_x=R_э.$. При измерениях на мощных станциях главная трудность — подбор $R_э.$. Лучшим считается прямолинейный отрезок провода с большим удельным сопротивлением. Связь M д. б. возможно малой. В определенную т. о. величину R_x входит сопротивление прибора, которое из результата следует исключить.



Фиг. 14.

б) Источник энергии дает колебания затухающие: повторяются те же самые И. При отсутствии $R_э$. имеем:

$$P_1=i_1^2\cdot R_э..$$

При включенном $R_э.$

$$P_2=i_2^2(R_x+R_э.).$$

Принимая $P_1=P_2$, получаем:

$$R_x=\frac{i_2^2}{i_1^2-i_2^2}R.$$

Для упрощения расчетов при эталоне $R_э.$—переменном, берут $i_2^2=\frac{i_1^2}{2}$, тогда $R_x=R_э.$.

Измерение сопротивления катушек и проводов помощью калориметра. Помещают испытуемую катушку в калориметр и пропускают через него ток; тогда количество тепла, выделенного в калориметре, по закону Джоуля будет

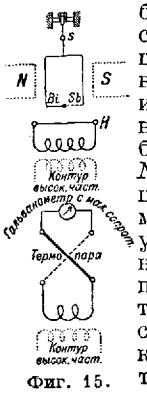
$$Q=0{,}24\,I^2R_xt=A\,(T-T_0),$$

где $T-T_0$—приращение температуры калориметра; t—время наблюдения в ск.; I—ток, проходящий через катушку; $A=m_1c_1+m_2c_2+\ldots+m_nc_n$—водяное число калориметра, m_1 и c_1—масса и теплоемкость воды; m_2 и c_2—масса и теплоемкость меди; m_n и c_n—масса и теплоемкость железа. Это наиболее точный и научно бесспорный способ определения R_x при высоких частотах, позволяющий установить зависимость R_x от f.

И. энергии в контуре. Понятие энергии в колебательном контуре характеризуется величинами P, e, i, f. Так как обычно в радиотехнике колебания происходят при резонансе, то подобно постоянному току эти три характеристики связаны зависимостью: $P=e\cdot i$ и $i=\frac{e}{R}$, где R—действующее активное сопротивление току частоты f. Т. к., кроме того, всегда $P=i^2\cdot R$, то при известном R определение P всегда, а e в большинстве случаев, м. б. сведено к определению i; т. о., за основные характеристики энергии в данном контуре (R, L, C) можно принять величины R, I, f. Величины R и f

определяются по вышеуказанному, величина I определяется б. ч. *амперметрами* (см.).

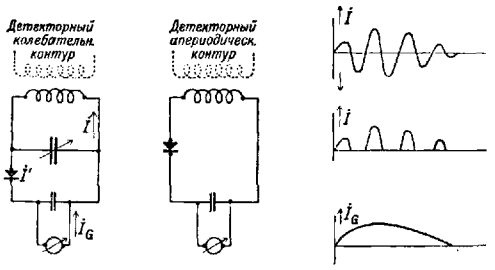
Из лабораторных приборов для И. I следует упомянуть следующие: 1) Термогальванометр Дудделя, являющийся наиболее точным и единственным практич. прибором, показывающим μA высокочастотного тока; изготовляется Кембриджскими мастерскими. Он настолько чувствителен, что малейшее колебание $t°$ (напр. от тока воздуха при хлопании дверью или при передвижении человека) вызывает колебание зеркала прибора. Между двумя магнитами N и S (фиг. 15)—рамка с зеркальцем s, замыкающаяся на термоэлемент Bi—Sb, который для уменьшения посторонних влияний подогревается проволочным подогревателем H; измеряемый ток пропускается или непосредственно через него или через контур (на фиг. 15 показан пунктиром), индуктивно связанный с цепью H. Прибор применяется для самых точных И. в приемных антеннах и в приемниках.



Фиг. 15.

2) Термоэлемент с гальванометром постоянного тока—наиболее употребительный метод И. силы тока в контуре высокой частоты (нижняя половина фиг. 15), часто индуктивно связываемом с цепью термопары.

3) Гальванометр с детектором по схемам включения дан на фиг. 16, где I—переменный ток, I'—постоянный ток. При очень слабых токах показания гальванометра пропорциональны квадрату напряжения: $a = A \cdot V^2$. При более сильных токах зависимость линейная: $a = C \cdot V$, т. е. прибор действует как вольтметр.



Фиг. 16.

4) Для И. больших сил токов, напр. в радиопередатчиках, применяются трансформаторы. Теория показывает, что

$$I_1 \cdot M \cdot \omega = I_2 \sqrt{R_2^2 + \omega L_2},$$

откуда следует, что если $\omega L_2 \gg R_2$, что достижимо при высоких частотах, то можно принять

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{L}{M}, \text{ т. е. } I_1 = AI_2.$$

И. энергии электромагнитного поля. 1) И. энергии в передающей антенне. Измерение силы тока производится в его пучности, т. е. обычно у заземления. И. напряжения производится обычно на удлинительной катушке. И. мощности в антенне сводится к определению силы тока в пучности и сопротивления антенны. И. частоты производится волномером.

2) И. энергии в приемной антенне. До сих пор часто применяются простые, но крайне грубые И. силы приема—методом параллельных омов, заключающимся в том, что параллельно к телефону (с сопротивлением T) в цепь приемника приключается переменное сопротивление S; при этом определяется коэфф. слышимости (фиг. 17: конденсатор в цепи антенны опущен):

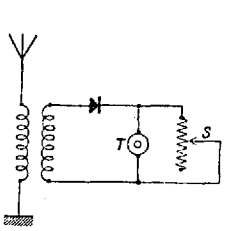
$$A = 1 + T : S;$$

тогда сила приемного тока по ф-ле Остина будет, при приемнике с кристаллическим детектором,

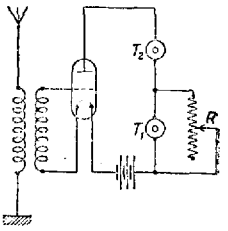
$$I_2 = 10 \sqrt{A} \cdot 10^{-6} \text{ A}.$$

По старым нормам, коэфф. слышимости д. б. $A = 16$, что соответствует силе приемного тока 40 μA. Теперь принимают для уверенного приема $A = 64$ и выше.

При ламповом приемнике в анодной цепи (фиг. 18) имеются два последовательных телефона T_1 и T_2. Параллельно



Фиг. 17.



Фиг. 18.

T_1—шунт R (конденсатор в цепи сетки опущен). Второй телефон включен для избежания недопустимого режима лампы с нулевым анодным сопротивлением; мембрану его надо при этом снимать. Этот метод допускает ряд грубых персональных и инструментальных ошибок, т. к. не только разные уши, но и одно и то же ухо в разное время имеет различную чувствительность. Кроме того, следовало бы брать не активное R, а полное сопротивление телефона $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$, к-рое зависит от частоты. Ошибка может достигать 200%. См. *Компаратор*.

И. параметров антенны. См. *Радиосети*.

И. ламповые. См. *Лампа электронная*.

Лит.: Скрицкий Н. А., Радиотелеграфные измерения, СПБ, 1913; Свирский Е. А. и Хащинский В. П., Радиотелеграфные измерения, М., 1921; Nottage W. H., The Calculations a. Measurements of Inductance a. Capacity, London, 1916; Hund A., Hochfrequenzmesstechnik, 2 Aufl., B., 1928; Moullin E. B., The Theory a. Practice of Radio Frequency Measurements, L., 1926; Rein H. u. Wirtz K., Radiotelegraphisches Praktikum, 3 Aufl., B., 1927; «Bureau of Standards, Circulars», Washington, 1923, 74; D'Armagnat, Les mésures en hautes fréquences, Paris, 1924.

В. Баженов.

Измерения световые.

И. световые имеют целью определение силы света, светового потока, яркости и освещенности, а также величин коэфф-та отражения различных поверхностей, пропускания и поглощения света в различных средах. Применяемые методы И. могут быть разбиты на два класса: а) субъективные, в к-рых суждение о величинах производится

глазом при помощи соответственной аппаратуры (пользуются наибольшим применением в настоящее время), и б) объективные, в которых глаз заменен физическим прибором (фотоэлемент, термопара и друг.; последние начали применяться сравнительно недавно и еще не могут считаться окончательно установленными).

Глаз (см.) обладает способностью судить о равенстве яркости двух смежных по месту или времени полей вполне одинакового цвета. Поэтому все применяемые субъективные методы световых И. сводятся к установлению этого равенства яркостей. При этом яркости м. б. при помощи простых математических соотношений связаны с любыми подлежащими И. величинами. Самое сравнение яркостей не м. б. произведено с абсолютной точностью. При уравнении двух смежных по месту полей глаз перестает чувствовать различие между ними, когда одна из сравниваемых яркостей отличается от другой на ~1,7% в наиболее благоприятном случае (Кёниг, Бланшар). Значительно меньшие разницы в яркостях (до 0,3—0,5%) м. б. замечены при сравнении яркостей, смежных во времени (Айвс). Несмотря на такую относительную грубость зрительного восприятия, точность сравнения м. б., при помощи определенных приемов И. и при пользовании соответственными приборами, чрезвычайно повышена. Можно считать, что при наилучших условиях точность световых И. достигает для определенной измерительной лаборатории 0,1% и даже выше. При И. в различных лабораториях согласие в результатах обычно не достигает указанного предела, а держится ок. 0,5%. И. каждой из вышеуказанных величин производится особым методом.

Наиболее точно м. б. произведено И. с и л ы с в е т а. Оно сводится к сравнению силы света испытуемого и эталонного источников. Световые эталоны представляют собою особым образом построенные лампы накаливания, сила света которых в определенном направлении выражена в условных, международно принятых единицах: м е ж д у н а р о д н ы х с в е ч а х. Основные эталоны силы света в виде большого количества ламп накаливания хранятся в государственных лабораториях Франции, Англии и С. Ш. А. По указанному свойству глаза сравнение непосредственно силы света невозможно. Поэтому, как промежуточное звено, вводится сравнение яркостей двух сторон белой поверхности (обычно гипсовой пластинки), освещенных каждая одним из сравниваемых источников света. Яркость диффузной поверхности пропорциональна создаваемой на ней освещенности. А освещенность поверхности от источника света силы I на расстоянии R, при нормальном падении света и при достаточно малых размерах источника, позволяющих считать его практически за точку, равна

$$E = \frac{I}{R^2}.$$

Т. о., когда два источника силы света I_1 и I_2 находятся на расстояниях соответственно R_1 и R_2 от обеих сторон диффузной поверхности и яркости их кажутся вполне одинаковыми, если, при помощи подходящих оптич. приспособлений, обе поверхности видны рядом при чрезвычайно тонкой границе между ними,—то равны и освещенности их, а следовательно, имеет место соотношение:

$$\frac{I_1}{R_1^2} = \frac{I_2}{R_2^2}.$$

Это — основное соотношение для И. силы света. Само И. производят на т. н. фотометрической скамье—приспособлении, позволяющем перемещать сравниваемые источники света и измерять расстояния их до диффузной поверхности. Последняя составляет обычно часть прибора, называемого ф о т о м е т р о м, роль к-рого состоит в том, чтобы при помощи оптич. приспособлений позволить глазу видеть обе освещаемые диффузные поверхности в непосредственной близости, смежными друг другу; при этом граница между смежными полями должна, при равенстве яркостей, совершенно исчезать.

Типов фотометров имеется большое количество (см. *Фотометрия*). Наибольшим распространением пользуется фотометр Люммера и Бродгуна. Для повышения точности сравнения яркостей в лучших фотометрах внутрь сравниваемых полей или непосредственно рядом с ними вводятся т. н. контрастные поля. Это—участки, обладающие в каждом поле яркостью соседнего поля, но ослабленной на ~8%. При существовании контрастных полей установка на равенство производится не только на исчезновение границы между смежными полями, но и на равенство контраста в каждом из сравниваемых полей по отношению к его контрастной части. Этот прием позволяет значительно повысить точность И. Самое И. производят след. обр.: один из источников света закрепляют неподвижно на одном конце фотометрич. скамьи; фотометр скрепляют с лампой накаливания, поддерживаемой при постоянном напряжении (лампа сравнения) и находящейся всегда на неизменном расстоянии от фотометра. Вся система (фотометр и лампа сравнения) может целиком легко перемещаться на роликах вдоль скамьи до тех пор, пока видимые в окуляре фотометра смежные поля не станут одинаковыми по яркости и по равенству контрастов. Легкими движениями системы вправо и влево выводят ее из положения «фотометрического равновесия» и, уменьшая постепенно амплитуду движений, находят положение, в к-ром условие фотометрич. равновесия выполнено наилучшим образом. Подобную установку производят возможно большее число раз и притом несколько наблюдателей. Из этих установок выводят для каждого наблюдателя среднюю величину R_1 расстояния диффузной поверхности фотометра от источника света. Затем повторяют всю серию установок для второго источника, поставленного точно на то же место скамьи, на к-ром находился первый источник; получают второе расстояние R_2. Отсюда выводят из вышеприведенной ф-лы отношение $\frac{I_2}{I_1}$. Предложены и несколько иные методы действия, но они дают приблизительно те же результаты, что и описанный. Расхождения между

отдельными опытн. наблюдателями обычно очень незначительны, пока цвета обоих полей строго одинаковы. Бывают, однако, случаи, когда один или несколько из наблюдателей дают систематич. отсчеты, отличающиеся от отсчетов остальных. Это обычно относится к индивидуальным особенностям глаза и д. б. учтено при оценке среднего результата всех И. Согласие отдельных наблюдателей обычно резко нарушается даже при небольшой разнице окраски обоих полей; при этом достоверность и точность И. сильно падают. Когда цвета сравниваемых полей сильно различаются (например при сравнении синего и желтого, красного и зеленого полей), то установление фотометрич. равновесия становится чрезвычайно затруднительным, и установки отдельных наблюдателей могут расходиться на десятки процентов. Вполне надежного метода сравнения разноцветных источников по настоящее время не найдено.

И. с в е т о в о г о п о т о к а производят проще всего при помощи «фотометрического шара» (Ульбрихт). Он представляет собою полый, обычно металлический шар, выкрашенный внутри белой, по возможности диффузно отражающей краской. Испытуемый источник света вводят внутрь шара и помещают недалеко от центра. В стенке шара имеется отверстие, через которое можно измерить при помощи фотометра яркость противолежащей отверстию стенки шара. При этом между источником и тем местом стенки шара, яркость кот рого измеряется, ставят белый с обеих сторон экран, имеющий назначение не допускать на это место падения прямых лучей от источника. Теория показывает, что в этих условиях яркость стенки шара пропорциональна световому потоку источника. На место испытуемого источника помещают затем эталон, световой поток которого известен. Отношение первой измеренной яркости ко второй дает возможность определить световой поток источника света. Другой метод состоит в том, что измеряют силу света источника в нескольких меридианных (проходящих через ось симметрии) плоскостях по различным направлениям, через равные углы (например через 10°). Несложные формулы и приемы вычисления позволяют отсюда вывести величину светового потока.

И. о с в е щ е н н о с т и производят посредством особых фотометров, называемых часто *люксметрами* (см.). В этих фотометрах производится сравнение яркости «пробной» белой, диффузно отражающей пластинки, помещаемой в то место, где желательно определить освещенность, с яркостью подобной же пластинки, находящейся внутри или на фотометре и получающей освещение от небольшой эталонной лампы внутри фотометра. Различные приспособления применяют для уравнивания обеих яркостей в разных, очень многочисленных, типах люксметров. Для уменьшения яркости пробной пластинки, когда измеряемая освещенность очень велика, помещают перед отверстием фотометра, через которое производится И., нейтральные светофильтры, поглощение которых точно известно. В нек-рых люксметрах имеется по несколько пробных пластинок с различными коэфф-тами отражения, позволяющих измерять освещенности в широких пределах. Наоборот, когда измеряемая освещенность мала, то приходится уменьшать яркость внутренней пластинки. Это производится изменением расстояния ее от эталонной лампы (люксметры Вебера, Макбета и пр.), изменением наклона падения на внутреннюю пластинку света от эталонной лампы (система Троттера, Вингена и др.), применением серых клиньев, помещением в ход лучей оптич. системы с переменной диафрагмой, и т. д. Фотометры, служащие для И. освещенностей, м. б. по конструкции разбиты на два класса: лабораторные и технические. Первые, хотя и могут переноситься с места на место, но обладают солидной конструкцией и неудобны для работ вне лаборатории. Во вторых главное внимание обращено на облегчение конструкции и упрощение манипуляций с ними. Точность И. гораздо выше в лабораторных приборах и м. б. оценена в 1—2%; технические люксметры дают значительно меньшую точность, порядка 5—7%, а во многих типах и 10—15%.

Люксметры могут служить и для И. я р к о с т е й освещенных поверхностей. Для этого И. достаточно направить люксметр на поверхность, не помещая на нее пробной пластинки, и обычным способом добиться фотометрического равновесия. Т. к. шкала люксметров обычно дается в люксах, то надо пересчитать полученную величину на св/*см*². Это можно сделать по ф-ле:

$$B = \frac{1}{\pi} \cdot r \cdot E \cdot 10^{-4} \text{ св}/см^2,$$

где E—освещенность в люксах, r—коэфф. отражения пробной пластинки. Когда исследуемая поверхность не белая, то получение фотометрич. равновесия затрудняется, и И. становится ненадежным.

Люксметр м. б. применен и для И. к о э ф ф и ц и е н т а о т р а ж е н и я поверхностей и п р о п у с к а н и я прозрачных сред. Для этого достаточно определить яркость исследуемой поверхности и освещенность на ней посредством пробной пластинки. Величина коэфф-та отражения получится из соотношения $\varrho = \frac{B}{E} r$, где B д. б. выражено в люксах; r—коэфф-т отражения пробной пластинки. Подобным же образом м. б. измерено и пропускание. Более точные величины коэфф-тов отражения и пропускания, и притом абсолютные, а не относительно коэфф-та отражения пробной пластинки, м. б. получены посредством применения фотометрич. шара или двух шаров. В этом случае получается т. н. коэффициент диффузного отражения. Поглощение света в среде определяется И. некоторой постоянной яркости равномерно освещенной поверхности непосредственно и сквозь искусственную среду.

В объективных методах в качестве измерителя применяют фотоэлементы, реже термопары. Действие фотоэлементов основано на выделении электронов из щелочных металлов (Na K, Cs, Rb). Все металлы при падении на них электромагнитных колебаний большой частоты дают т. н. нормальный фото-

электрич. эффект, но этот эффект слаб. Указанные щелочные металлы обладают, кроме нормального, селективным эффектом при падении на них видимых и ультрафиолетовых колебаний. Селективный эффект используется в объективной фотометрии. Излучение электронов в хорошо приготовленных фотоэлементах пропорционально освещенности. При создании электрическ. поля достаточного напряжения, при чем металл служит катодом, получается ток, силу которого можно измерить очень чувствительным гальванометром. Для избежания неудобств, связанных с пользованием гальванометрами большой чувствительности, часто пользуются усилителями. В настоящее время разработан целый ряд схем, позволяющих достигать большой точности И. и пользоваться притом техническими измерительными приборами. Затруднением является то обстоятельство, что чувствительность фотоэлемента к различным участкам спектра совершенно иная, чем глаза. Вследствие этого фотоэлементы можно применять для сравнения различных источников света только в том случае, если спектральное распределение энергии у них одинаковое. Если этого нет, то необходимо включать перед фотоэлементом светофильтр, приводящий чувствительность фотоэлемента к чувствительности глаза. Такое изменение чувствительности, однако, очень невыгодно, так как заметно ослабляет фотоэлектрический ток. Трудности, связанные с применением фотоэлементов к световым И., нельзя считать преодоленными полностью, и этой области предстоит еще большое развитие. Из других объективных методов световых И. следует упомянуть о применении селена. Однако, непостоянство свойств селеновых приемников и отсутствие строгой пропорциональности между освещенностью и уменьшением сопротивления делают их мало пригодными для световых И. В качестве приемника, заменяющего глаз, неоднократно делались попытки применять термопару. Термопара может служить очень хорошим приемником, однако надо пользоваться наиболее чувствительными термопарами и считаться с тем, что и они д. б. приведены к чувствительности глаза, если дело не идет о сравнении источников с одинаковым спектральным распределением излучения. Вообще объективные методы световых И. в настоящее время еще не могут полностью заменить субъективных.

Лит.: Зеленцов М. Е., Световая техника, Л., 1924; Liebenthal E., Praktische Photometrie, Brschw., 1907; Schuchardt G., Praktische Anleitung zum Photometrieren, B., 1909; Sharp C. H., The Measurement of Light, Lectures of Illuminating Engineering, Baltimore, 1911; Uppenborn Fr., Lehrbuch d. Photometrie, hrsg. v. B. Monasch, Mch.—B., 1912; Walsh J., Photometry, L., 1926; Fabry C., Leçons de photométrie, P., 1924. **С. Майзель.**

ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ, см. *Электрические измерения.*

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ электрические, см. *Электрические измерения.*

ИЗОБАРА, линия равного или постоянного давления, графически изображающая зависимость между свойствами тел при условии постоянства давления.

И. в геофизике—линии, соединяющие места с одинаковым давлением воздуха. Для исключения влияния высоты, наблюденные данные приводятся к уровню моря. И. пользуются для изучения географич. распределения давления как для средних многолетних климатич. величин, так и для определенных моментов времени. В первом случае получается схема распределения давления на поверхности земного шара, которая служит основанием для суждения об общей циркуляции атмосферы, во втором—оказывается возможным выделить ряд характерных типов—барических систем, главнейшие из которых—циклоны и антициклоны. Изучение их свойств и движения лежит в основе учения о предсказании погоды.

ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО РАБОЧЕЕ, изобретения и усовершенствования, к-рые создают в процессе производства или научно-исследовательской работы рабочие и служащие, связанные трудовыми договорами с предприятиями. Правовое урегулирование И. р. является центральной проблемой современного патентного права[20]. В настоящее время изобретательство сосредоточено не в руках отдельных хозяйственно самостоятельных изобретателей, а в производственных предприятиях и научно-исследовательских учреждениях. Так, по подсчетам немецких авторов, 99% всех применяемых в промышленности изобретений возникло в процессе производственной и исследовательской деятельности[22]; стоимость изобретений, сделанных в 1912 г. в германских предприятиях и их исследовательских учреждениях (лабораториях, конструкторских бюро), равнялась 426 млн. мар.[21]. Проблема И. р. получила свою формулировку в литературе капиталистических стран в виде контроверзы о праве предпринимателя или служащего и рабочего на изобретения, учиненные последними. Таким образом, здесь создается коллизия двух правовых сфер: права патентного и права трудового.

Право работающего по найму изобретателя, поскольку законодательством не нормирован точно вопрос о сделанных им на службе изобретениях, до известной степени зависит от общей позиции, к-рую патентное законодательство занимает по отношению к субъекту права. Действующее право знает две основные системы: изобретательскую систему, при к-рой патент выдается изобретателю (С. Ш. А., Англия, Австрия, СССР и др.), и заявительскую систему, при к-рой патент выдается предъявителю изобретения, независимо от того, кто является изобретателем (Германия, Франция и др.). По отношению к рабочему-изобретателю заявительский патент является экспроприацией его права на изобретение в пользу предпринимателя путем выдачи патента непосредственно последнему. Но и изобретательск. патент не является гарантией ограждения прав рабочего и служащего, т. к. эта проблема относится также и к области трудового права. Центральным узлом проблемы является вопрос о договорной свободе сторон при заключении трудовых соглашений. Свободный договор—это тот мост, по к-рому всякое изобретение, сделанное служащим или рабочим, переходит всецело к предпринимателю. Наиболее заинте-

ресованная в изобретениях область химич. индустрии готова была признать право лиц наемного труда на сделанные ими служебные изобретения, настаивая, однако, при этом на полной договорной свободе между предпринимателем и служащим. VI Международный конгресс по прикладной химии, имевший место в 1906 году в Риме, принял по данному вопросу резолюцию о том, что «изобретение принадлежит служащему, сделавшему его, а не предпринимателю, поскольку договором не постановлено противное» [13]. Представитель герм. химической промышленности Лейдиг весьма откровенно заявил, что «при хозяйственной депрессии всякий служащий химик подпишет любой договор, лишь бы получить должность». Экономически сильной стороне в капиталистич. государстве нечего опасаться любых норм закона, касающихся договоров найма труда, если они являются диспозитивными, т. е. если постановления зависят от воли сторон; социально-политическое значение таких норм ничтожно: они заставляют только сильную сторону, т. е. нанимателя, соответствующим образом формулировать договоры, чтобы обходить закон.

Монополистич. организации выработали специальный типовый договор, в к-ром предусматривается переход изобретений служащих к предприятиям. Таков, напр., текст обязательства, подписываемого служащими Американ. телефонной и телеграфной компании: «В виду моего нахождения на службе у Америк. компании обязуюсь передать ей без всякого вознаграждения все без исключения мои изобретения из области телефонии, телеграфии, или комбинированной телеграфии и телефонии, или в аппаратах и приборах, предназначенных для применения в указанных областях техники или в связи с ними, к-рые мною сделаны во время моей службы у означенной компании, равно как и патенты, охраняющие таковые. Обязуюсь также передать ей все вышеуказанные изобретения, которые м. б. сделаны мною в будущем во время моей службы у компании» [17].

Не отстает в данном отношении и герм. электротехника. Крупнейшее герм. электротехнич. предприятие Всеобщая компания электричества (ВКЭ) отбирает следующую подписку у своих сотрудников: «Настоящим выражаю свое согласие на то, чтобы выработанные в течение срока действия моего найма мной или при моем содействии конструкции, усовершенствования, улучшения и изобретения перешли без всякого вознаграждения в собственность ВКЭ, поскольку они находятся в сфере деятельности предприятия, в котором я работаю. Всеобщая компания электричества обладает исключительными правомочиями на их осуществление и на приобретение в стране и за границей патентов на мое или свое имя. ВКЭ также правомочна при разработке указанных изобретений привлекать других своих сотрудников. Я обязуюсь, при возмещении моих расходов, подавать заявления, равно и учинять все действия, необходимые для получения патентов, согласно патентным предписаниям разных стран, также и после окончания моих трудовых отношений» [3].

Аналогичные договоры заключаются и другими крупными предпринимателями Германии [18], Франции [9], а равно и других капиталистич. стран.

Борьба за охрану рабочего изобретателя в Германии. Ограждая заявителя, т. е. предпринимателя, претендующего на сделанные его служащими и рабочими изобретения, герм. закон является базой для судебной практики, выгодной для предпринимателей. Основная линия герм. судебной практики заключается в том, что изобретения служащего всегда признаются собственностью предпринимателя [16]. Но классовая борьба герм. пролетариата захватила и интеллигентские инженерные круги. Массовые выступления Союза технико-индустриальных чиновников и Герм. технич. союза в 1905 г. (10 ноября) положили начало движению за право служащих на патент. Указанные организации путем печати и собраний обращали внимание своих членов и общественных кругов на бесправное положение служащего-изобретателя, творческая деятельность которого экспроприируется предпринимателями без уплаты вознаграждения, и требовали изменения действующего патентного закона в сторону ограждения прав технич. служащих как изобретателей, обеспечения им авторской чести (Erfinderehre) и справедливого участия в выгодах, извлекаемых промышленностью из их изобретений.

Основными требованиями союзов служащих до войны 1914—18 гг. были следующие. 1) Технич. служащие и рабочие являются собственниками сделанных ими изобретений. 2) Если заявитель не является изобретателем, то необходимо при заявке указать имя изобретателя. 3) Предприниматель имеет право использования изобретения, учиненного служащим во время действия трудового договора, поскольку изобретение касается области, лежащей в сфере служебных обязанностей служащего. 4) За предоставление служащим предпринимателю указанных изобретений изобретателю предоставляется право на соответствующее участие в выгодах, извлекаемых предпринимателем от осуществления изобретения в течение срока действия патента; соответствующей долей признается не менее одной трети выгоды. 5) Соглашения, противоречащие указанным пунктам, недействительны. 6) Указанные пункты находит соответствующее применение также в отношении изобретений, ограждаемых промышлен. образцом или содержащихся в тайне [19].

Домогательства союзов встретили резкий отпор со стороны предпринимателей, самым решительным образом возражавших против всякой попытки законодательного вмешательства. Но после войны 1914—18 гг. эта проблема была поставлена при изменившейся хозяйственно-политической обстановке. Разрушенная войной промышленность, обессиленная гнетом версальских контрибуций, стремится к восстановлению и реконструкции на базе более высокой техники. В особенности это имело значение для германской химической промышленности, обладавшей до войны мировым господством; для нее вопрос оказался особенно острым в виду огромного роста американской химической промышленности и реальной угрозы со стороны заокеанского победителя благодаря переманиванию крупнейших специалистов и изобретателей, изобретения которых часто держались в секрете. Химич. промышленность, к-рая была до войны наиболее упорной и непримиримой, первая пошла навстречу домоганиям технич. кругов, и 27 апр. 1920 г. был заключен коллективный договор для химич. промышленности, утвержденный 20 авг. 1920 г. министерством труда и получивший силу закона. Характерным для этого носящего компромиссный характер соглашения является его суммарность: целый ряд основных вопросов, напр. вопрос о размере вознаграждения, в нем не разработан, а предоставлен на разрешение сторон при заключении индивидуальных договоров; неопределенность момента диктовала представителям промышленности наметку лишь общих контуров соглашения и предоставление всего остального дальнейшему соотношению сил. Из области патентно-правовой вопрос переносится в область урегулирования трудовых отношений между предпринимателями и рабочими. Правительственный проект трудового договора

1923 г. заключает в 5-м разделе («Право на результат труда») нормы И. р. Означенный проект, не ставший до сих пор законом, продиктован всецело интересами предпринимателей; начавшаяся реконструкция и рационализация герм. промышленности должна была всей своей тяжестью быть переложена на плечи трудящихся, в том числе и рабочих изобретателей. Правительственный проект вызвал контрпроект Союза технических служащих. Интересно отметить изменившуюся позицию союза служащих: в то время как до войны центр тяжести требований организованных инженерных кругов лежал в праве изобретателя-служащего на получение патента, ныне, при развитии мощных монополистических организаций, экономически не допускающих конкуренции со стороны малоимущего патентообладателя, борьба перенесена на ограждение более скромного права автора—на вознаграждение за сделанные им по службе изобретения.

Коллективные договоры, регулирующие рассматриваемый вопрос, охватывают целый ряд отраслей промышленности. К концу 1926 года таких договоров (в большинстве случае местных) насчитывалось до 70, при чем целый ряд крупных отраслей не был охвачен соглашениями [8]. Вместе с тем целый ряд крупнейших предприятий продолжает отбирать у служащих реверс о безвозмездном переходе изобретения служащих и рабочих к предпринимателю. Тяжелое положение служащих, в особенности служащих-изобретателей, которые вынуждены уступать свои изобретения предприятиям без всякой за то компенсации; признание соглашений о безвозмездной уступке изобретений со стороны судов; изменившаяся к худшему для служащих хозяйственная конъюнктура; мощное развитие рационализированной промышленности, позволяющее сокращать штаты инженеров; огромные монополистич. организации, властно навязывающие свою волю служащим и рабочим,— все это заставило служащих высшей квалификации пойти на дальнейшие уступки по рассматриваемому вопросу. В конце 1928 г. было заключено между профессиональным Союзом служащих с высшим технич. и естественно-историческ. образованием и Союзом герм. промышленности соглашение об урегулировании прав служащих на изобретения. Это соглашение является рекомендуемым типовым договором [11]. Оно регулирует данный вопрос в менее выгодном для служащих смысле, чем это имело место в коллективном соглашении для химич. промышленности. В заключительном протоколе сказано, что, в виду особого положения химич. индустрии, настоящий реверс к ней не относится: представители Союза служащих боялись вредного рикошетного влияния данного соглашения на поставленных в лучшие условия химиков-инженеров [12].

Заводское изобретение. Теория и современное право (проекты и коллективные соглашения) Германии различают в И. р. три основных вида: а) заводские изобретения (Betriebserfindungen), б) служебные изобретения (Diensterfindungen) и в) свободные изобретения (freie Erfindungen). Как общее правило, заводские изобретения принадлежат предпринимателю без всякой компенсации изобретателя; служебные — переходят к предпринимателю за особое вознаграждение, а свободные изобретения, не находящиеся ни в каком контакте с предприятием, остаются за изобретателями [12]. Идеология предпринимательства стремится по возможности расширить понятие заводское изобретение для того, чтобы подвести под него огромное большинство сделанных изобретений.

Разработанную теорию заводского изобретения в новейшей литературе дает д-р Л. Фишер [17]. Согласно его воззрению, все творческое, создаваемое в предприятии, д. б. отнесено исключительно за счет последнего. Предприятие ставит перед служащим подлежащую разрешению проблему и в то же время оказывает необходимое и достаточное содействие в ее разрешении. Служащий находится под влиянием тысячи воздействий, обусловливающих постепенное уничтожение всех преград, лежащих по пути разрешения данной проблемы. Совокупность означенных воздействий м. б. названа «интеллектом предприятия» (Betriebsgeist); интеллект предприятия, как понятие, охватывающее все вспомогательные средства, опыт и инициативу, предоставляемые изобретателю, является основным фактором, обусловливающим изобретательность служащего; изобретения, возникшие вследствие этого фактора, называются заводскими. Теория Фишера легла в основание определения, принятого в нек-рых коллективных договорах южно-герм. металлургич. и электротехнич. предприятий: заводскими здесь считаются изобретения, возникновение к-рых существенно обусловлено опытом, вспомогательными средствами и инициативой предприятия или предшествующими работами бывших сотрудников [15]. Данная конструкция совершенно экспроприирует в пользу предпринимателя почти все изобретения, учиненные лицами наемного труда; право служащего па изобретение, им придуманное, превращается в фикцию.

Указанная выше борьба за ограждение рабочего-изобретателя привела к тому, что в основных коллективных договорах, равно как и в правительственном проекте трудового договора, рамки заводского изобретения оказались до известной степени суженными, но оставлена нек-рая область для служебных изобретений, в отношении к-рых за изобретателем сохраняется во всяком случае право на авторскую честь. Коллективный договор химическ. промышленности 1920 г. признает наличие заводского изобретения, в случае «если отличительные признаки изобретения в столь сильной степени обусловлены инициативой, опытом, подготовительными работами и средствами предприятия, что проведение изобретения не выходит за пределы ремесленной (handwerksmässige) деятельности (т. е. нормальной профессиональной деятельности в смысле патентного права). Т. о., одного только наличия инициативы и опыта предприятия и предоставленных служащему средств для учинения изобретения недостаточно для

превращения его в заводское; решающим является деятельность служащего: поскольку она является деятельностью творчески изобретательной, постольку изобретение является служебным, а не заводским.

Наконец, имеется третья конструкция заводского изобретения, воспринятая советским правом; согласно ей, изобретение является заводским, когда оно учинено в предприятии и не м. б. приписано определенным лицам как авторам.

Однако, такие случаи являются исключительными, т. к. при надлежащем исследовании м. б. установлен последовательный ряд изобретателей, работавших над данным изобретением. Введение этой конструкции в закон создает презумпцию, что существует определенная категория изобретений, относительно к-рой невозможно определить, кто является изобретателем. Эта невозможность будет признаваться во всех случаях, когда установление автора окажется почему-либо затруднительным. Для суда будет большим искушением вместо сложных изысканий установить, что налицо имеется «заводское изобретение».

И. р. в законодательствах и коллективных соглашениях. Действующее законодательство крупнейших промышленных стран (С. Ш. А., Германии, Англии и Франции) не регулирует вопроса о праве рабочего и служащего на патент. Современное право целого ряда государств, в которых после войны 1914—18 годов стояла проблема развития промышленности (Австрия, Чехо-Словакия, Япония и др.), стремилось найти компромисс, т. к. интересы индустриализации страны не допускают полной экспроприации изобретений рабочих и служащих без всякого вознаграждения. Полнее всего данная проблема разработана в германск. трудовом праве (в правительственном проекте, контрпроекте служащих и коллективных договорах) и в австр. законе 1925 г., содержащем самую тщательную разработку вопроса.

Коллективное соглашение химич. промышленности конструирует, наряду с рассмотренным выше заводским изобретением, служебное изобретение; последнее имеется не только в том случае, когда изобретательская деятельность относится к служебным обязанностям служащего, но и когда использование или применение этого изобретения входит в круг хозяйственной деятельности предприятия (§ 9, 11В). Служебное изобретение переходит к предприятию, при чем изобретатель имеет право на вознаграждение и может требовать, чтобы его имя, как автора, было упомянуто в патенте. Широко конструирует понятие служебного изобретения австрийский закон 1925 г.

Рабочее изобретательство в СССР. Проблема правового регулирования И. р. при социалистич. строительстве состоит в выработке надлежащих мер для стимулирования изобретательства в его основных очагах—производстве и технико-исследовательской работе. Положение рабочего-изобретателя в СССР характеризуется изобретательской системой советского патента, а равно ограждением интересов лиц наемного труда. Ограждая права действительного изобретателя, советское право не может себе ставить задачей экспроприацию прав рабочего-изобретателя подобно капиталистич. законодательству. В своем соприкосновении с трудовым правом проблема И. р. подпадает под общие начала советского трудового права. Если при капитализме, по Марксу, товарная форма становится всеобщей формой для всех продуктов труда, в том числе и для рабочей силы, то в периоде социалистич. строительства рыночные отношения все более и более приобретают формы планового социалистич. хозяйства, к-рое развивается в направлении полного изживания товарных отношений. Вместе с устранением противоречия классовых интересов и эксплоатации труда в советской промышленности личность трудящегося в трудовом договоре выступает в качестве самостоятельного субъекта права, ограждаемого законом. Характерной особенностью советского трудового права является принудительное обеспечение минимума прав и гарантий трудящегося; нормы эти м. б. изменяемы лишь в сторону улучшения его положения. В соответствии с этим рабочий-изобретатель не м. б. ограничен в своих изобретательских правах на том лишь основании, что он связан трудовым договором,—изобретательские права д. б. полностью сохранены за трудящимся.

И. р. может дать в результате: 1) патентоспособное изобретение, т. е. такое, которое обладает свойствами творчества и новизны, установленными Декретом о патентах на изобретения для получения на них патента; 2) конструкции и усовершенствования, которые не м. б. патентуемы за отсутствием в них надлежащей степени творчества или новизны, но к-рые, вытекая из реальной технической обстановки определенного предприятия, могут с пользой для дела быть применены в производстве с данным техническим уровнем.

Ст. 6 Декрета о патентах регулирует И. р., дающее в результате патентоспособное изобретение. Как общее правило, изобретатель, работавший в то время, когда он сделал изобретение, в предприятии, сохраняет право на получение патента на свое имя. Для перехода будущих изобретений служащего или рабочего к предприятию требуется наличие письменного договора. В то же время договорная свобода сторон ограничена. Договор имеет силу лишь при соблюдении следующих требований: 1) деятельность изобретателя по роду его служебных обязанностей д. б. направлена на изыскание определенного рода изобретений и 2) изобретение не должно выходить за пределы данного служащему предприятием задания. При отсутствии какого-либо из указан. требований соглашение сторон является ничтожным, и изобретение не подлежит переходу к предприятию. Основным недостатком данной нормы является то обстоятельство, что она не предусматривает надлежащего вознаграждения автора за переход изобретения к предприятию. Как мы видели, зап.-европ. право устанавливает обязательность вознаграждения при служебных изобретениях. Принципиальным дефектом действующего права является также наличие в нем института «заводского изобре-

тения»; данный институт находится в разительном противоречии с идеей И. р., стимулирующей творческую изобретательность рабочих и техников, работающих на производстве.

Советское право призвано содействовать также И. р., не обладающему новизной в требующейся для патентоспособности степени, но могущему с пользой быть примененным в предприятиях, в к-рых изобретения возникают. Как правильно отмечено в первом директивном приказе председателя ВСНХ СССР Ф. Дзержинского «О рабочем изобретательстве» от 11 апр. 1925 г., «самое существенное—это помощь рабочему изобретателю преодолеть те трудности, к-рые стоят перед ним на пути к осуществлению его изобретения вследствие недостатка научно-технич. знаний». Основным законодательным актом является по данному вопросу декрет Совнаркома СССР «О мероприятиях по содействию изобретательству» от 26 апреля 1928 г., которым предложено ВСНХ СССР, Наркомпути, а равно всем общесоюзным ведомствам и предприятиям «обратить особое внимание на проведение мероприятий, способствующих проявлению и росту творческой производственной инициативы рабочих масс и инженерно-технич. сил». Как и первый циркуляр ВСНХ СССР о И. р., данный законодательный акт отмечает, в первую очередь, необходимость оказания рабочему изобретателю технич. и научной помощи при выявлении его творчества (выполнении чертежей, производстве расчета, постройке моделей и т. д.). Одновременно на органы содействия возлагается обязанность содействовать изобретателям в получении патентов как в СССР, так и за границей, а равно в реализации изобретений. Всем производственным и транспортным предприятиям с числом рабочих и служащих свыше 100 предписано образовать фонды содействия фабрично-заводскому изобретательству путем единовременных ассигнований из средств соответствующих предприятий и отчислений от экономии, полученной вследствие применения предприятием усовершенствований и изобретений рабочих и служащих данного предприятия. Означенные фонды могут расходоваться только по прямому назначению и перечисляются в конце хозяйственного года на смету следующего года по той же статье. На тех же предприятиях д. б. организованы экспертные комиссии, имеющие своей задачей рассмотрение и оценку предложений рабочих и служащих данного предприятия в области усовершенствований и изобретений, оказание технич. помощи таким изобретателям и представление их к премированию. Кроме того, общесоюзный декрет предписывает правительствам союзных республик, равно и общесоюзным наркоматам, установить целый ряд льгот для лиц, зарекомендовавших себя в качестве изобретателей, по образованию, поступлению на службу и т. д. Эти льготы получили оформление в республиканских декретах и наркоматских распоряжениях, из которых можно отметить постановление Совнаркома РСФСР «О мероприятиях по содействию изобретательству» от 20 октября 1928 г.

В целях общего руководства изобретательской работой в промышленности и наиболее полной реализации изобретений в СССР и за границей, ВСНХ Союза организованы в составе НТУ ВСНХ СССР спец. органы в виде Центрального бюро по реализации изобретений (ЦЕБРИЗ) и его отделений в крупных промышленных центрах Союза. Согласно постановлению президиума ВСНХ СССР от 9 ноября 1928 г., ЦЕБРИЗ руководит всей изобретательской работой в промышленности Союза, осуществляет мероприятия, стимулирующие и направляющие развитие изобретательства, выявляет ценные советские изобретения и технич. достижения, отбирает запатентованные и незапатентованные в СССР иностранные изобретения, пригодные для применения в советской промышленности, практически внедряет в промышленность Союза отобранные, проверенные и доведенные до стадии промышленного осуществления советские и иностранные изобретения и реализует советские изобретения в СССР и за границей (§ 1). ЦЕБРИЗ направляет и руководит работой комиссий по содействию изобретательству при трестах, акционерных обществах и других промышленных объединениях, а эти комиссии, в свою очередь, руководят работами фабрично-заводских комиссий (§ 7).

Лит.: [1]) Пиленко А., Право изобретатели, т. 1, стр. 414—421, СПБ, 1902; [2]) Хейфец И. Я., Основы патентного права, стр. 159—176, Л., 1925; [3]) его же, Изобретение и его патентная охрана, стр. 55—63, Л., 1926; [4]) «Вестник Комитета по делам изобретений», Л., 1927, *3, 8, 11, 12*; 1928, *1, 3, 5—8, 11, 12*; 1929, *1*; [5]) Entwurf eines allgemeinen Arbeitsvertraggesetzes nebst Denkschrift, Sonderheft zum «Reichsarbeitsblatt», B., 1923, *28*; [6]) Die Neuregelung d. Erfinderrechtes d. Dienstnehmer. Gegenentwurf d. Bundes d. techn. Angestellten u. Beamten, Sonderabdruck aus d. «Reichsarbeitsblatt», B., 1926, *12, 13*; [7]) Kommentar zum Reichstarif-Vertrag für d. akadem. gebildeten Angestellten d. chem. Industrie, 3 Aufl., B., 1928; [8]) Bericht über d. 5. Ordentlichen Bundestag d. Bundes d. technischen Angestellten u. Beamten, 12—14 Sept. 1926, p. 80 u. ff., B., 1926; [9]) Das Recht d. angestellten Erfinders, гектогр. изд. Международного бюро труда при Лиге наций, июнь 1927; [10]) Denkschrift zum Erfinderschutz, «Sozialpolitische Schriften d. Bundes angestellter Chemiker u. Ingenieure», Folge 1, Heft 6, B., 1919; [11]) «Deutsche Techniker-Ztg» (Ztschr. d. Bundes d. technischen Angestellten u. Beamten), B., 1926, *38, 39*, 1928, *24, 25*, 1929, *1*; [12]) Der angestellte Akademiker technisch-naturwissenschaftlicher Berufe, «Mitteilungen d. Bundes angestellter Akademiker technisch-naturwissenschaftlicher Berufe», Berlin, 1925, *7—12*; 1926, *2 — 4*, 1927, *3 — 9, 11, 12*; [13]) «Gewerblicher Rechtsschutz u. Urheberrecht», B., 1906, p. 209; [14]) «Ztschr. f. Arbeitsrecht», 1914/15, p. 75; [15]) «Markenschutz u. Wettbewerb», B.-Grünewald, 1923, *5*, p. 68; [16]) «Propriété industrielle», Paris, 1924, p. 22; [17]) Fischer L., Betriebserfindungen, B., 1921; [18]) Engländer K., Die Angestelltenerfindung nach geltendem Recht, Lpz.—Erlangen, 1925; [19]) Mertens, Zur Bewegung d. technischen Privatbeamten, «Archiv f. Sozialwissenschaft u. Sozialpolitik», Tübingen, 1907, B. 25, p. 681; [20]) «Schmollers Jahrbuch f. Gesetzgebung Verwaltung u. Volkwirtschaft im Deutschen Reiche», München, 1922, B. 46, p. 600; [21]) Anderson, Das Recht d. Angestellten an ihren Erfindungen, «Gewerblicher Rechtsschutz u. Urheberrecht», B., 1912, p. 177; [22]) Siemens W. u. Budde, Das Recht d. Angestellten an d. Erfindungen, B., 1928; [23]) Alexander-Katz P., Das Rechtsverhältnisse d. höheren technischen Angestellten mit besonderer Berücksichtigung ihrer Erfindungen, B., 1906; [24]) Alexander-Katz P., Gutachten, erstattet d. 28. Deutschen Juristentag, «Verhandlungen d. 28. D. J. T.», B. 2, p. 282—323, B., 1906; [25]) Bettelheim, Das Recht d. Erfinders in Österreich, W., 1901; [26]) Bolze, Recht d. Angestellten u. Arbeiter an d. Erfindungen ihres Etablissements, Lpz., 1907; [27]) Cahn A., Die Ansprüche d. angestellten Erfinders im vorläufigen Entwurfe eines Patentgesetzes, Mch., 1913; [28]) Dunkhase W., Das Erfinderrecht nach d. Patentgesetze,

Berlin, 1915; [29]) Günther, Die Neuregelung d. Erfinderrecht in Deutschland, «Annalen für Politik u. Gesetzgebung», B. 3, p. 183 u. ff., B., 1913; [30]) Isay H., Das Erfinderrecht im vorläufigen Entwurf d. Patentgesetzes, B., 1914; [31]) Kohler J., Über die Etablissements-Erfindung, «Markenschutz u. Wettbewerb», B.—Grünewald, 1913, Augustheft; [32]) Loewenfeld Ph., Der Erfinderschutz d. Privatangestellten nach geltendem Recht u. nach d. Entwurf d. Patentgesetzes, p. 69, Mch.—Lpz., 1914; [33]) Osterrieth A., Empfehlen sich besondere gesetzliche Bestimmungen zum Schutze d. Erfinderrechts v. Angestellten. Gutachten f. d. 28. Deutschen Juristentag, «Verhandlungen d. 28. D. J. T.», B. 2, p. 194—213, B., 1906; [34]) Schanze O., Die Erfinderehre u. ihr rechtlicher Schutz, B. — Lpz., 1906; [35]) Sohlich, Der Erfinderschutz d. technischen Privatangestellten, «Schriften d. Gesellschaft f. soziale Reform», B. 3, Heft 3, p. 49—90, Jena, 1908; [36]) Wangemann, Das Recht d. Angestellten an ihren Erfindungen, B., 1911; [37]) Vaughan F., Economics of our Patent System, p. 261, N. Y., 1925; [38]) Michaelis K., Praktisches Handb. d. amerik. Patentrechts, p. 131—136, B., 1919; [39]) Pouillet, Traité théorique et pratique des brevets d'invention, §§ 187—192, P., 1919; [40]) Edmunds, On Patents, p. 183, London, 1890. **И. Хэйфец.**

ИЗОБРЕТЕНИЕ, творческое разрешение техн. проблемы удовлетворения определенной материальной потребности. Уровень современной техники характеризуется огромным количеством изобретений и усовершенствований, охватывающих все без исключения отрасли народного хозяйства, и хозяйственная потребность выдвигает беспрерывно новые проблемы.

Как правовое понятие, И. не находит своего определения в новейших законодательных новеллах (как и в нашем праве) несмотря на стремление некоторых изобретательских кругов установить это понятие в законе в целях ограждения изобретателя от усмотрения патентующего учреждения. Многочисленные попытки установить формулу для определения понятия И. кончались неудачей. Вопрос о том, является ли данное техническое предложение И., решается субъективно экспертом патентующего учреждения. Теоретически эксперт должен охватить своим кругозором в каждый данный момент состояние техники; поскольку в предложении имеется повышение уровня техники, оно является изобретением.

И. нужно отличать от конструкции; последняя объемлет собою то, что доступно при помощи обычных технических средств всякому знающему специалисту. Удачная конструкция характеризует работу хорошего техника, сумевшего приспособиться к разнообразным, постоянно меняющимся потребностям дня и стоящего на уровне техники данного времени, но далекого от творческого разрешения технич. задач. И. следует также отличать от открытия. И. решает практическую технич. задачу удовлетворения материальной потребности, тогда как открытие дает разрешение чисто научной задачи; открытие познает законы, управляющие силами природы, выясняет качества материи неорганич. и органич. мира. Принципиально различаясь по своей сущности, открытия и И. сплошь и рядом идут рука-об-руку: высшая оптика, термодинамика, значительные отделы электричества и химии заключают в себе незаметный переход от самодовлеющих теоретич. открытий к утилитарным И.

Патентоспособность. Для ограждения И. путем выдачи на него патента (см. *Патентное право*) наше право, как и западно-европейское, устанавливает специальное понятие патентоспособного И., для наличия к-рого помимо технич. творчества требуются еще особые данные. Основным условием патентоспособного И. является его новизна. Патентно-правовая новизна не совпадает с технич. новизной И. Последняя существует в том случае, когда результат творчества представляет собой дотоле неизвестный технич. эффект. Понятие И. включает в себе признак технич. новизны, или, по выражению практики нашего К-та по делам изобретений, «существенной новизны». Патентно-правовая новизна есть особый установленный в целях патентной политики признак, противоположностью к-рого является известность; патентоспособное И. в момент заявки должно содержать в себе секрет, неизвестный технике. Действующее право устанавливает отрицательные признаки новизны: согласно ст. 2 Декрета о патентах на И., «изобретение не почитается новым, если оно ко времени заявки было в пределах Союза ССР или за границей полностью или в существенных частях описано в печатном произведении или применялось настолько открыто, что могло быть воспроизведено сведущим лицом». Т. о., по нашему праву, как и по западноевропейскому, новизна И. нарушается опубликованием И. в общедоступном печатном произведении или открытым его применением. Общедоступность произведения есть вопрос факта, и критерием является не субъективное намерение автора (издание на правах рукописи), а объективная фактич. доступность произведения для достаточно широких масс населения, при чем безразлично, кто является автором опубликования—изобретатель или третье лицо. Так же решается вопрос в отношении заграничных патентных материалов.

Что касается открытого применения, то наш закон считает, что новизна отсутствует при любом открытом применении И. (в СССР или за границей) как самим изобретателем, так и третьим лицом. Аналогичны постановления французского права; германск. право считается лишь с открытым применением в стране: открытое применение за границей не вредит делу. На другой точке зрения стоит америк. право: здесь установлен двухгодичный срок для открытого применения И. в стране (открытое применение за границей не отражается на новизне его); по истечении этого срока, необходимого и достаточного для осуществления И. в производственном масштабе, перед изобретателем стоит дилемма: или обеспечить за собой исключительное право путем заявки или вообще отказаться от патента (abandonnement). Проект нового патентного декрета, внесенный ВСНХ СССР в Совнарком, расширяет рамки открытого применения: не служит препятствием к выдаче патента открытое применение И. в пределах СССР автором И. в целях его испытания или усовершенствования в течение не более шести месяцев до дня подачи заявления о выдаче патента (ст. 5). Далее, наше право, примыкая к германскому, требует, чтобы патентоспособное И. допускало промышленное использование (ст. 1).

Для патентоспособности недостаточно, чтобы И. имело отношение к промышленной деятельности; необходимо, чтобы оно разрешало непосредственно технические задачи. Поскольку И. подходит объективно к непосредственному применению в какой бы то ни было отрасли промышленности, в широком смысле слова (фабрично-заводской, сельскохозяйственной, в транспорте и пр.), представляя собой способ, орудие или продукт производства, оно является патентоспособным даже в том случае, если оно еще не вполне усовершенствовано для практических промышленных целей.

Изобретения, не подлежащие патентованию. По целому ряду хозяйственно-политич. соображений многие И. исключаются из области патентной защиты несмотря на то, что они обладают всеми законными условиями патентоспособности. Согласно ст. 1 ч. 2 Декрета о патентах, не патентуются: вещества лечебные, пищевые, вкусовые, а равно полученные химическ. путем; однако патенты на новые способы изготовления этих веществ выдаются. Действие патента, ограждающего способ, простирается также на все продукты, полученные непосредственно по этому способу (ст. 9 Декрета). Означенные вещества не м. б. объектом исключительных прав, т. к. они являются предметами первой необходимости. К пищевым относятся вещества, к-рые вводят в организм необходимые для его существования белки, жиры и углеводы; вкусовые вещества—это те, к-рые действуют возбуждающим образом на чувства вкуса и запаха; лечебными являются вещества, к-рые предотвращают или устраняют болезненное состояние организма. Герм. практика относит к лечебным веществам предназначенные как для людей, так и для животных. У нас, при заявке лечебных способов или приборов в К-т по делам изобретений, последний обращается с соответствующим запросом в Наркомздрав. В отношении химическ. веществ, непатентоспособных самих по себе, наша практика, как и германская, допускает охрану вещества в случаях механич. смеси химич. веществ (лаки, взрывчатые смеси и т. п.); практика патентует также сплавы несмотря на то, что нек-рые из них являются чисто химич. соединениями. В случае нарушения запатентованного способа изготовления означенных веществ бывает крайне трудно доказать при готовом продукте, что нарушено право на способ его изготовления. Поэтому на практике применяется положение, что, поскольку подделыватель не доказал обратного, вещество одного и того же состава и свойств считается изготовленным патентуемым способом.

Не выдаются также патенты на И., применение к-рых было бы противно закону (ст. 1 ч. 3). Для отказа в выдаче патента необходимо и достаточно, чтобы И. было предназначено для выполнения запрещенных действий. Конфликт с законом имеется, поскольку цель данного И. противна закону и поскольку его технич. осуществление нарушает закон. Как в первом, так и во втором случае требуется, чтобы осуществление И. необходимо влекло нарушение закона; возможность же нарушения закона при осуществлении И. сама по себе недостаточна, и в подобном случае И. патентоспособно. Так, не являются патентоспособными способы фальсификации продуктов, воровские приборы для взламывания замков и т. п., но допускается патентование ядов, оружия и взрывчатых веществ. **И. Хейфец.**

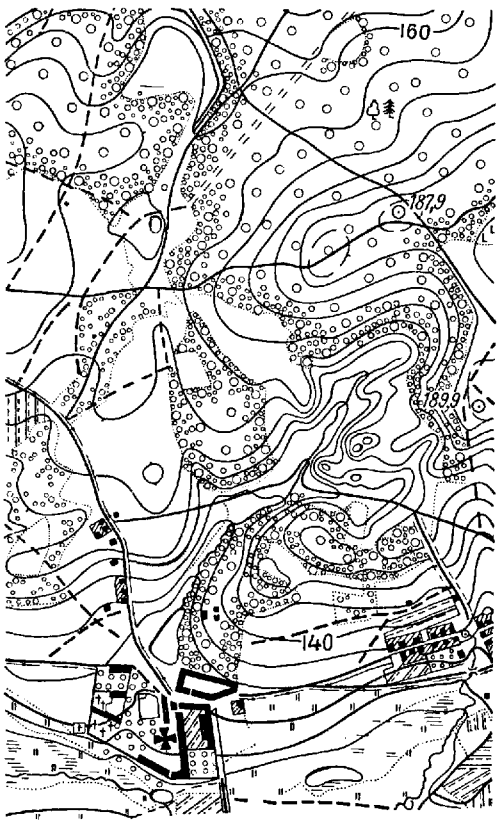
ИЗОГИПСЫ, горизонтали, кривые линии, соединяющие точки земной поверхности одинаковой высоты над какой-либо уровенной поверхностью, напр. над средним уровнем моря; они могут быть нанесены на карту земной поверхности, составленную в той или иной картографической проекции; такая карта называется гипсометрической. В топографии И. пользуются для изображения рельефа местности, для чего земную поверхность снимаемого участка представляют как бы рассеченной горизонтальными плоскостями, равно отстоящими друг от друга по вертикали на одну и ту же линейную величину, называемую высотой сечения. В пересечении таких плоскостей с земной поверхностью и получаются горизонтали—И., соединяющие точки местности, имеющие одинаковые высоты (отметки) относительно какого-нибудь общего уровня (горизонтальной плоскости). Изображения горизонталей местности в ортогональной проекции (в плане) в каком-либо уменьшении (масштабе) также называются горизонталями, но только на плане.

Горизонтали плана, получившиеся как изображение равно отстоящих сечений, дают возможность определять по плану: а) превышение точек плана относительно друг друга, б) направление ската в каждой точке, выражаемое кривой, перпендикулярной к горизонталям, в) крутизну ската в каждой точке, выражаемую углом наклонения в этой точке, г) формы рельефа местности и общий его вид (см. фиг.).

Для проведения горизонталей на плане (мензульном планшете) определяют попутно с мензульной съемкой контуров местности отметки точек, лежащих на характерных линиях и формах рельефа местности, а именно: на водоразделах, тальвегах, перегибах скатов, вершинах, седловинах, террасах, котловинах, и подписывают карандашом на планшете; по отметкам назначают горизонтали между характерными точками, определяя места горизонталей между каждыми двумя точками, лежащими на одном скате; затем, находясь на местности в снимаемом районе и вглядываясь в ее рельеф, соединяют на планшете места одноименных горизонталей кривыми линиями, изгибая и группируя их так, как это необходимо для более правильного изображения скатов и форм рельефа местности. Чем сложнее рельеф, чем менее опытен съемщик, тем больше требуется точек с отметками.

Пример. Две точки лежат на одном скате, их отметки—58,7 и 71,4 *м*; найти места горизонталей между ними при высоте сечения $h=2{,}5$ *м*, т. е. горизонтали 60, 62,5, 65 и т. д. Для этого измеряется циркулем в масштабе плана расстояние между данными точками $d=520{,}7$ *м*; это расстояние делится на разность отметок $(71{,}4-58{,}7)=12{,}7$ *м*;

результат деления 41,0 означает: на 1 *м* по высоте приходится 41,0 *м* заложения по плану (по горизонтальному направлению). В этом случае место горизонтали с отметкой 60 должно находиться от точки с отметкой



58,7 *м* (по направлению к точке с отметкой 71,4 *м*) на расстоянии 41,0 (60,0 – 58,7) = = 53,3 *м*; место горизонтали 62,5 на том же направлении, считая от точки с отметкой 58,7 *м*, на расстоянии 41,0 (62,5 – 58,7) = = 155,8 *м*; место горизонтали 65 на расстоянии 258,5 *м* и т. д.

При угломерной съемке для определения достаточного числа точек с отметками, по к-рым можно нанести горизонтали, проходят участок угломерными ходами так, чтобы захватить этими ходами и засечками с них все необходимые для назначения горизонталей точки; для уменьшения числа ходов можно ограничиться только теми ходами, к-рые нужны для угломерной съемки контуров; для определения дополнительных отметок между этими ходами проходят с нивелиром, определяя отметки промежуточных точек, необходимых для назначения горизонталей; попутно с угломерными и нивелирными ходами ведется абрис с зарисовкой в нем контура и изображения формы рельефа условными (неравноотстоящими) горизонталями. Назначение горизонталей производят камерально, руководствуясь отметками и абрисом; желательно и в этом случае окончательно исправить горизонтали, сличая план с местностью.

Кроме равноотстоящих горизонталей, в глазомерных съемках применяются горизонтали неравноотстоящие, характеризующие только направление скатов, формы рельефа и общий его вид; относительная крутизна скатов указывается бо́льшим или меньшим сближением горизонталей. Если произведена контурная аэросъемка и имеются планшеты-фотопланы с отметками характерных точек рельефа (см. выше), то для назначения горизонталей накалывают планшет-фотоплан на мензульную доску и, пользуясь всеми деталями изображения местности на планшете-фотоплане, наносят горизонтали на планшет-фотоплан; такой прием ускоряет нанесение горизонталей в 4—5 раз по сравнению с обычным методом их нанесения при мензульной съемке, особенно при резко выраженном рельефе, когда формы рельефа на фотографии обозначаются тенями. Обилие мелких местных предметов и всякого рода подробностей на планшете-фотоплане позволяет быстро приурочивать горизонтали к тем или иным местным признакам; это требует особого навыка от съемщика.

Главнейшие недостатки изображения рельефа местности горизонталями таковы: а) горизонтали, проводимые через определенное вертикальное сечение, зависящее от масштаба плана, не дают на плане мелких форм рельефа (пропускают их) и скатов значительной крутизны (горизонтали сливаются); б) углубления и возвышения (вершины и котловины) изображаются горизонталями одинаково, и их можно смешать; во избежание этого в сомнительных местах перпендикулярно к горизонталям ставятся бергштрихи, указывающие направление ската; в) недостаточное зрительное впечатление; это восполняется отмывкой, растушевкой (сплошные тени) или штриховкой по горизонталям.

Лит.: Бик А. Н., Курс низшей геодезии, ч. 1, 8 изд., М., 1926; Беликов С. П., Основание топологии и топографич. изучение местности, М., 1891; Бонч-Бруевич М., Аэросъемка и ее применение, «Поверхность и недра», Л., 1928, 7, 8; Степанов Н., Новые достижения в аэросъемке, «Землеустроитель», М., 1928, 5. **Н. Степанов.**

ИЗОЛИНИИ, линии равной величины какого-нибудь явления, служащие для изображения распределения этого явления на данной площади. Всякое явление м. б. охарактеризовано точкой, определяющей его место на данной площади, и нек-рой величиной. Если все точки равной величины соединить между собой плавной линией, то получим И., носящую, в зависимости от изображаемого ею явления, различные названия: изотермы, изобары, горизонтали, линии густоты ж.-д. сети и т. п.

И., помимо весьма наглядного изображения распределения явления, позволяют путем ряда графич. и аналитич. приемов вывести ряд величин и зависимостей, характеризующих данное явление. Каждая точка на данной площади имеет для данного явления определенное значение e. Можно, вообще говоря, принять, что это значение постоянно для бесконечно малой охватывающей его площади df. Тогда интеграл $\int e\,df$, распространенный на всю данную площадь, равен сумме всех элементов e на данной площади. Средним значением e на данной пло-

щади считается такое значение ее E, к-рым можно заменить отдельные значения элементов e_1, e_2, e_3 и т. д., при чем при распространении E на всю площадь F получится та же суммарная величина, что и для частных значений e. Отсюда $E = \frac{\int e\,df}{F}$. Для получения значения $\int e\,df$ разбиваем F на такие части f_1, f_2, f_3 и т. д., чтобы для каждой из этих частей можно было с достаточной точностью считать соответственные значения $e_1, e_2, e_3, \ldots$ величинами постоянными. Тогда вместо интеграла можно подставить конечную сумму:

$$\sum e\,df = e_1 f_1 + e_2 f_2 + \ldots + e_n f_n .$$

Т. о., для получения среднего значения явления на данной площади необходимо измерить планиметром или другим способом площади между И., подсчитать сумму $\Sigma e\,df$ и разделить ее на величину всей площади. По карте с И. можно затем построить кривую, изображающую распределение данного явления. С этой целью по оси абсцисс откладывают величины явления, а по оси ординат—величины площадей, охватываемых данной и всеми меньшими значениями И. Если на данной площади имеются две системы И.—e и e', то легко построить кривую зависимости между e и e'. Для этого надо сперва построить кривые распределения по площади e и e' и затем нанести на новую прямоугольную систему координат те значения e и e', которые соответствуют одним и тем же величинам площади f.

И. могут распределяться на данной площади густо или редко. Если обозначить разность значений двух смежных И. через $h = e_1 - e_2$, а расстояние между ними через r, то для бесконечно малых площадок можно принять, что переход от одной И. к другой происходит по прямой плоскости с углом наклона к горизонту φ. Тогда падение (или уклон) i, характеризующее густоту распределения явления, равно: $i = \operatorname{tg}\varphi = \frac{dh}{dr}$, а среднее падение для всей площади $I = \int \frac{i\,df}{F}$. Принимая $df = dr \cdot dl$, где dl—элемент дуги И., путем тех же выкладок, как и для среднего значения E, получим: $I = \frac{h_n - h_0}{F} \cdot L_0$, т. е. для получения среднего падения надо произведение из разности крайних значений И. на среднюю арифметическую из длин всех И. разделить на площадь.

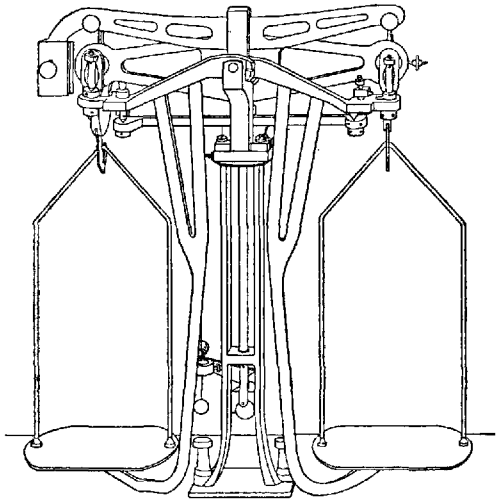
Картографич. изображение числовых величин получило широкое распространение в метеорологии. Первыми И., напечатанными в 1817 г. Гумбольдтом, были изотермы, или линии равной $t°$ воздуха. На карты наносятся средние $t°$ за какой-нибудь период (год, месяц), приведенные обычно к уровню моря. Из других И. наиболее употребительны: изобары—линии равного давления воздуха и изогиеты—линии равного количества осадков дождя. Изобары приводят обыкновенно к уровню моря и вычерчивают не только для средних, характерных величин, но и для данного момента времени, для построения синоптических карт при предсказаниях о предстоящей погоде. Темп-ру воздуха, помимо изотерм, изображают еще изаномалами, или линиями равных отклонений средних $t°$ от нормальной $t°$ широты места, т. е. средней $t°$ данной параллели, изоамплитудами, или линиями разности между средней $t°$ самого теплого и самого холодного месяцев. И. средних $t°$ зимы (изохимены) и лета (изотеры) в настоящее время из употребления вышли, и, наряду с годовыми изотермами, вычерчивают обыкновенно изотермы самого холодного и самого теплого месяцев. Помимо карт с нанесенными на них линиями $t°$ воздуха, имеются еще карты равных $t°$ поверхности морей (изокримы) и почвы (изогеотермы). Из других И. отметим: изотаки (линии равного времени вскрытия рек), изопектики (линии равного времени замерзания рек), изопаги (линии равной продолжительности ледяного покрова), изохионы (линии равной высоты снежного покрова), изонефы (линии равной облачности). **А. Эссен.**

ИЗОЛИР, приспособление для предохранения весов путем изоляции ответственных частей их от случайных ударов и порчи, когда на весах не производится взвешивания или когда их переносят или перевозят с одного места на другое.

Применение И. обязательно в весах для точных взвешиваний, где сохранение острия призм в неизменном состоянии является необходимым условием точной работы весов. Нередко И. применяется и в весах для взвешивания больших грузов—возовых, вагонных. В обычных торговых весах применяется только аретир (см. *Весы*). В точных весах при помощи И. должны производиться следующие операции: а) отделение среднего (опорного) ножа от подушки и остановка качания коромысла, б) отделение боковых (грузоприемных) ножей от подушек и остановка качания чашек. Эти операции целесообразно производить в определенной последовательности, во избежание порчи острия во время изолировки, а именно: сначала изолировать боковые ножи и остановить качание чашек, а затем изолировать средний нож и остановить качание коромысла. Если начать изоляцию с последней операции, то во время остановки коромысла неизбежно происходят толчки, под действием к-рых боковые ножи скользят по подушкам и подвергаются стиранию и порче. При обратной операции, когда нужно опустить острия ножей на их места, следует этот процесс опять вести в том же порядке, т. е. сначала опустить боковые ножи на их места и освободить чашки, а затем опустить средний нож. Наиболее целесообразная конструкция И. для коромысла представляет собой два вращающихся на шарнире рычага, ось вращения к-рых находится на линии острия ножа средней призмы. При повороте этих рычагов они подхватывают качающееся коромысло всегда в одних и тех же точках, и этим избегается возможность передвижения ножа средней призмы по подушке во время процесса остановки качаний коромысла, что имеет место при других конструкциях изолира, когда качающееся коромысло подхватывается в разных точках, смотря по углу его отклонения. Для изоляции среднего ножа и

боковых ножей в хороших весах должны быть отдельные И. В обыкновенных лабораторных весах обычно устраивается один И. для обеих целей, благодаря чему упрощается конструкция весов, но вместе с тем сокращается время их службы из-за сравнительно быстрой порчи острия призм. На фиг. показано устройство описанного И. из двух вращающихся рычагов.

И. для весов с большой подъемной силой (платформенных) имеет своей целью отделение подушек грузовой платформы от острия



ножей, на к-рые они опираются. Это отделение достигается тремя способами: а) опусканием платформы на подхватывающие ее неподвижные точки опоры и удалением ножей призм от подушек платформы путем опускания рычагов; б) поднятием платформы при помощи особого механизма и отделением, т. о., ее подушек от призм рычагов; в) поднятием опорных точек специального механизма только до соприкосновения с соответствующими точками платформы и последующим опусканием рычагов для отделения их от платформы. Последняя конструкция является наиболее целесообразной, т. к. при этом уровень платформы, после ее изоляции, не изменяется и удаление рычагов от платформы требуется минимальное, тогда как при первых двух способах значительно изменяется уровень изолированной платформы и рычаги отводятся от нее на сравнительно далекое расстояние, что приводит к расстройству механизма, влекущему за собой нарушение равновесия весов после их изолировки.

Конструкции применяемых до настоящего времени И. весовых платформ, несмотря на большое значение их для сохранения дорого стоящего прибора, нельзя признать вполне удовлетворительными, т. к. применение их при каждом взвешивании требует излишней затраты силы и времени, что не всегда возможно, и, при недостаточно аккуратной сборке И. или его нередко незамечаемого расстройства, равновесие весов может значительно изменяться каждый раз после их изолировки и вести к недопустимым ошибкам взвешивания. Поэтому предпочтительнее задачу о сохранении весов большой подъемной силы разрешать при помощи особой конструкции серег, на к-рые опирается платформа, при помощи усиления профилей опасных сечений, а равно и установления особого наблюдения за бережным обращением со столь ценным и ответственным прибором.

Аретир, служащий только для остановки качаний коромысла или рычагов, применяется почти во всех весах. Этот механизм имеет весьма простое устройство, сводящееся чаще всего к устройству соответственной формы щеколды, удерживающей конец коромысла в неподвижном состоянии, когда на весах не производится работа. Для остановки качания подплатформенных рычагов устраивают аретиры в форме клиньев, вдвигаемых в соответственные отверстия рычагов и останавливающих их качание.

Лит.: Доброхотов А. Н., Весы для массовой поверки одноименных гирь, «Поверочное дело», Ленинград, 1927, *1* (*8*), стр. 35; Brauer E., Die Konstruktion d. Wage, Leipzig, 1906; Felgenträger W., Theorie, Konstruktion u. Gebrauch d. feineren Hebelwage, Lpz., 1907. **А. Доброхотов.**

ИЗОЛЯТОРЫ, технич. приспособления, удерживающие поток энергии от растекания в пространство помимо специально предназначенных ему областей. Энергия не создается, когда ее производят, и не уничтожается при потреблении, но в обоих случаях энергетич. процесс получает искусственное направление. Основная задача техники—направлять энергетич. процессы, суживая неопределенные возможности процессов естественных и тем концентрируя процесс в направления и области, мало вероятные для процесса естественного. Энергия имеет естественное стремление к деконцентрации, качественной и количественной, т. е. к уменьшению содержания данного вида ее в данной области пространства за счет перехода во всевозможные друг. виды (переход упорядоченных явлений в беспорядочные) и к уменьшению содержания всех видов ее в данной области за счет распространения в другие области. Таким обр., упорядоченность энергии сама собою расстраивается и переходит в беспорядочность; тем самым энергия утрачивает свою техническую ценность в качестве источника упорядоченной работы. Задача техники—бороться с этим процессом, упорядочивая энергию и по возможности удерживая ее в упорядоченном состоянии вплоть до использования. Это достигается уединением, или изоляцией, тех или иных процессов от возможности энергетич. обмена с остальной средой; чем выше разность энергетич. уровней данных области и среды, тем более ответственную службу несут изолирующие приспособления, И., и потому требуют к себе соответственно большего внимания. В нек-рых случаях И., по рабочей их функции, называются просто изоляцией. Само собою понятно, что для каждого рода уединяемых процессов И. должны состоять из материала, по возможности неспособного распространять этот процесс. Так, направление магнитного потока в железных сердечниках электромагнитов (и в иных подобных им частях машин и аппаратов) допускает изоляцию любым материалом, кроме обладающих весьма большою магнитною прони-

цаемостью; в противном случае он утрачивает определенность рабочего направления и рассеивается бесполезно. Точно так же передача тепловой энергии по определенному руслу нуждается в берегах из материала с возможно меньшею теплопроводностью; в остальном свойства материала (сами по себе) безразличны и подбираются на основании дополнительных требований—веса, механич. прочности, цены и т. д. Подобным же образом устанавливается и основной признак И. при передаче давлений (напр. жидкостей, сжатого газа или пара), скоростей (текущих жидкостей, пара или газа), различных видов химич. энергии, и т. д. **П. Флоренский.**

ИЗОЛЯТОРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ, конструкции, служащие для электрическ. изоляции и механич. связи частей электрического устройства, находящихся под различными потенциалами.

Классификация И. э. чрезвычайно разнообразна в зависимости от характера электрич. поля, в к-ром они находятся, внешних и внутренних условий их службы, конструкции и формы и, наконец, применяемого материала. По характеру электрич. поля И. э. обычно делятся на две группы: изоляторы высокого напряжения и изоляторы низкого напряжения, или слаботочные (телеграфные, телефонные, установочные и т. д.); однако выдвинувшаяся за последнее время техника высоких частот при полях значительных градиентов требует разработки специального типа изоляторов как в отношении их формы, так и, в особенности, материала; точно так же в изоляторном деле намечается вопрос об изоляторах в отношении ударных полей. По внешним условиям службы И. э. делятся на предназначенные к службе: а) в закрытых помещениях, б) под открытым небом, в) под водой, г) в ос бых условиях $t°$ и д) в средах, обладающих большой химич. активностью. В зависимости от внутренних условий службы приходится учитывать гл. обр. род и степень механич. усилий, к-рым подвергаются И. э., выполняя свою службу механич. связей; кроме статич. усилий (работа на сжатие, на растяжение, на изгиб, на кручение) И. э. могут подвергаться также усилиям динамическим специального характера—толчкам и ударам, вибрациям, неравномерным термич. расширениям, ведущим к самым разнообразным напряжениям статич. и динамич. характера.

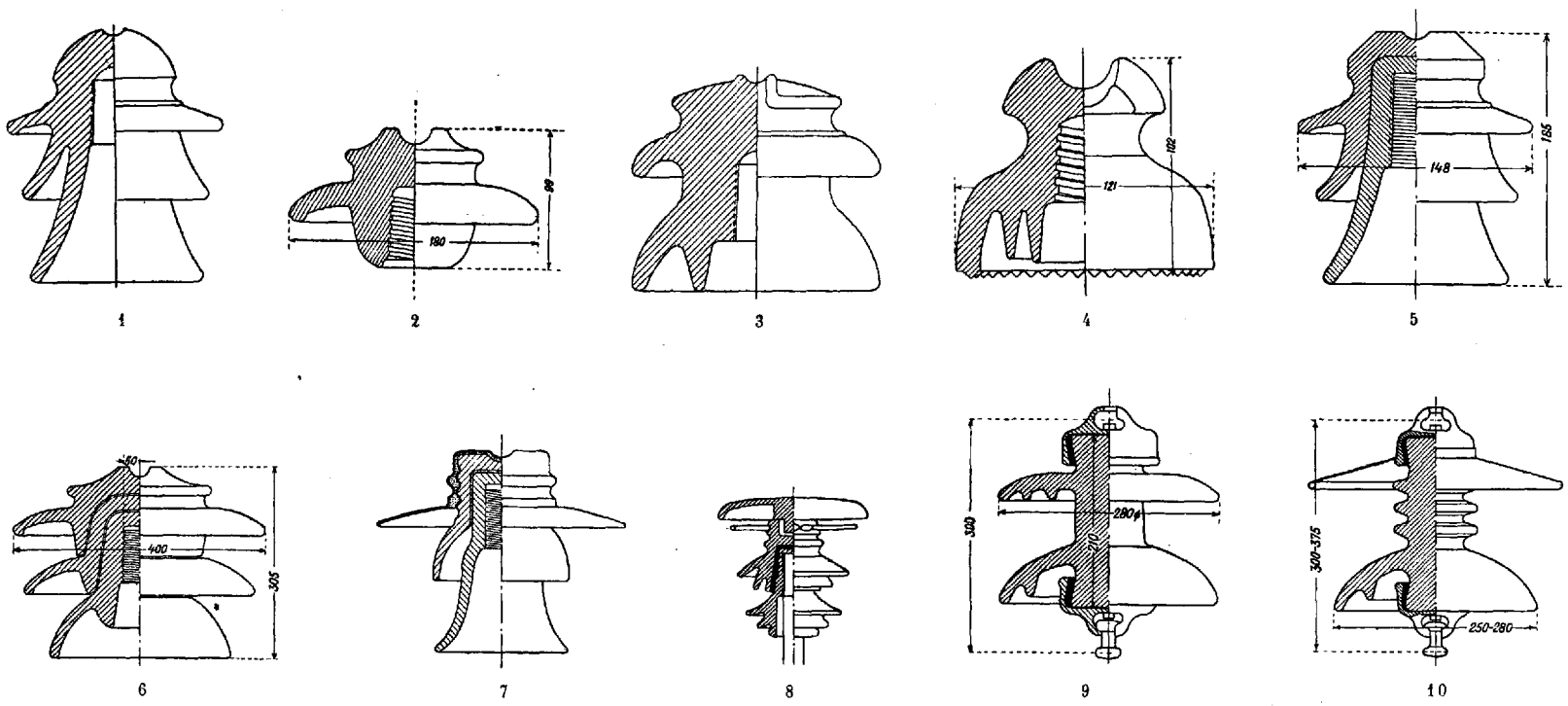
По конструкции И. э. делятся на простые и сложные. Имея назначением электрически разделять нек-рые системы проводников (гл. обр. металлов) при механич. их соединении, И. э. содержат в своей конструкции, наряду с одним или несколькими изоляционными материалами, также проводящие части (обыкновенно металлические) числом не менее двух, находящиеся под различными потенциалами и называемые электродами изолятора. Потенциал по крайней мере одного из электродов равен потенциалу той части провода, к-рую несет данный изолятор, и потенциал по крайней мере одного из электродов—нулевой. Если проводящих частей под другими потенциалами в изоляторе не имеется, то он называется простым (напр. большинство штыревых изоляторов), в противном случае — сложным (например гирлянда — цепь из отдельных подвесных изоляторов). В простом изоляторе все падение напряжения приходится на один слой диэлектрика, тогда как в сложном оно распределяется на несколько отдельных слоев. В табл. 1 сопоставлены функциональные и конструктивные типы наиболее широко применяемых И. э.

Табл. 1.—Классификация изоляторов.

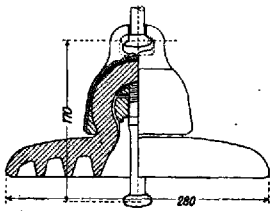
Тип изолятора	Конструкция
Штыревой	Колокольчиковый Юбочный Грибковый
Подвесной	Тарельчатый Шарнирный С круглой головкой Двухшаночный Цепочечный
Моторный	Зонтичный Ребристый Многокамерный
Проходной	Гильзовый Обыкновенный проходной Наливной Конденсаторный Конденсаторно-наливной
Опорный	Массивный Пустотелый Наливной

По форме И. э. неопределенно разнообразны, так что тут возможна не столько классификация, сколько перечень более распространенных форм; эти последние осложняются у изоляторов, находящихся под открытым небом, побочными (не чисто электрическими) функциями, напр., защищать часть поверхности изолятора от косого дождя, не давать поверхности изолятора покрываться сплошным слоем пыли, копоти и соли, не содержать углублений, удобных как прибежища для насекомых, не требовать от производства слишком массивного изолирующего тела, не давать изолятору тонких выдающихся частей, бьющихся при перевозке, экономить материал и т. д. Из характерных форм могут быть в особенности отмечены И. э.: юбочный, грибковый, колокольчиковый, зонтичный, тарельчатый и втулковый. Наиболее типичные формы И. э. представлены в табл. 2. Наконец, по применяемому изолирующему материалу И. э., вообще говоря, м. б. столь же разнообразны, как разнообразны изолирующие материалы. Наиболее широко применяются до настоящего времени И. э. из неорганич. веществ: фарфора (мягкого и, в особенности, специального твердого, получившего совершенно исключительное значение в изоляторном деле), стекла (обычно зеленого, масса которого варится из 100 *кг* песка, 16 *кг* сульфата натрия, 48 *кг* известняка, 60 *кг* фонолита и 14 *кг* базальта; при ответственной службе на линиях высокого напряжения наиболее пригодным оказалось борнокремневое стекло), стеатитовых масс

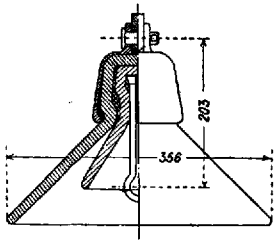
Табл. 2. — Примеры электрических изоляторов на высокое напряжение различных типов.



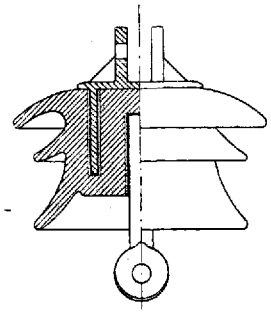
1. Штыревой фарфоровый одночастный многокамерный изолятор типа Дельта, фирмы Розенталь. 2. Штыревой односоставный однокамерный фарфоровый изолятор типа Гамма, стандартизованный в СССР, на 18 kV. 3. Штыревой фарфоровый односоставный многокамерный изолятор с повышенным напряжением пробоя и прочностью против ударов камнями, фирмы Розенталь. 4. Штыревой стеклянный односоставный многокамерный изолятор фирмы Геминград, на 64 kV. 5. Штыревой фарфоровый двухсоставный двухкамерный изолятор типа Дельта 1920 г., нормализованный в Германии, на 64 kV. 6. Штыревой трехсоставный фарфоровый изолятор типа Гамма, стандартизованный в СССР, на 66 kV. 7. Штыревой двухъюбочный изолятор с металлической крышею, фирмы Гермсдорф. 8. Штыревой трехсоставный многокамерный изолятор Джинори. 9. Нормальный фарфоровый моторный изолятор с двумя керамическими зонтами, фирмы Розенталь. 10. Нормальный фарфоровый ребристый изолятор с одним керамическим и одним металлическим зонтом, фирмы Розенталь.



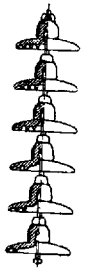
11



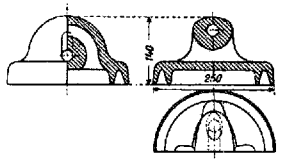
12



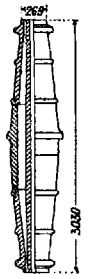
13



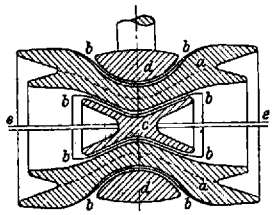
14



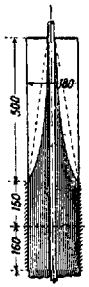
15



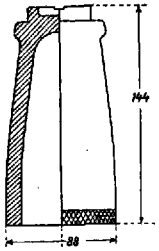
16



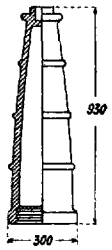
17



18



19



20

11. Подвесной фарфоровый шарнирный поддерживающий многокамерный изолятор с шаровой головкой, типа Хьюлета, фирмы Гермсдорф. 12. Подвесной фарфоровый двухъюбочный изолятор типа Дённан, фирмы Локка. 13. Подвесной фарфоровый изолятор фирмы Розенталь с вцементированною арматурою. 14. Гирлянда из изоляторов типа Кюлета. 15. Подвесной фарфоровый поддерживающий цепочечный изолятор типа Хьюлета, фирмы Гермсдорф. Внизу—то же в перпендикулярном к предыдущему сечении. 16. Проходной фарфоровый изолятор на 165 kV типа Кульмана, фирмы Шомбург. 17. Гильзовый проходной катеноидный изолятор конструкции Я. Н. Шпильрейна (*a*—фарфоровое тело вращения, ограниченное поверхностями, равноотстоящими от катеноида, *b*—прокладки упругого диэлектрика как запас для неравномерного расширения, *c*—букса, *d*—зажимное кольцо, *e*—провод). 18. Проходной конденсаторный ввод на 350 kV напряжения при испытании. 19. Опорный фарфоровый изолятор на 35 kV, тип, обычно применяемый на электропередачах. 20. Опорный фарфоровый изолятор типа Кульмана, на 130 kV, фирмы Шомбург.

(см. *Жировик*), плавленого базальта (см. *Базальт*), т. н. каменных масс, плавленого кварца (пока еще не получившего широкого применения по экономич. причинам, но несомненно могущего завоевать себе место, отвечающее его исключительно ценным свойствам; см. *Кварц*), гранита, аспида (особенно в пропитанном виде) и других пород, а также серы. Из органических материалов наиболее употребительны: твердый каучук (эбонит), синтетическ. смолы—*бакелит* (см.), *карболит* (см.) и др., разные композиции со слюдой, асбестом и другими наполнителями, бумага лакированная или бакелизованная, дерево после специальных обработок (см. *Дерево*. Электроизоляционный материал), в нек-рых случаях парафин и церезин. При необходимости максимально понизить утечку тока, в измерительных приборах применяют плавленый кварц и янтарь или янтарные массы—напр. *амберит* (см.).

Условия службы и характеристики И. э. Свои электрич. и механич. служебные свойства И. э. должны сохранять как в нормальных условиях службы, так и под воздействием всех возможных в данном случае сил. Линейные И. э. высокого напряжения несут одну из наиболее ответственных служб и вместе с тем, находясь на открытом воздухе, подвергаются особенно разнообразному воздействию внешних сил и сил от исключительных режимов работы самой установки. Таковы воздействия: электрические, механические, физические (гл. обр. влажности и темп-ры, затем ультрафиолетовых лучей), химические (соленой воды, разных паров и газов) и, наконец, одновременные или последовательные сочетания перечисленных факторов, когда опасность заключается в самой их совместности, напр. электрич. перенапряжения при влажности, механич. усилия при резких изменениях $t°$. Рациональные требования м. б. предъявлены к И. э., если установлены: 1) род и размер воздействий; 2) характеристики И. э., т. е. числа, количественно выражающие сопротивляемость И. э. вышеуказанным воздействиям, и 3) коэффициенты прочности или запаса, т. е. числа, выражающие отношение действительных характеристик И. э. к наибольшим предполагаемым в условиях службы воздействиям на них.

Электрич. воздействия обусловлены разностями потенциалов на электродах И. э., при чем эти разности вызываются рабочим режимом (разность может достигать 1,5—1,6 напряжения рабочего режима, а в линиях с незаземленной нейтралью при случайном заземлении одного из проводов приблизительно в три раза превысить фазовое напряжение линии) или перенапряжением как внутреннего происхождения (возникающим от высших гармоник генератора), так и внешнего (статич. заряды, электрич. удары, обусловленные атмосферными разрядами). Напряжения, связанные с нормальным рабочим режимом, опасны со стороны большой энергии пробоя, зажигающего мощную дугу. Перенапряжения ненормальных режимов опасны как по величине своей максимальной амплитуды, так и, в особенности, по форме волны, когда она имеет крутой фронт; этого рода перенапряжения трудно поддаются учету. Наконец, перенапряжения внешнего происхождения особенно опасны по крутизне фронта и частоте волны, дающим своеобразные пробои, и по полной независимости этих перенапряжений от рабочего напряжения линии, в виду чего их нельзя учесть при конструировании И. э. Таким образом, электрич. сопротивляемость И. э. должна быть охарактеризована в отношении трех видов напряжения: синусоидного нормальной частоты (н.), затухающего со временем синусоидного (в.) и ударного (у.). При каждом из перечислен. видов напряжения И. э. может утратить свою электрическую сопротивляемость в разной степени. Низшая ступень этой утраты—ионизация воздуха вокруг изолятора с вытекающей отсюда проводимостью и явлением короны (к.); соответственное напряжение называется коронным. При дальнейшем возрастании напряжения возникают отдельные искры по поверхности И. э., переходящие в сплошной разряд («сухой разряд», с.), дальнейшим развитием к-рого при достаточной мощности линии будет вольтова дуга.

При правильной конструкции И. э. явления не развиваются дальше, т. к. напряжение уже не м. б. повышено; напротив, при неправильной конструкции происходит далее пробой (п.), т. е. разряд через диэлектрик И. э. Соответственное напряжение называется пробивным. Наконец, особое место принадлежит мокрому разрядному напряжению, вызывающему разряд по поверхности («мокрый разряд», м.), когда И. э. находится под косым дождем, понижающим его сопротивляемость разряду (нормализован дождь под углом 45° к горизонту и силой 5 *мм/мин*). Комбинацией разных видов напряжения с разными видами производимого ими разрушения электрич. прочности И. э. получается 12 электрических характеристик, сопоставленных в табл. 3.

Табл. 3.—Электрические характеристики изоляторов.

Напряжение / Разрушение	Синусоидное нормальной частоты в эффективных kV, н.	Затухающее высокой частоты в максимальных kV, в.	Ударное в максимальных kV, у.
Коронное . . . . (к.)	$V_{к.н.}$	$V_{к.в.}$	$V_{к.у.}$
Сухое разрядное (с.)	$V_{с.н.}$	$V_{с.в.}$	$V_{с.у.}$
Пробивное . . . . (п.)	$V_{п.н.}$	$V_{п.в.}$	$V_{п.у.}$
Мокроеразрядное (м.)	$V_{м.н.}$	$V_{м.в.}$	$V_{м.у.}$

Основания технических условий. Степень надежности службы И. э. численно выражается коэфф-том его электрической прочности, т. е. отношением его электрич. характеристики к наибольшему возможному в данных условиях службы воздействию соответственного рода. Согласно указанному выше, это отношение м. б. трояким: $V_н$.—рабочее напряжение, $V_в$.—наибольшее возможное перенапряжение от внутренних причин и $V_у$.—наибольшее возможное перенапряжение от внешних причин. В соответствии с табл. 3 м. б. 12 коэфф-тов электрич. прочности, сопоставленных в табл. 4. Часть

Табл. 4.—Коэффициенты электрической прочности изоляторов.

Напряжение / Разрушение	Синусоидное нормальной частоты в эффективных kV, н.	Затухающее высокой частоты в максимальных kV, в.	Ударное в максимальных kV, у.
Коронное . . . . (к.)	$K_{к.н.}$	$K_{к.в.}$	$K_{к.у.}$
Сухое разрядное (с.)	$K_{с.н.}$	$K_{с.в.}$	$K_{с.у.}$
Пробивное . . . . (п.)	$K_{п.н.}$	$K_{п.в.}$	$K_{п.у.}$
Мокрое разрядное (м.)	$K_{м.н.}$	$K_{м.в.}$	$K_{м.у.}$

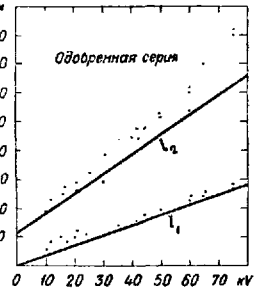
этих 12 коэфф-тов ненезависимы и определяются, если даны другие; однако в настоящее время свойства диэлектриков, особенно в отношении полей быстропеременных и ударных, известны недостаточно, чтобы м. б. вычислить все 12 коэфф-тов по нек-рому минимальному числу их, а, кроме того, неизвестно, каково это число. На практике нормируются гл. обр. коэфф-ты первого столбца, т. е. характеристики и коэфф-ты нормального рабочего режима; кроме того, необходима какая то нормировка ударного пробоя независимо от рабочего напряжения линии. Основное требование во всех случаях выражается ф-лой: «разряд раньше пробоя», потому что только таким образом м. б. обеспечена невредимость самого И. э. Однако прохождение нормальной частоты разряда по поверхности И. э. или вне его само по себе еще не исключает пробоя ударным напряжением, в виду чего необходимы особые предупредительные меры, а именно, чтобы было $V_{п.у.} : V_{с.у.} > p > 1$. Если сухой или мокрый разряд происходит раньше соответственных пробоев, то нормировка последних не обязательна. Затем, сравнительно малое значение имеют мокрые характеристики в отношении быстропеременных или ударных полей. Наоборот, коэфф. $K_{к.н.}$ имеет важное значение, т. к. преждевременное появление короны ведет к значительным потерям мощности.

Конструктивные требования, предъявляемые к И. э., в значительной мере м. б. выражены известными соотношениями вышеуказанных характеристик, а именно: 1) возможная однородность поля, а следовательно, ослабление явления тихого разряда, характеризуется возможной близостью к 1 отношений $V_{к.н.} : V_{с.н.}$ и $V_{к.в.} : V_{с.в.}$; 2) невредимость И. э. при различных чрезмерных напряжениях обеспечивается возможно бо́льшими значениями отношений $V_{п.н.} : V_{с.н.}$, $V_{п.в.} : V_{с.в.}$ и $V_{п.у.} : V_{с.у.}$, во всяком случае бо́льшими 1; однако трудно осуществить и во всяком случае недостаточно выяснено, как конструктивно осуществить условия $V_{п.у.} : V_{с.у.} > 1$; задача нормировки — выяснить числа m, n и p, нижние пределы вышеуказанных трех отношений, достаточно обеспечивающих службу И. э., но в настоящее время м. б. указано только m, относящееся к нормальной частоте; 3) отношение мокрого и сухого разрядных напряжений $V_{м.н.} : V_{с.н.}$ д. б. возможно ближе к 1 и во всяком случае не менее 0,6—0,7 (таково это отношение у хороших конструкций); этим обеспечивается достаточная устойчивость службы И. э. под дождем. Если указанное условие соблюдено относительно нормальной частоты, то для быстропеременных и ударных полей оно удовлетворяется само собою. Согласно действующим в СССР нормам, линейные электрические изоляторы характеризуются значениями электрич. характеристик, сопоставленных в табл. 5.

Табл. 5.—Электрические характеристики линейных изоляторов.

Рабочее напряжение линий в kV	Сухое разрядное напряжение в kV				Мокрое разрядное напряжение в kV				Пробивное напряжение	
	Штыревой изолятор		Подвесной изолятор		Штыревой изолятор		Подвесной изолятор		Штыревой изолятор	Подвесной изолятор
	рекоменд.	минимальн.	рекоменд.	минимальн.	рекоменд.	минимальн.	рекоменд.	минимальн.		
До 3,3	60	40	—	—	30	20	—	—	Коэфф. запаса, т. е. отношение пробивного напряжения к сухому разрядному, для изолятора д. б. во всяком случае не менее 1,5	Коэфф. запаса, т. е. отношение пробивного напряжения элемента к его сухому разрядному напряжению, д. б. не менее 1,5
6—6,6	70	50	—	—	35	25	—	—		
10—11	80	60	—	—	45	33	—	—		
20—22	110	85	115	90	65	52	75	60		
30—33	135	108	155	133	85	70	90	80		
35—40	150	125	185	160	95	80	105	95		
60—66	205	185	270	230	135	115	155	145		
105—115	—	—	400	340	—	—	250	235		
150—165	—	—	500	420	—	—	345	320		
200—220	—	—	660	550	—	—	445	410		

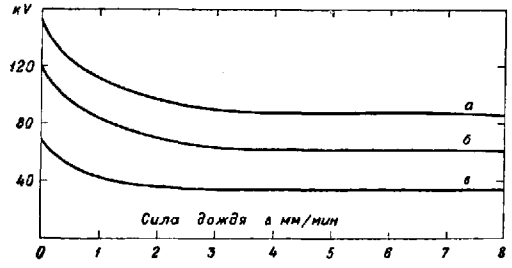
Р. В. Пику эмпирически нашел зависимости мокрого разрядного (l_1) и мокрого поверхностного (l_2) расстояний (в *мм*) штыревых фарфоровых И. э. от рабочего напряжения V (в kV), а именно: $l_1 = 3{,}6\,V$, $l_2 = 100 + 8\,V$; на фиг. 1 показаны эмпирически найденные точки для одобренной серии И. э. и прямые, соответствующие вышеприведенным уравнениям. Если расстояние s между краем внутренней юбки и поперечиной—осуществлено согласно французск. нормам, то условие минимума для s выражается следующим соотношением: $s = 10 + 2V$.



Фиг. 1.

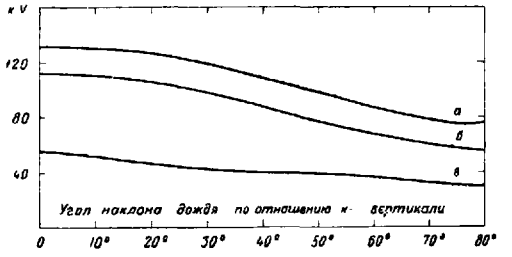
Неся, кроме чисто электрической, также ответственную механич. службу, И. э. должны удовлетворять известным механич. требованиям. Они выражаются некоторой величиной наибольшего тяжения, которое И. э. способен выдержать в течение 15 секунд без

механич. повреждений. Хрупкость конструкции И. э. испытывается посредством свободного падения И. э. с высоты 1 *м* для И. э.



Фиг. 2.

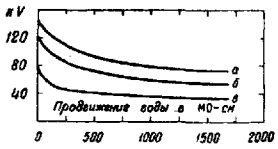
весом до 4,5 *кг* и 75 *см* при весе, превышающем 4,5 *кг*. Кроме того, находясь под открытым небом, И. э. м. б. подвержены резким скачкам $t°$, напр. при выпадении дождя после палящих лучей солнца, и, следовательно, получать трещинки, нарушающие электрич. и механич. крепость И. э. Испытание на теплоупорность состоит, по нормам



Фиг. 3.

Центрального электротехнического совета, в троекратном резком изменении $t°$ от 50 до 0°, после чего И. э. подвергается электрич. испытанию. Иностранные нормы в этом отношении более жестки, предписывая $t°$-ный скачок от 100 до 0°.

Все электрич. испытания должны производиться при строгом соблюдении нормальных условий, без чего нельзя сравнивать между собой результаты испытаний. В особенности д. б. оговорено условие мокрого испытания. На фиг. 2, 3 и 4 показана зависимость мокрого разрядного напряжения для больших (кривые *а*), средних (кривые *б*) и малых (кривые *в*) фарфоровых И. э. типа Дельта от силы дождя (фиг. 2) по Вейккеру, от угла падения дождя в отношении вертикали (фиг. 3) и, наконец, от проводимости воды, образующей дождь (фиг. 4). В табл. 6 сопоставлены данные о проводимости различных видов воды. Кривые фиг. 4 в сопоставлении с данными таблицы привели к необходимости при испытании пользоваться нормированной водой с сопротивлением $12 \cdot 10^3$ Ω-*см* или же производить пересчет найденного мокрого разрядного напряжения на нормальное согласно данным табл. 7. Опыт показывает также, что мокрое разрядное напряжение зависит от длительности



Фиг. 4.

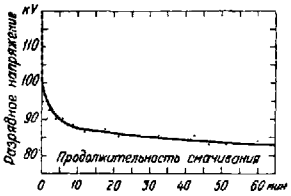
Табл. 6.—Проводимость различных видов воды.

Вид воды	Удельная проводимость в мо-*см*
Вода, полученная помощью исключительных приемов очистки Ф. Кольраушем и Гейдвеллером	$4 \cdot 10^{-8}$
Вода, очищенная и перегнанная с большими предосторожностями	$1 \cdot 10^{-6}$
Вода дестиллированная	$1{,}1 \cdot 10^{-5}$
Вода дождевая	$3 \cdot 10^{-5}$
Вода ключевая	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$
Вода соленая	$2{,}7 \cdot 10^{-3}$

Табл. 7.—Данные для пересчета мокрого разрядного напряжения нормированной проводимости воды.

Удельное сопротивление в 10^3 Ω-*см*	Удельная проводимость в мо-*см*	Поправочный коэфф.
100	10	1,24
50	20	1,14
20	50	1,06
12	83,3	1,00
5	200	0,88
2,5	400	0,79
1	1 000	0,65

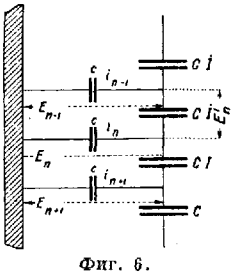
выпадения дождя; так, при дожде силой 2 *мм/мин* в первые 2 мин. происходит снижение разрядного напряжения примерно на 20%, а условно считается установившимся разрядное напряжение лишь по прошествии 10 (или, по другим данным, 30) мин.; на фиг. 5 показана зависимость этого рода для штыревого И. э. типа Дельта 1909 г.; как видно по ходу кривой, напряжение не подходит к асимптоте даже по прошествии 60 минут. При всех электрич. испытаниях необходимо иметь в виду зависимость электрич. крепости воздуха от его плотности, т. е. от его $t°$ и барометрического давления; поэтому все опытно найденные разрядные напряжения V_1 должны приводиться к соответственным нормальным V посредством соотношения



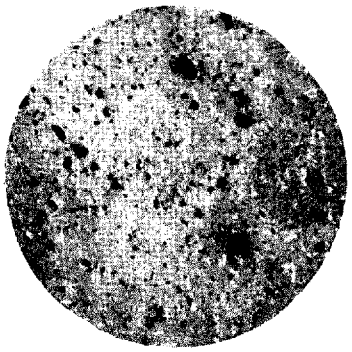
Фиг. 5.

$$V = \frac{273 + t_1}{3{,}92\, B_1} V_1 ,$$

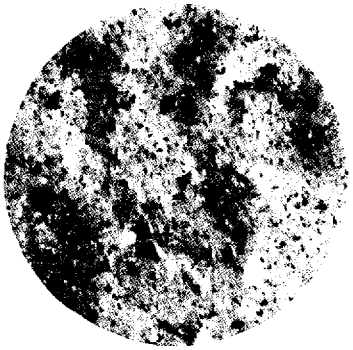
где t_1—темп-ра испытания, а B_1—барометрическое давление в *см*. Для И. э. различных типов имеют особенно ответственное значение не одни и те же электрич. характеристики. Так, для штыревых И. э. почти безразличен вопрос об их электрическ. емкости и второстепенен вопрос об электропроводности, тогда как большая величина электрич. крепости разных видов стоит на первом месте. Емкость подвесных И. э. уже имеет существенное значение, т. к. она составляет глав-



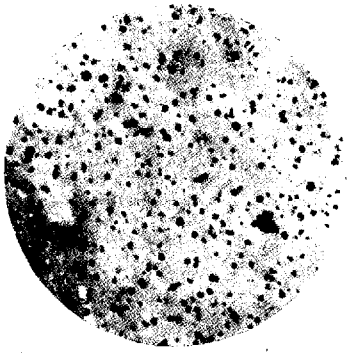
Фиг. 6.



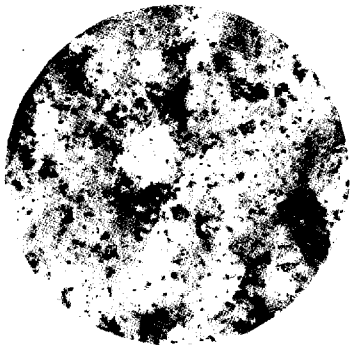
1



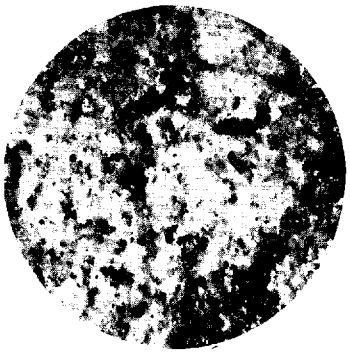
2



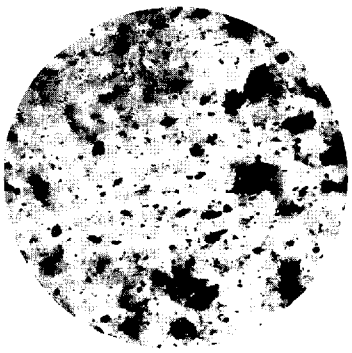
3



4



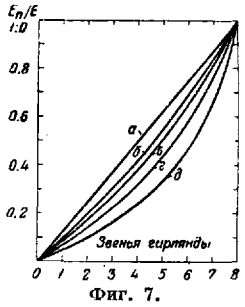
5



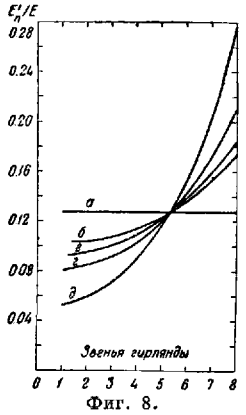
6

Вид пор изоляторного фарфора под микроскопом (снимки Н. А. Церевитинова). Фирмы: 1. Гермсдорф (Hermsdorff). 2. Розенталь (Rosenthal). 3. Мелкаллсгрун (Melkallsgrun). 4. Порцеллан-Унион (Porcellan-Union). 5. Томас (Thomas). 6. Стеатит-Магнезия (Steatit-Magnesia).

ную причину того или другого распределения напряжений в гирлянде И. э. и, следовательно, определяет собою степень участия отдельных И. э. в работе всей цепи, особенно при ударных напряжениях. Теоретич. подсчет (Р. Рюденберга) на основании электрической схемы замещения под-



Фиг. 7.



Фиг. 8.

весной гирлянды, представленной на фиг. 6 (где C—емкость отдельного звена гирлянды, c—емкость арматуры отдельного звена относительно мачты и земли, E—соответственные напряжения, а I и i—емкостные токи), дает ур-ие в конечных разностях:

$$\frac{c}{C}E_n = E_{n+1} - 2E_n + E_{n-1}, \qquad (1)$$

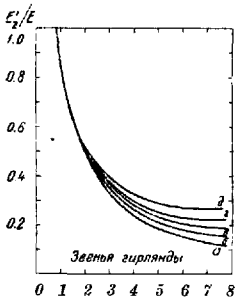
полное решение к-рого будет

$$E_n = Ae^{an} - Be^{-an}, \qquad (2)$$

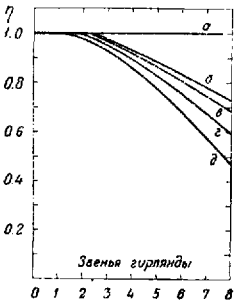
где A и B—произвольные постоянные, а a находится по таблицам гиперболических функций из ур-ия

$$\operatorname{sh}\frac{a}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{c}{C}}; \qquad (3)$$

при очень малом $\frac{c}{C}$ можно принять $a = \sqrt{\frac{c}{C}}$. Если нулевое звено гирлянды заземлено, а



Фиг. 9.



Фиг. 10.

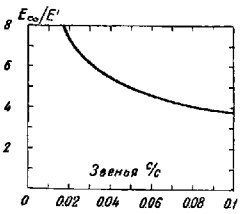
потенциал последнего звена, соединенного с проводом, равен E, то ур-ие (1) получает вид

$$E_n = E\frac{\operatorname{sh} an}{\operatorname{sh} az}, \qquad (4)$$

где a и z суть конструктивные характеристики гирлянды. На фиг. 7—11 даны кривые для восьмизвенной цепи при разных значениях параметра $\frac{c}{C}$:

Кривая	Значения $\frac{c}{C}$	Кривая	Значения $\frac{c}{C}$
a	0	$г$	$1/20$
$б$	$1/40$	$д$	$1/10$
$в$	$1/30$		

Фиг. 7 показывает изменение потенциала вдоль гирлянды, фиг. 8—напряжение отдельного звена, фиг. 9—напряжение последнего звена при гирляндах различной длины, фиг. 10—степень действия гирлянд в зависимости от числа звеньев и фиг. 11—наибольшее возможное напряжение провода как кратное от наибольшего возможного напряжения для отдельного звена. При весьма длинных цепях напряжение на конечном звене выражается соотношением $E'_2 = E(1 - e^{-a})$ и, следовательно, зависит только от $\frac{c}{C}$, но не от C.



Фиг. 11.

Иначе говоря, не для всякого напряжения E пригоден любой тип подвесного изолятора, хотя бы звеньев было взято как угодно много. С другой стороны, увеличение числа звеньев уже при не очень длинных цепях делается бесполезным, например при $\frac{c}{C} < 0{,}05$ сверх пяти.

Пористость изоляторного фарфора. Качество изоляторного фарфора в механич. и в электрич. отношении, а также в отношении стойкости против разрушающих атмосферных факторов, существенно связано с пористостью его. Большинство специалистов изоляторного дела считают пористость фарфорового черепа главной причиной старения его, выводящей изоляторы из строя не только в условиях службы, но и при простом хранении на складах. В разных случаях степень этого вреда оказывалась различной. По свидетельству Писли, в первые 2—3 года ежегодно гибло от 10 до 40% И. э., а в среднем изоляторы давали ежегодно до 20% убыли; подобные же факты указываются другими специалистами. Но зато отмечены и меньшие числа, напр. только до 1% убыли в первые 3—4 года (по Остину). В отношении пористости фарфора следует различать следующие 5 видов пустот: 1) раковины—крупные полости, в к-рых содержатся газы, пары или жидкости; 2) трещины; 3) сквозные поры—б. или м. тонкие волосные каналы, искривленные, иногда ветвящиеся и проходящие сквозь весь череп от одной его поверхности до противоположной; 4) слепые поры—каналы, подобные каналам сквозных пор, но не доходящие до противоположной поверхности, т. е. замкнутые с одного конца; 5) закрытые поры—небольшие пустоты разной формы и величины, не имеющие сообщения с внешней средой. Первые два вида пор являются пороками самоочевидными, и отсутствие их у изоляторного фарфора подразумевается; ни электрич. ни механич. требования к И. э. не м. б. при наличии таких пороков удовлетворены хотя бы приблизительно. Сквозные и слепые поры тоже явно недопустимы, т. к. облегчают возможность пробоя, утечек и накопления влаги, которая, вдобавок, при замерзании ведет к разрушению И. э., а иногда к растворению при наличии капиллярного давления. Значение закрытых пор менее ясно. Если они объединяются группами в сложные

ходы, то тем самым полезная толщина черепа, особенно в отношении пробоя, соответственно сокращается. Если же закрытые поры имеют яйцевидную форму и незначительные размеры, то ионизация газа в них затруднена, и, следовательно, возможный вред от них несравненно меньше, чем при объединении в каверны. Впрочем, если правильно указание Писли, что содержащиеся в порах газы весьма разрежены, то и закрытые поры могут причинить вред.

Т. о., термин «пористость фарфора» может иметь разные значения: истинная, или абсолютная, пористость p есть процентное отношение совокупного объема всех пор к объему куска; кажущаяся пористость q есть процентное отношение объема открытых или открывшихся от разбивания куска пор (т. е. совокупности пор в слое толщиной h) к объему того же куска. Если испытуемый кусок имеет массу P, поверхность S и уд. вес (кажущийся) δ', а уд. вес его вещества (т. е. в тонком порошке) δ, то

$$p = \frac{\delta' - \delta}{\delta} 100 , \qquad (5)$$

$$q = \frac{p \cdot S \cdot h}{P} . \qquad (6)$$

Нормы всех стран предписывают испытание изоляторн. фарфора на пористость; однако, до сих пор нет единообразных способов этого испытания и нет полного согласия относительно надежности каждого из них. Одни из способов задаются только качественной характеристикой, другие ставят своей целью получение и количественных данных и основаны на изменении веса фарфора при напитывании его водой или другой жидкостью (при помощи кипячения, вакуума, давления, насыщения аммиаком), но систематич. проверка различных способов испытания фарфора на пористость в Отделе материаловедения Всесоюзного электротехнич. ин-та показала значительное расхождение количественных характеристик пористости, полученных при испытании данной фарфоровой массы разными способами, и даже расхождение чисел фарфоровой массы от одного И. э., но полученных на разных кусках черепа; мало того, повторные испытания над одним куском дают расходящиеся результаты. Т. о., данные количественных способов испытания устанавливают лишь порядок величины пористости, даже когда они взяты как средние из измерений над несколькими кусками. Причина этой неудовлетворительности всех существующих способов лежит не в них самих, а в неопределенности величины, подлежащей измерению. Действительно, если фарфоровый череп высокого качества, то он не может иметь каверн, трещин или крупных слепых пор, а если бы это случайно имело место, то соответствующий кусок не мог бы считаться характерным. Т. о., при испытании куска фарфора внешним воздействиям доступны лишь вскрытые при разбивании куска поры, бывшие закрытыми и имеющие поперечник порядка 10 μ. Ямочки и образовавшиеся слепые поры этого именно размера составляют слой (в одну пору толщиной), облекающий поверхность куска и участвующий на самом деле в испытании на пористость, тогда как вся толща фарфора остается к испытанию безразличной. Отсюда понятно, что все изменения куска фарфора при испытании, будучи отнесены к массе всего куска, оказываются совершенно ничтожными и, кроме того, как видно из рассмотрения самых способов испытания, довольно случайными. В отношении весовых способов необходимо учитывать также выщелачивание фарфора в воде, при чем потеря веса тут того же порядка, что и увеличение от напитывания водой, так что в известных случаях, если поправки на выщелачивание не делать, вычисленная пористость может оказаться отрицательной. Т. к. и выщелачивание и напитывание водой происходят по поверхности и, следовательно, приблизительно пропорциональны последней, то неоднородность чисел пористости (и выщелачивания) можно несколько понизить отнесением привеса фарфора (соответственно потери веса) не к массе и не к объему куска, а к его поверхности. Пористость фарфора (кажущаяся) м. б. также вычислена по истинной, если известна средняя величина пористости. До известной степени о кажущейся пористости можно судить по электропроводности вымоченного фарфора в том случае, когда он не относится к сортам высшего качества, а также по рассматриванию (иногда под микроскопом) края поверхности раскола кусков, подвергшихся внедрению в них краски (эозина или, лучше, фуксина) при помощи длительного и большого давления или засасывания краски введенным в поры аммиаком. Наиболее полное и убедительное представление о текстуре фарфора (см. вкладку на отдельном листе) можно получить микрофотографически, снимая при увеличении в 40—70 раз поверхность свежего раскола, отпрепарированную китайской тушью (на поверхность густо наводится тушь, затем просушивается и смывается мокрой ватой или тряпкой, так что остается лишь во вскрывшихся порах). Сводка данных о различных способах испытания фарфора дана в табл. 8. В виду несколько условного значения получаемых при этих испытаниях чисел во многих случаях удобно пользоваться не ими непосредственно, а полученными на основании их результатами качественных испытаний или картинами микротекстуры фарфора в оценочных баллах пористости (или соответственно—сплошности). Различные данные о возможных ступенях пористости сопоставлены в табл. 9. На фиг. 12 дана диаграмма баллов пористости, поставленных фарфорам различных фирм и марок (римские цифры на оси абсцисс) на основании средних данных испытаний разными способами многих образцов. Как видно из диаграммы, способ аммиачный и способ кипячения дают вполне удовлетворительное согласие между собою, при чем аммиачный имеет некоторые преимущества; результаты же способа выдержки под давлением менее устойчивы.

Постарение И. э. Находясь в работе, особенно на линии, но также и на складе, И. э. подвергаются постарению, вследствие чего их механические и электрические прочности понижаются и И. э. приходят в полную негодность. Наименее подверженными постарению пока оказались И. э. из

Табл. 8. — Сводка данных различных способов испытания фарфора на пористость.

Способ	Автор и год	Страна, где способ принят	Проводимые при испытании процессы
Абсолютной пористости	—	Всюду	Двойным взвешиванием измеряется уд. вес фарфора в куске (кажущийся) δ' и истинный уд. вес δ того же фарфора, измельченного в ступке Абиха, растертого в агатовой ступке, тщательно высушенного и прокипяченного в воде; по полученным данным вычисляется абсолютная пористость p: $p = \frac{\delta' - \delta}{\delta} 100$
Пониженного давления	Грейгтон, 1916	—	Фарфор выдерживается в течение 8 ч. в вакууме при давлении не более 1 μ, затем сосуд запаивается и разбивается после переноса в воду, прокипяченную в вакууме; по прошествии недели образец протирается и взвешивается
Кипячения при атмосферном давлении	Америк. общество испытания материалов, 1921	С. Ш. А.	Кусок фарфора в 30—50 $г$, не менее 50% поверхности к-рого должно представлять свежий излом, высушивается при 120° в течение 24 ч. и взвешивается; затем вымачивается при 20° в дестиллированной воде в течение 100 ч., при чем после 1-го, 25-го и 73-го часа вода кипятится; после 100 часов образец протирается и взвешивается
Кипячения при пониженном давлении	Перди и Лумис, 1920	—	Просушенный образец кипятится в течение 4 часов в воде под давлением ок. 600 $мм$, затем протирается и взвешивается
Кипячения при атмосферном давлении	Изоляторная комиссия Центр. электротехнич. совета СССР, 1922	СССР	Осколок фарфора со свежим изломом и с битой глазурью, объемом около 4 $см^3$, по форме приближающийся к пластинке, просушивается, после взвешивания нагревается до 100° и кипятится в дестиллированной воде в течение 24 ч., затем охлаждается в воде до комнатной $t°$, протирается и взвешивается
Волюминометрический	Америк. общество испытания материалов, 1921	С. Ш. А.	Измеряется при помощи стеклянного порозиметра Вашберна и Бентинга или металлич. Невиаса объем пор, содержащихся в данном куске; этот объем делится на полный объем куска и помножается на 100
Аммиачный количественный	В. В. Скобельцын, 1922	—	Образец тщательно высушивается, затем выдерживается 12 часов в вакууме 1—1,5 $см$, производимом водоструйным насосом, затем выдерживается 12 ч. в атмосфере аммиака, после чего снова выдерживается 12 ч. в вакууме 1—1,5 $см$; после троекратного повторения этой операции образец выдерживается не менее 24 ч. в воде, протирается, взвешивается и после 24-часовой сушки в шкафу вновь взвешивается
Аммиачный качественный с прокрашиванием	П. А. Земятченский, 1924	СССР	Куски фарфора, взятые из толстой части изолятора, д. б. высушены при 120° не менее 24 ч. Затем они выдерживаются под вакуумом в 1—1,5 $см$ 12 ч., после чего столько же времени выдерживаются в аммиаке при атмосферном давлении. Эта операция (вакуум, аммиак) повторяется трижды, после чего куски переносятся на 24 ч. в крепкий раствор эозина и затем разбиваются для выяснения, насколько протекла краска в толщу
Прокрашивания под давлением	Писли, 1920; Фарр и Фильпот, 1922; Пфейффер, 1925	Германия (вариант Пфейффера)	Изолятор выдерживается в течение 7 суток в толстостенном стальном цилиндре с крепким раствором фуксина под давлением 130 atm; после этого он разбивается, а поверхность излома исследуется; пористость выражается в фн-ч. Пфейффер предложил особый пьезометр для испытания фарфора на прикраску 1% метиловоспиртовым раствором фуксина под давлением 120—150 atm; трехсуточное действие этого давления дает эффект 10 000 атм-ч.
Пропитки четыреххлористым углеродом	—	Франция	Просушенный образец фарфора выдерживается в вакууме и затем заливается под вакуумом четыреххлористым углеродом

Табл. 8.—Сводка данных различных способов испытания фарфора на пористость. (Продолжение.)

Способ	Автор и год	Страна, где способ принят	Проводимые при испытании процессы
Прозрачных шлифов	Эренберг, 1836; Глазенап, 1907; Меллор, 1906—07; Крейн, 1916; Земятченский, 1924	Всюду	Прозрачные шлифы фарфора, изготовленные обычным приемом петрографии, подвергаются микроскопическому исследованию и микрофотографированию в поляризованном свете при линейном увеличении до 1 000 раз; обычно выгодно пользоваться параллельными николями
Препарировки вазелином или салом	П. А. Земятченский, 1920	—	Кусок фарфора отшлифовывается и полируется по какой-нибудь плоскости; затем отполированная поверхность покрывается вазелином (или салом) с сажей, после чего вазелин (сало) стирается, а поверхность рассматривается под микроскопом. Можно применять также густые чернила
Препарировки тушью	Всесоюзный электротехнич. ин-т, 1925	СССР	Неотполированная поверхность свежего излома заливается и несколько протирается китайской тушью (удобно пользоваться тушью, продающейся в разведенном виде); после подсыхания туши она стирается увлажненной тряпочкой, а поверхность подвергается микроскопич. исследованию и микрофотографированию в обыкновенном отраженном свете при увеличении ок. 50—60 раз
Электропроводности после вымочки	Изоляторная комиссия Центр. электротехнич. совета СССР, 1922	—	Измеряется электрич. сопротивление неглазурованных стаканчиков из испытуемого фарфора в доставленном состоянии после вымочки в течение двух суток и после 18 ч. просушки в электрич. печи при темп-ре ок. 250°. Согласно инструкции технич. правил Наркомпочтеля, в СССР телефонные и телеграфные изоляторы (с глазурью) испытываются измерением электропроводности после вымочки головки изолятора и гнезда для штыря водным раствором серной кислоты

плавленого кварца; однако, вследствие дороговизны производства этот исключительно ценный материал пока не нашел себе в изоляторной промышленности достаточно широкого применения. Механизм постарения И. э. чрезвычайно разнообразен и определяется



Фиг. 12.

их изоляционным материалом, качеством выделки и условиями службы. Органические диэлектрики страдают гл. обр. от постепенно разрастающихся по их поверхности ветвистых проводящих следов, образующихся от действия короны в местах наибольшего градиента; таковы И. э. из синтетич. и естественных смол и материалов на каучуковом основании. Эбонитовые И. э. страдают, кроме того, от действия света, т. к. образующаяся на их поверхности серная к-та делает ее влажной и электропроводной. Каучуковые И. э. страдают также от соприкосновения с медью и в свою очередь способны повредить ей. Стеклянные И. э. подвергаются выветриванию поверхности, получающей матовость и, в соответствии с этим, задерживающей влагу; кроме того, вещество таких И. э. расстекловывается и становится механически менее прочным. Стеклянная глазурь фарфоровых И. э., при неоднородности коэффициентов расширения ее и фарфорового тела, под действием нагрева разрывается бесчисленными трещинами и, следовательно, перестает защищать фарфор от действия влаги. Гранитовые изоляторы выветриваются. Нужно думать, небезразличны к выветриванию поверхности также базальтовые и стеатитовые И. э. (см. *Жировик*). Сера с течением времени перекристаллизовывается и весьма понижает свое электрическое сопротивление.

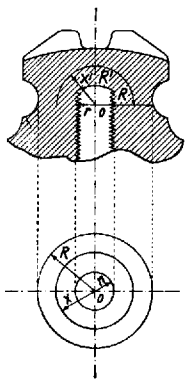
Особенно сложны процессы постарения в электротехническ. фарфоре. Постарение фарфоровых И. э. бывало неоднократно предметом обсуждения, но механизм этих процессов еще не выяснен или, вернее, различен в разных случаях. Одна из причин растрескивания фарфоровых и стеклянных И. э. связана со схватыванием замазки, при чем, согласно объяснению А. А. Байкова, водная известь выкристаллизовывается в мельчайших трещинках и разрывает их. На поверхность фарфоровых И. э. губительно действуют соли магния, попадающие туда в брызгах морской воды, когда линия проходит вдоль берега моря; поверхностная проводимость таких И. э. благоприятствует их

Табл. 9.—Ступени пористости и сплошности изоляторного фарфора.

Балл пористости фарфора	Балл сплошности фарфора	Качественная характеристика пористости фарфора	Характер окрашивания фарфора раствором фуксина под давлением или аммиачным способом	Описание микроструктурного типа фарфора	Поведение фарфора при пропитке водой аммиачным способом
1,0	0,0	Вполне проницаемый	Полное прокрашивание всей толщи фарфора, как бы ни была она велика	Строение губчатое из двух взаимно пронизывающих и связных по всему объему куска систем, состоящих одна из пустот, а другая—из твердого вещества	Пористость по Скобельцыну достигает порядка величины 10 % и равна абсолютной пористости
0,9	0,1	Отчасти проницаемый	Прокрашивание всей толщи фарфора, но с выделением неокрашенных островов	Строение губчатое, но система пустот и каналов разбивается на некоторое сравнительно небольшое число отдельных клубков, имеющих между собой затрудненное сообщение или вовсе разобщенных	Пористость по Скобельцыну порядка нескольких % и приближается к абсолютной, но меньше ее
0,8	0,2	Весьма пористый	Прокрашивание толщи на глубину порядка нескольких *мм*, при чем во внутренней, неокрашивающейся области м. б. отдельные сравнительно небольшие затеки краски, похожие на внутреннее кровоизлияние	Система каналов и пустот разбивается на клубки размером порядка нескольких *мм*, разобщенные между собою, но иногда объединяющиеся по нескольку внутренними ходами и дающие, т. о., затрудненный доступ внутрь толщи	Пористость по Скобельцыну порядка до 10 % значительно меньше абсолютной и очень неустойчива для данной массы
0,7	0,3	Пористый	Прокрашивание толщи на глубину порядка нескольких *мм*	Склубления каналов размерами порядка нескольких *мм*, разобщенные между собой и не дающие доступа во внутренние области	
0,6	0,4	Довольно сильно пористый	Прокрашивание толщи на глубину порядка около 1 *мм*, но с отдельными затеками краски на большую глубину	Склубления каналов и пор размерами около 1 *мм*, разобщенные между собой, но иногда объединяющиеся внутренними ходами в системы больших размеров	Пористость по Скобельцыну порядка до 0,5 % и неустойчива как при отнесении к объему, так и при отнесении к поверхности; далеко не достигает порядка величины абсолютной пористости
0,5	0,5	Довольно пористый	Прокрашивание толщи на глубину порядка 1 *мм*, но без более глубоких затеков	Склубления каналов и пор размерами около 1 *мм*, разобщенные между собой	
0,4	0,6	Мало пористый	Прокрашивание толщи на глубину, не превосходящую 0,5 *мм*	Поры неправильной формы, размерами порядка 10 μ, сообщающиеся между собой по нескольку в системе, однако, лишь изредка значительными скоплениями, достигающими 0,5 *мм*	
0,3	0,7	Весьма мало пористый	Окрашивание поверхности с отдельными затеками краски в неправильной формы поры и иногда в их системы	Поры неправильной формы, размерами порядка 10 μ, соединяющиеся иногда по нескольку боковыми ходами	Пористость по Скобельцыну порядка до 0,2 % и мало устойчива даже при отнесении к поверхности и поправке на выщелачивание
0,2	0,8	Непористый	Окрашивание поверхности с затеками краски в обособленные ямочки правильной формы, получившиеся от вскрытия яйцевидных пор	Уединенные яйцевидные поры размерами порядка 10 μ, не имеющие между собой сообщения и при своем вскрытии дающие доступ внутрь толщи не более как на свою собственную глубину	Пористость по Скобельцыну порядка до 0,05 %, довольно устойчивая при отнесении к поверхности и при поправке на выщелачивание
0,1	0,9	Почти непроницаемый	Поверхность раскола неспособна удерживать краску и утрачивает ее после легкого обмывания растворителем. Краска проникает в случайные редкие трещины и застревает в случайных ямочках на поверхности	Строение стекловидное, но попадаются изредка случайные отдельные трещинки и случайные отдельные яйцевидные поры; поверхность раскола гладкая, но изредка на ней попадаются ямочки от вскрывшихся яйцевидных пор	Пористость по Скобельцыну очень неустойчива и дает то положительные, то отрицательные значения, всегда небольшие, объясняемые выщелачиванием
0,0	1,0	Вполне непроницаемый	Полная неокрашиваемость фарфора, так что даже любая поверхность раскола вовсе неспособна удерживать на себе краску и липается ее от легкого трения или после легкого омывания растворителем	Строение стекловидное при полном отсутствии трещин, ходов и пор какого бы то ни было вида, в том числе и закрытых яйцевидных; не имеется никаких микроскопич. углублений на поверхности раскола	Пористость по Скобельцыну нулевая, но при вымачивании получается отрицательный и притом устойчивый % кажущейся пористости, объясняемый выщелачиванием

нагреванию токами утечки. Этот нагрев, как и нагревание от других причин (солнечные лучи, горячий ветер, лучеиспускание печей, паровых труб, нагретый воздух заводских помещений), ведет к постепенному разрушению фарфора и его глазури, в частности из-за разной тепловой расширяемости самого фарфора, замазок и железа, входящего в конструкцию И. э. Отсюда вытекает ряд предупредительных мер, понижающих тепловую неоднородность и дающих железным частям возможность расширяться. Некоторые изоляционные материалы (карболит, плавленый базальт) весьма выгодны, приближаясь по тепловой расширяемости к железу, и потому в И. э. из этих материалов может непосредственно заливаться или запрессовываться железная арматура. Среди других причин старения следует отметить также стрикто- и пьезоэлектрические явления. Слой изоляции, находясь в переменном электрич. поле, с каждой полуволной претерпевает стрикто-электрическое сжатие; кроме того, кристаллич. составные части фарфора тоже пульсируют («дышат») в ритм с полем вследствие развивающихся пьезоэлектрич. сил. Эти явления не могут не расшатывать фарфора в механическом и в электрическом отношениях.

Расчет И. э. В основании расчета И. э. должны лежать гл. обр. электрич. и механич. усилия, к-рым предстоит подвергаться И. э. в условиях службы. При конструировании и расчете И. э. необходимо, в виду значительности усилий, накладываемых на материал, исходить из свойств избранного материала. У большинства изоляционных материалов, могущих быть примененными для И. э., особенно линейных, прочность на растяжение незначительна (за исключением слоистых материалов органич. характера); поэтому конструкцию должно рассчитывать на сопротивление материала сжатию. Соответственно с этим требованием строятся даже те И. э. (подвесные), где использовать сопротивление на разрыв было бы прямым следствием функции И. э. Очевидно, к таким конструкциям можно было бы подойти лишь при введении в изоляторное дело материалов, существенно отличных от применявшихся до сих пор; так, использование обработанного (бакелизованного и т. п.) дерева вероятно позволит во многих случаях упростить конструкцию и удешевить производство. Как пример чрезвычайно остроумных и смелых по замыслу И. э. можно привести изоляторы зонтичные, где электрически изолирующей механической связью служит деревянная палка, защищенная от дождя металлическим зонтом, а от разрядов по ее поверхности—прохождением линии кратчайшего расстояния от подвеса к краю зонта.



Фиг. 13.

Расчет электрич. части И. э. должен иметь основой картину электрич. поля в пространстве между электродами конструируемого И. э. Решение этого вопроса о поле достигается либо теоретическим подсчетом, либо прямым измерением, либо, наконец, способом моделей (см. *Электростатическое поле*). При этом необходимо иметь в виду аксиальную асимметрию поля даже и во вполне аксиально симметричных И. э., обусловленную проводом и в нек-рых случаях мачтой. Наибольшему электрич. усилию подвергается обычно головка И. э. и в частности шейка головки. Эта часть И. э. должна быть исходной при конструировании. Для расчета головка заменяется (фиг. 13) конденсатором с полушаровым диэлектриком, в котором рассматривается распределение напряжения. По поверхности радиуса x разность потенциалов v в отношении штыря будет

$$v = \frac{\frac{1}{r} - \frac{1}{x}}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}} V,$$

где V—разность потенциалов провода и штыря, r—радиус штыря, R—радиус расчетной полусферы. Градиент потенциала E будет

$$E = \frac{dV}{dx} = \frac{V}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}} \cdot \frac{1}{x^2},$$

достигая наибольшего значения E_0 при $x=r$, т. е. на поверхности штыря:

$$E_0 = \frac{R}{r(R-r)} \cdot V.$$

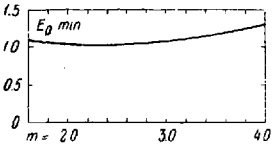
Величина E_0 зависит от R и при $R=2r$ получает наименьшее значение

$$E_{0_{min}} = 2\frac{V}{r}.$$

Таково условие наивыгоднейшей толщины изоляционного материала в шейке И. э. Однако, на практике это условие не всегда осуществимо. Пусть отношение $\frac{R}{r} = m$ получает значения, отличные от оптимального значения 2; тогда градиент на штыре E_0 будет уклоняться от наименьшего значения $E_{0_{min}}$, как показывают следующие данные:

m	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	3,0	3,5	4,0
$E_0 : E_{0_{min}}$	1,067	1,012	1,000	1,008	1,029	1,125	1,225	1,333

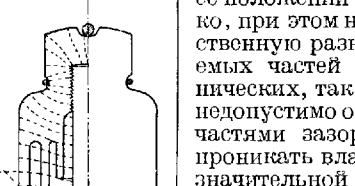
Кривая на фиг. 14 графически показывает характер этой зависимости. По электрич. усилию, которому должен подвергаться материал, можно далее решить вопрос о пригодности его при данных электродах или, наоборот, о необходимых форме и размерах электродов при данном материале. В сложных электрических изоляторах трудность найти подходящий материал облегчается более равномерным распределением поля и службой диэлектрика в более тонких слоях—условие, как известно (см. *Диэлектрики, Изоляционные электротехнические материалы*), выгодное. Многоюбочные И. э., содержа в головке между отдельными юбками сравнительно электропроводные прослойки цемента, могут считаться до известн. степени сложными И. э., в особенности, если поверхности юбок в головках протерты графитом для лучшей проводимости; при n юбках на каж-



Фиг. 14.

дый из слоев падает в головке лишь ок. $\frac{1}{n}$ общего напряжения. Дальнейший шаг в том же направлении, однако, примененный пока лишь в выводных И. э. Нагеля, состоит в использовании тонкослоистой изоляции обычно из бакелизованной бумаги с металлич. прослойками. Если число таких металлических прослоек тем больше, чем значительнее в нормальном к ним направлении градиент поля, то емкостное сопротивление по этому направлению соответственно повышается и поле выравнивается. Расчет этого рода конденсаторных И. э. требует выяснения формы кривой, ограничивающей края металлич. прокладок, чтобы выравнять поле в разных точках поверхности конденсатора, и выяснения толщины последовательных слоев изоляции, чтобы выравнять поле в разных слоях самого конденсатора (см. *Конденсатор*).

Пример конденсаторного ввода на 350 kV представлен на табл. 2, *18*. После расчета основной части И. э. может быть рассчитана система поверхностей. При этом д. б. принят во внимание ряд обстоятельств: 1) определенное отношение этих поверхностей к поверхностям равного потенциала; ограничивающие поверхности стараются располагать по поверхностям равного потенциала и по силовым линиям; 2) отсутствие узких зазоров между поверхностями, особенно при недостаточном соблюдении условия (1), т. к. в таких зазорах задерживается ионизированный и, следовательно, электропроводящий воздух, а также может конденсироваться влага и собираться грязь (пыль, копоть, насекомые); 3) возможно простые формы поверхности, как важное условие единообразных свойств фарфоровой массы и во избежание впадин, желобков и т. п., способствующих задержке в них воды и грязи; 4) возможно малая емкость И. э., штыревых изоляторов и емкость определенной величины подвесных И. э.; 5) при прочих равных условиях возможна длинный путь утечки тока по поверхности—условие, весьма важное для И. э. слабого тока, но иногда сознательно не соблюдаемое при конструировании И. э. сильного тока, т. к. более сильный ток утечки м. б. полезен как средство самоочищения И. э. от грязи и воды; 6) надлежащая защита внутренних поверхностей И. э. от смачивания косым дождем; это достигается чаще всего формой поверхностей, а в некоторых случаях — металлич. зонтом над И. э., служащим вместе с тем для отвода разряда при перенапряжении от поверхности И. э.; 7) такая форма края юбок, чтобы направление равнодействующей двух сил—тяжести и силы поля, отрывающих водяную каплю от этого края, имело по возможности большой угол с вертикалью и направлялось во внешнее для И. э. пространство. На фиг. 15 показана неправильная конструкция края, а на фиг. 16—правильная. Перечисленные требования составляют лишь основную часть конструктивных условий, определяемых особенностями эксплоатации материала и производством И. э. В отношении И. э. высокого напряжения наиболее существенны требования, связанные с явлениями короны и пробоя, тогда как токи утечки стоят на втором плане; напротив, в отношении слаботочных И. э. пробой может учитываться лишь в виду явлений атмосферного электричества, тогда как при нормальном режиме наиболее существенно возможное уменьшение электрич. утечки; согласно техническим условиям Наркомпочтеля, четыре основных типа слаботочных И. э. после погружения на 24 часа головками в подкисленную серной к-той воду и нахождения такой же воды во внутренней части И. э. должны иметь сопротивление не меньше указанного в табл. 10.


Фиг. 15.

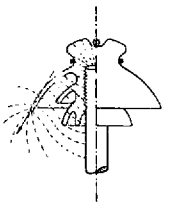

Фиг. 16.

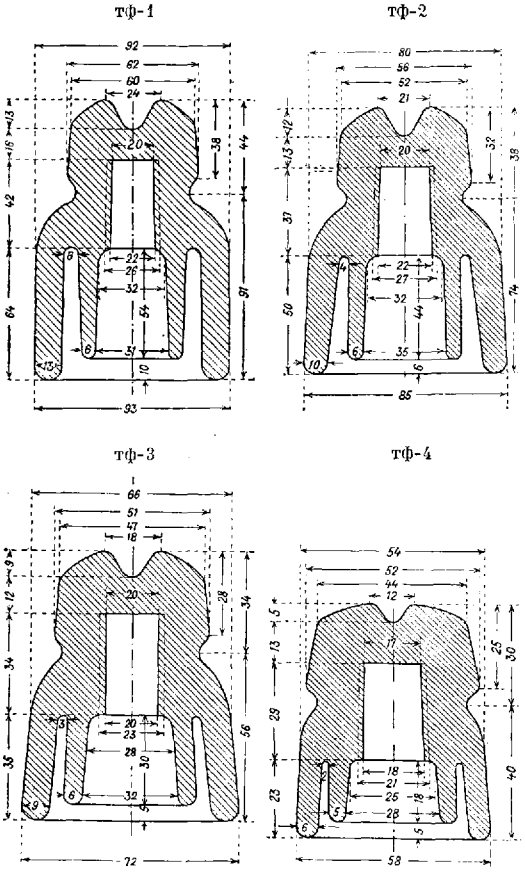
Табл. 10.—Сопротивление телеграфных и телефонных изоляторов.

Обозначение типа	Тип	Нижний предел сопротивления при 15° в МΩ
тф-1	Большой телеграфный	1 000
тф-2	Малый телеграфный	800
тф-3	Телефонный (он же вводный телеграфный)	500
тф-4	Вводный телефонный	300

Вид и размеры этих И. э. представлены на фиг. 17 (размеры в *мм*). Наибольшую ответственность представляют большие вводы. В них применяется обыкновенно разнородный материал—лакированная бумага для образования конденсаторного ввода, заливка маслом, фарфоровые, стеатитовые или каменные оболочки, служащие вместилищем всей системы и механич. опорой ее.

Наряду с изолирующим телом требуют большого внимания в И. э. также электроды, гл. образом способ их присоединения к изолирующему телу. Конструкция электродов со стороны механической должна обеспечить действие внешнего усилия по оси единичного И. э. и нераспадаемость гирлянды при любом ее положении относительно горизонта. Однако, при этом необходимо иметь в виду существенную разнородность материала соединяемых частей И. э. как в отношении механических, так и термич. свойств; и, наконец, недопустимо оставление между соединяемыми частями зазоров и отверстий, куда может проникать влага. Эти основные требования в значительной мере противоречат друг другу, и во многих случаях удается удовлетворить им лишь приблизительно. Один из путей к решению этих вопросов состоит в помещении между электродом и телом И. э. упругих прокладок, дающих запас при всякого рода статич. и динамич. натяжениях между этими частями. Другая мера—разработка цементов или замазок (см. *Замазки*), промежуточных по коэффициенту теплового расширения между материалом тела И. э. (в особенности это относится к фарфору) и железом электродов; в частности эта задача решается изготовлением цемента с порошкообразным фарфором,

использованием хлорокисных замазок и т. д. Одна из таких замазок под названием т е л е о к и т применяется германскими изоляторными заводами; различные подобного же назначения составы выпускаются под фирменными названиями: алабастрин и изолоз



Фиг. 17.

(La Porcelaine Haute Tension, Париж), базолит (В. Бистерфельд и К°, Ганновер), гейдельберг быстрый (Heidelberger Gipsindustrie, Гейдельберг), изолит (Д. М. Гендерсон и К°), розакит, мастика 66s и др. (Постлер, Нидерседлиц). Другой путь рационального устройства крайне ответственного места соединения тела изолятора и электрода состоит в более рациональном подборе друг к другу соединяемых частей в отношении свойств их материала. Это может достигаться либо подбором диэлектрика (например для внешних установок ценен плавленый базальт, а для внутренних—синтетич. смолы и прочие органич. диэлектрики, поскольку в подобные материалы железный электрод может иногда заделываться непосредственно в процессе отливки изолирующего тела), либо подбором металлич. сплава для электродов, так чтобы коэффициент его теплового расширения был возможно близок к такому же коэффициенту диэлектрика.

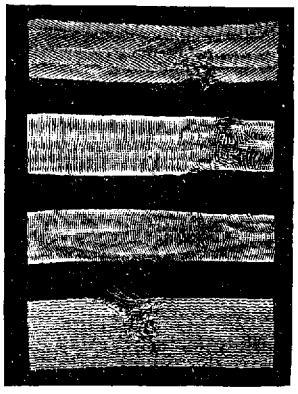
Лит.: Проект временных технич. условий для изоляторов высокого напряжения с приложением материалов для обоснования проекта, «Труды Центрального электротехнич. совета», П., 1919 (там же указана литература); С е м е н о в и ч-С е м е н ч у к П. Л., Технич. правила устройства и содержания телефонных сообщений общего пользования, П., 1920; У г р и м о в Б. И., Техника высоких напряжений, вып. 2, М., 1924; С и р о т и н с к и й Л. И., Перенапряжения и защита от перенапряжений в электрич. установках, М., 1924; Ш в а й г е р А., О материалах электрической изоляции, Берлин, 1922; С м у р о в А. А., Электротехника высокого напряжения и передача электрич. энергии, Л., 1925; К о м а р к о в Е. Ф., Технология электротехнических материалов, М., 1925; Электротехнич. правила и нормы, 2 изд., М., 1927; Дополнения и изменения к электротехнич. правилам и нормам, М., 1929; З е м я т ч е н с к и й П. А., Высоковольтные фарфоровые изоляторы, микроструктура и пористость, Л., 1924; Ф л о р е н с к и й П. А., Пористость изоляторного фарфора, «Труды Госуд. эксперимент. электротехнич. ин-та», М., 1927, вып. 19; С а в о с т ю к М. М., Исследование поверхностной электропроводности изоляторов слабого тока, «Труды Госуд. эксперимент. электротехнич. ин-та», Москва, 1925, вып. 10; иностр. лит. до 1919 г. см. в «Проекте временных технических условий» (см. выше). Для дальнейшей ориентировки можно указать «Mitteilungen d. Porzellanfabrik Ph. Rosenthal u. Co. A.-G.», *1—13.*

П. Флоренский.

ИЗОЛЯЦИОННАЯ ЛЕНТА, род электроизоляционного материала в виде длинной узкой полоски, состоящего из волокнистого механич. основания и специального состава, заполняющего ее поры. И. л. несет в электротехнике двоякую функцию — механич. связи и электрич. изоляции, при чем в разных случаях главное значение принадлежит то первой, то второй.

К л а с с и ф и к а ц и я. И. л. могут делиться по разным признакам. 1) По роду волокна, составляющего основание И. л., они бывают целлюлозные, хлопковые, льняные, из новозеландского льна, шелковые, асбестовые, стеклянные; в практику вошли главным образом хлопковые и асбестовые И. л., при чем так называемая на рынке льняная изоляционная лента на самом деле тоже выделывается из хлопка.

2) По роду изоляционного состава, закрывающего поры И. л., они бывают т. н. непропитанные (т. е. на самом деле пропитывающиеся изоляционным маслом), прорезиненные, покрытые липким резиновым слоем, пропитанные липким смоляным слоем, пропитанные желтым масляным лаком или черным масляно - асфальтовым, наконец, оклеенные при помощи шеллака и бакелита листочками слюды.



3) По характеру связи волокон в основании И. л. подразделяют на: бумажные, тканевые, при чем они могут нарезаться вдоль основы и наискось (под углом от 30 до 60°), плетеные различными способами (на фиг. показаны типичные плетения непропитанных И. л. и характер повреждения их при разрыве), резиновые.

4) По геометрическим размерам этого основания изоляционные ленты могут быть охарактеризованы таблицей.

5) По способу пропитки И. л. изоляцион. составом они бывают: продаваемые непропи-

Данные о непропитанных типичных изоляционных лентах английского производства.

Материал	Толщина в милях*	Число нитей на 1 дм.		Ширина в дм.	Прочность на разрыв по основе в *кг* на 1 *см* ширины
		Основа	Уток		
Хлопковая И. л.					
Обыкновенная . .	$3^1/_2$— $4^1/_2$	90	40	$^1/_8$—$^1/_2$	9,0
» . .	$3^1/_2$— $5^1/_2$	65	40	$^3/_4$—1	6,3
Высшего сорта .	—	—	—	$^3/_4$	—
Льняная И. л.					
Обыкновенная . .	6 — $8^1/_2$	56	28	$^5/_{16}$—$^1/_2$	9,9
» . . .	6 — $8^1/_2$	56	28	$^3/_4$—$^1/_2$	9,0
Хирургич. хлопковая лента	13 —17	—	—	—	16,2
Льняная тесьма . .	18 —22	—	—	—	21,6

* 1 миль=0,001 дм.

танными и уже после обмотки пропитывающиеся изоляционными маслами или специальными компаундами—т. н. непропитанные И. л.; покрытые изолирующим слоем с одной стороны—т. н. односторонние ленты; покрытые изолирующим составом с двух сторон—т. н. двусторонние ленты; насквозь пропитанные—т. н. лакированные или промасленные ленты; оклеенные, обычно с одной стороны, тонкими слюдяными листочками—т. н. миканитовые ленты (в этих лентах ткань д. б. особенно тонкою и потому выделывается либо из шелка либо из морского исландского хлопка—Gossypium tahitense,—причем ткань достигает тонины ниже 5 μ).

6) По характеру своего применения И. л. бывают: служащие гл. образом для связки и несущие преимущественно службу изоляции; сухие и липкие; пористые и непроницаемые; не выдерживающие нагрева (резиновые), выдерживающие средний нагрев, напр. до 60° (промасленные), и теплостойкие (асбестовые, стеклянные).

Общие технические условия. Технич. условия, общие для всех видов И.л., выражаются в следующем. 1) От И. л. требуется точность стандартных геометрич. размеров—толщины, ширины и длины и однородность продукции в этом отношении в пределах условленных допусков. 2) Служа связующим или обмоточным средством, И. л. должна удовлетворять той или другой степени механич. прочности на разрыв, особенно важной в направлении продольном. 3) Неся электроизоляционную функцию, И. л., пропитанная изоляционным составом, должна иметь электрическ. крепость не ниже известного предела; такому испытанию должны подвергаться только те И. л., которые имеют изоляционный состав, т. к. электрич. крепость непропитанных И. л. зависит от свойств тех сред, к-рыми они будут потом пропитаны. 4) Поскольку изолирующая способность И. л. возможна при отсутствии пор, способных пропускать воздух и влагу, эти поры должны отсутствовать, и пропитанная лента д. б. воздухо- и влагонепроницаемой; напротив, непропитанная лента, получающая свои изоляционные свойства от пропитывающего ее состава, должна хорошо всасывать этот состав. 5) Неся службу в условиях определенной $t°$, И. л. должна выдерживать ее, не повреждаясь более быстро, чем то допускается нормами; однако необходимо иметь в виду, что органические вещества, составляющие и пропитывающие И. л., с течением времени неизбежно стареют и утрачивают свою технич. функцию, особенно если $t°$ их службы превышает допуски. 6) Лакированная И. л. должна обладать достаточной упругостью и не давать с течением времени остаточных деформаций при вытяжке. 7) И. л. должна быть стойкой в отношении трансформаторного масла при 100° в течение 48 часов, в отношении петролата—при 150° в течение 15 минут. 8) Неся в некоторых случаях функцию водо- и воздухоизоляции, И. л. должна образовывать при обвивке компактное непроницаемое тело, и в этих случаях от И. л. требуется определенная степень слипаемости, однако, при условии еще более прочного прилипания изоляционного состава к ткани; в других случаях, наоборот, необходимо, чтобы И. л., особенно в рулонах, не слипалась.

Производство. Липкая И. л. выделывается из сурового миткаля, к-рый покрывается с одной или с обеих сторон изоляционным составом, длительно сохраняющим способность слипаться и прилипать к поверхностям, на которые лента накладывается. Состав этот делается либо из раствора каучука в бензине или бензоле, с добавкою наполнителей и красителей (прорезиненная лента, серая), либо из битуменов, венецианского терпентина и других смол и несохнущих масел (смоляная лента, черного или коричневого цвета). Состав наводится на ленту либо из-под ножа циклею, либо проведением ленты через раствор; после этой наводки лента для испарения растворителя пропускается над горячими пластинками, при чем предложены различные способы рекуперации растворителя. Для лакировки бумажная или тканевая лента пропитывается льняным или древесным маслом; пропитка достигается проведением ленты через ванну или иным способом, после чего масляный лак подвергается печной сушке.

Мощность потребления И. л. характеризуется хотя бы тем фактом, что в одном только СССР выпуск И. л. Резинотрестом в 1928/29 операционном году определяется в 904 000 руб.

Асбестовая тесьма и лента. Особенное значение в электропромышленности приобретает И. л. из асбеста. Значительная перегрузка моторов против нормы, необходимость держать их в замкнутом пространстве с соответственным неизбежным повышением внутренней $t°$ моторов, попадание в них сырости, пользование моторами без ухода, необходимость в теплостойких в изоляции электромагнитах и секциях в динамомашинах вызывают широкое применение в машиностроении асбестовой И. л. Асбестовая тесьма идет также на изоляцию больших подъемных

электромагнитов с витками из медной ленты. До 75% всех неудач с этими аппаратами было обусловлено именно повреждением изоляции их, пока не стал применяться для нее асбест. Подобная же обмотка незаменима при постройке собирательных шин, реле, соленоидов и трансформаторов. Именно на электромашиностроение в С. Ш. А. идет бо́льшая часть производимой там асбестовой тесьмы. В С. Ш. А. эта последняя выпускается в толщинах 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8 *мм*, с допусками не больше 0,05 *мм*, а по ширине наиболее ходовые размеры—в 13, 20, 25, 30, 40 *мм*, хотя делаются также и в 50, 65, 75 *мм*. Вес этой тесьмы при прямом разрезе характеризуется следующими данными:

Толщина, *мм*	Ширина, *мм*	Примерная длина на 1 *кг* веса, *м*
0,4	12	200
0,5	25	104
0,8	25	50

При диагональном разрезе тесьма делается несколько легче.

Асбест в виде каемчатой И. л. применяется также в подземных кабелях; эти ленты выпускаются толщиною 1,5 *мм* при ширине от 25 до 150 *мм*; на 1 *кг* приходится длина от 2,2 до 4,5 *м*. При тех же размерах длина диагональных лент на 1 *кг* составляет от 2,1 до 4,2 *м*; продаются они катушками по 30 *м*. Наконец, важное применение асбестовых лент—в электрических печах. Относительно минералогич. вида электроизоляционного асбеста в промышленности установилось мнение о желательности возможно малого содержания в асбесте железа, и в этом смысле признается особенно ценным хризотил из месторождения Аризоны (с 0,5—0,9% железа против 2,5—3,5% в канадском). Однако успешное применение для электроизоляции синего крокидолита (с 25% железа) наглядно доказывает безвредность железа в асбесте, как такового, и заставляет искать преимущество аризонского хризотила в более тонких физич. особенностях,—напр. в большей гибкости.

Лит.: Михеев Н. С., Пути развития асбестовой промышленности, М., 1924; ОСТ 399, лента изоляционная, прорезиненная, двухсторонняя, липкая, М., 1929; Krahl, Mechanische Prüfung gummifreier und gummihaltiger Isolierstoffe, «AEG-Mitteilungen», B., 1927, *1*, p. 19; Prüfeinrichtungen f. Isolierstoffe, ibid., 1927, *10*, p. 421—423; Monkhouse A., Electrical Insulating Materials, p. 41—45, 48—50, 190—191, 228, London, 1926; Wild, «India Rubber Journal», L., 1923, v. 65, p. 313 (разные способы производства прорезиненных тканей); Dammer B. u. Tietze O., Die nutzbare Mineralien mit Ausnahme d. Erze, Kalisalze, Kohlen u. d. Petroleums, B. 1, Stg., 1913; Bach B. S., Asbestos in Electrical Products, «Asbestos», Philadelphia, 1923; Gregory K. L., Use of Asbestos in Electric Lifting Magneto, ibid., 1921; Smith K. A., Asbestos Selvage Edge, ibid., 1922; Skerrett R. G., Asbestos Hoists the Capacity of Motors Dynamo etc., ibid., 1922; E. R. A. (The British Electrical a. Allied Research Association), Directions for the Study of Unvarnished Textile Fabrics, London, Series A, *II*. **П. Флоренский.**

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ, лаки специального назначения, применяемые в электропромышленности для повышения изолирующей способности, негигроскопичности, водоупорности и механич. связи.

Классификация. И. л. различаются между собой составом лакового тела, родом растворителя, способом и ближайшею целью применения и, наконец, способом приведения лаков в твердое состояние, т. н. закреплением лака. Лаковым телом И. л. служат различные смолы или их сочетания, при чем, наряду с естественными, широко применяются искусственные (бакелит, карболит, альбертоли, кумароновые и инденовые смолы, глиптали и т. д.), битуминозные вещества (асфальтиты, пеки, продукты нитрирования битуменов), эстеры (сложные эфиры) целлюлозы, жирные оксикислоты, вареные масла и олифы. В качестве растворителей применяются: этиловый и метиловый спирты, этиловый эфир, бензин, бензол, ацетон, хлороформ, четыреххлористый углерод, сероуглерод, скипидар, различные масла, деготь, тронь, даже вода. В последнее время стали широко применять разные новые растворители, мягчители и разбавители (см. *Растворители*). Особенно выгодно применение комбинированных растворителей, двойных и тройных, вследствие образования в смеси новых соединений, обладающих иногда большой растворяющей силой, что особенно важно в отношении эстеров целлюлозы. В табл. 1 сопоставлены по Кейсу (D. B. Keyes) нек-рые такие растворители. Нанесение И. л. на поверхности и другие виды обработки (пропитка, введение в пластич. массу, склейка) производятся различными приемами; к ним относятся: покрытие кистью, наводка вращающимися цилиндрами, погружение, проведение через ванну, пропускание через специальные мундштуки, заливка под вакуумом, опрыскивание пульверизатором или, в особенности, специальным прибором—аэрографом, с силой внедряющим лак в малодоступные зазоры обмоток. Лак применяется либо при комнатной $t°$, либо несколько подогретый для понижения вязкости, либо расплавленный нагревом до сравнительно высокой $t°$. Процесс отвердевания И. л. разнообразится по времени его прохождения и по условиям $t°$. Физико-химич. явления, ведущие к отвердеванию, в разных случаях тоже весьма различны: испарение растворителя, окисление лакового тела, конденсация и полимеризация входящих в него веществ—таковы явления, порознь или в различных сочетаниях между собой ведущие к отвердеванию примененного И. л. Тощие лаки воздушной сушки (см. ниже) характеризуются по преимуществу испарением разбавителя и растворителя; в жирных лаках воздушной сушки принимает участие полимеризация; в лаках горячей сушки существенно окисление и полимеризация; лаки на искусственных смолах характеризуются полимеризацией, а для компаундов в особенности важно остывание. Испарение растворителя (или разбавителя) идет с различной скоростью, в зависимости от его хим. состава. На фиг. 1 показана зависимость от времени (по Гарднеру) потери веса лаковой пленки от испарения растворителя.

Производство лака обычно держится в секрете, а способ применения в значительной мере зависит от потребителя; поэтому на практике наибольшее значение принадлежит классификации И. л. по условиям отвердевания их (табл. 2). Так как эти условия находятся в зависимости от состава лака, то в таком делении до известной степени учитывается также состав лакового тела и растворителя.

Производство И. л. По своему составу, по способам производства и общему

Табл. 1.—Комбинированные растворители для изоляционных лаков.

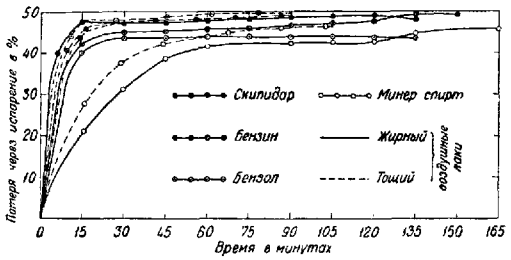
Название растворителя	$t°_{кип.}$	В растворителе растворяются	Процесс изготовления	Патент и изобретатель
Этилгликолят . . .	160°	Преимущественно нитроцеллюлоза и нек-рые лаки	Эстеризация гликолевой к-ты этиловым алкоголем	Г. П. 381413 (Byk-Guldenwerke, Chemische Fabrik)
Этиллактат	152°	Алкогольно растворимые смолы—хорошо, в особенности нитроцеллюлоза	Эстеризация молочной к-ты этиловым алкоголем	Лак на этиллактате, Ам. П. 1195673 (Chemical Foundation)
Этил-β-гидроксипропионат	187°	Как этиллактат	—	—
Триэтилцитрат . . .	261—263° (300 *мм*)	Нитроцеллюлоза, эстеры и алкогольно растворимые смолы; сообщает пластичность	Эстеризация лимонной к-ты этиловым алкоголем	Ам. П. 568105 Ф. П. 459972
Диэтилмалонат . . .	248—252° (под повышен. давлением)	Нитроцеллюлоза — очень хорошо; алкогольно растворимые смолы (шеллак)	Эстеризация малоновой к-ты этиловым алкоголем	—
Диэтилтартрат . . .	280°	Нитроцеллюлоза, отчасти также эстеры камедей и обработанное горячим способом конго	Эстеризация винной к-ты этиловым алкоголем	Г. П. 304244 (Redlich)
Этилглицерат	230—240°	Нитроцеллюлоза, но не смолы; подобен диэтилтартрату	Эстеризация глицерина этиловым алкоголем	—
Этилсалицилат . . .	232°	Нитроцеллюлоза, эстерорастворимые смолы	Эстеризация этиловой кислоты алкоголем	Ф. П. 428368 (Stockhausen)
Диацетон-алкоголь .	164°	Нитроцеллюлоза в больших количествах; смолы в больших количествах	Полимеризация ацетона в присутствии щелочного вещества	Рыночный продукт
Дигидроксин-ацетон	68—75° (нестойк.)	Твердое тело, не имеющее преимуществ сравнительно с диацетон-алкоголем	—	—
Ацетонил-метанол .	—	Испытанная составная часть лаков	Конденсация формальдегида и ацетона; в присутствии щелочей—нестойко	—
Этилпируват	160°	Нитроцеллюлоза—хорошо	Эстеризация	Рекомендуется как хорош. растворитель нитроцеллюлозы
Этилацетоацетат . .	181°	Различные типы целлюлозы—хорошо, смолы—не очень хорошо	Конденсация этилацетата при воздействии в качестве катализатора металлического натрия	Ф. П. 228158 (Perl), Ам. П. 1137552 (Backhaus). Будучи хорошим рыночным продуктом, применяется в лаковом производстве в небольших размерах
Ацетоль-этилэфир (Этоксиацетин) . .	128°	Нитроцеллюлоза—хорошо	Воздействие этилата натрия на монохлорацетон	Хороший среднекипящий растворитель нитроцеллюлозы
Этилэфир этилгликолята	152°	Нитроцеллюлоза и смолы—хорошо	Воздействие этилата натрия на этилмонохлорацетат	—
Этоксиэтиллактат .	155°	Как предыдущее	Замещение гидроксильной группы в молочной к-те или в этиллактате и обработка полученного продукта этилатом натрия	—
Этиленгликольмоноацетат	182°	Нитроцеллюлоза и большинство смол	Воздействие уксуснокислого калия на этиленхлоргидрин	—

Табл. 1.—Комбинированные растворители для изоляционных лаков. (Продолжение.)

Название растворителя	$t°_{кип.}$	В растворителе растворяются	Процесс изготовления	Патент и изобретатель
Моноэтилэфир этиленгликоля	134°	Нитроцеллюлоза — очень хорошо; нек-рые смоляные эстеры (шеллак)	Воздействие этиленхлоргидрина на этилат натрия	Ам. П. 1533616 (Shepley a. Given)
Моноэтилэфир триметиленгликоля .	160—161°	Подобен предыдущему	Воздействие этилата натрия на монохлорпропилалкоголь	—
Диэтилглицериловый эфир	191°	Нитроцеллюлоза, смолы	—	—
Глицидоль	161—163°	—	Из гидрата окиси бария и замещенного хлористого соединения глицероля	—
Диэтиленгликоль .	250°	Нитроцеллюлоза — хорошо, отчасти шеллак и т. п.	Воздействие этиленоксида на этиленгликоль	—
Пирувил-алкоголь (ацетоль)	145°	Нитроцеллюлоза — хорошо, большинство смол—хорошо	Гидролиз монохлорацетона из уксуснокислого калия и метанола	—

физико-химич. характеру И. л. не составляют группы, резко обособленной от прочих лаков; общие начала их производства и теории см. *Лаки*; здесь же будут отмечены лишь некоторые черты их.

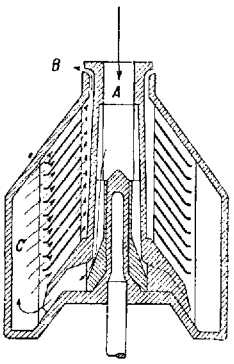
При растворении твердых материалов лакового тела применяются растворитель, сравнительно мало летучий, и наряду с ним разбавитель, или разжижитель—другая, более



Фиг. 1.

летучая жидкость; она дает возможность понизить вязкость лака и получить достаточно прочную полужидкую пленку, к-рая далее переходит в твердую. При этом растворитель одного лака м. б. разбавителем другого; так, в масляных лаках растворителем служат растительные масла, а разбавителем—скипидар, тогда как в скипидарных лаках скипидар служит растворителем, а разбавителем—бензин или т. н. лаковый бензин (минеральный спирт, white spirit). Смолы, подбираемые для И. л., должны характеризоваться малой кислотностью и $t°_{пл.}$, значительно превышающей 150°. В И. л. часто применяется канифоль; однако, пористость канифольных лаков, большое кислотное число (168—174) и низкая $t°_{пл.}$ (90—100°) ведут к недостаточной защите такими лаками, образованию медной зелени и размягчению при 100°. Если нельзя избегнуть канифоли, то она д. б. в виде резинатов, при чем масляные лаки требуют малого количества смолы (нейтральной) и большого количества масел, очень сикативных. Из масел ценными свойствами обладает древесное (тунговое), придающее лаковой пленке твердость, упругость, совершенную стойкость против кислотных растворителей и безусловную непроницаемость; но это масло легко желатинируется, и работа с ним требует опытности.

Ответственную сторону производства И. л. представляет освобождение их от взвешенных частей нерастворившихся смол и металлич. сикативов. Прежний способ—отстаивание—медленен и мало производителен, т. к. требует около 5 мес. времени. В настоящее время удаление посторонних частиц достигается при помощи гиперцентрифуги системы Гиньета (Hignette), вращающейся со скоростью 6 000—8 000 об/мин. Вследствие использования в этом аппарате набора тарелок с капиллярными зазорами разделяющая сила этого аппарата (фиг. 2) эквивалентна силе простой центрифуги при 20 000 об/мин. Лак вводится во входное отверстие *A*, засасывается под нижнюю тарелку и течет в кольцевое пространство *C*, где осаждаются примеси, а очищенная жидкость выходит в *B*. Эти гиперцентрифуги строятся шести различных размеров, производительностью от 30 до 1 000 *л*; расход энергии в них 2—3 kW на 1 *m* пропущенного через них лака.



Фиг. 2.

Производство И. л., особенно асфальтовых, весьма затруднено невозможностью получать вполне тождественное исходное сырье, естественное (гильсонит и т. п.) и искусственное (дегти, пеки); поэтому требуется особое искусство получать тождественные продукты из различных материалов.

Рецепты и описание нек-рых И. л. Вследствие слишком большого разнообразия И. л., здесь приводится лишь несколько рецептов. Черные печные И. л.: 1) 100—

Табл. 2.—Классификация изоляционных лаков по способу закрепления.

Род лака	$t°$ отв.	Время отвердевания в ч.	Способ приведения в твердое состояние	Состав	Область применения	Нек-рые свойства лакового тела
Печные лаки	90—100	3—8	Нагрев в печи	Растворы естеств. смол (канифоли с копалом, чаще с маниллой-копалом) в льняном масле или в смеси его с древесным маслом	Машино- и аппаратостроение	Высокая электрич. крепость, большая гибкость, сохранение упругости при длительном нагреве, стойкость против постарения
Маслянно-воздушн. лаки	18—22	24	Сушка на открытом воздухе	Подобен составу печных лаков, но с добавкой сикативов	Идут на лакировку тел, к-рые не м. б. подвергнуты печной сушке	Значительно хуже печных
Лаки «Сигма»	18—22 или 90	до 24	На открытом воздухе или в печи	Различные специально обработанные масла и жирные вещества, растворенные в бензине	Пропитка тканей, проводов и обмоток	Весьма большая гибкость при большой твердости; стойкость против длительного нагрева при 120° кислот, щелочей и горячих минеральных масел; большая электрич. крепость
Спиртово-воздушн. лаки	18—22	2—3	Сушка на открытом воздухе; желателен хороший обмен воздуха, т. к. в противном случае на охладившееся от растворения тело конденсируется атмосферная влага и из разжиженного растворителя выпадает смола; в нек-рых случаях полезна сушка в печи	Плавкие смолы, естественные и искусственные, растворенные в спирте	Применимы в таких частях машин и аппаратов, к-рые не подвержены сильным колебаниям $t°$ и изменению формы	Хрупкость, малая твердость, быстрая стареемость, нерастворимость
Полимеризационные лаки	100 или 130—140	3—4	После просушки	Синтетические смолы с разными растворителями, а также и без растворителей	—	Нерастворимость, неплавкость, химич. стойкость, водоупорность, газовая непроницаемость
Водные лаки	—	—	После просушки; в некоторых случаях после полимеризации	Водные эмульсии различных смол естественных и искусственных	Пропитка картона, древесины	Зависит от выбора лакового тела
Пропиточные компаунды	до 80	Разное	В одних случаях после остывания, в других—после испарения, полимеризации и остывания	Битумены, пеки, дегти	Пропитка обмоток, служащих на открытом воздухе	Водоупорность, газонепроницаемость
					Пропитка обмоток, служащих в горячем минеральном масле	Высшая $t°_{пл.}$, водоупорность, газонепроницаемость, химическая стойкость, маслостойкость

140 ч. мягкого стеаринового гудрона, 3,5—4,5 ч. даммара, 40—50 ч. асфальта, 2—3 ч. копала, 40—50 ч. льняного масла, 7,5—9,5 ч. скипидара, 8—10 ч. прусской сини. Льняное масло разбавляют половиной взятого скипидара и сгущают легким нагреванием на воздухе; смолы, гудрон и асфальт прогревают в течение 4 час. при 175°; затем все смешивают, добавляют четыреххлористого углерода в удвоенном по весу количестве и остаток скипидара; отстоявшуюся смесь фильтруют. 2) 90 ч. сгущенного льняного масла, 30 ч. скипидара, 120 ч. бензина, 30 ч. асфальта, 2,1 ч. серы, 0,6 ч. глета, 0,3 ч. пиролюзита. Светлые печные И. л.: 3) 90 ч. сгущенного льняного масла, 180 ч. бензина, 40 ч. сплавленного с известью гарпиуса (или 40 ч. копала, сплавленного с 30 ч. льняного масла), 2,2 ч. пиролюзита, 90 ч. древесного масла. 4) 100 ч. древесного масла, 20 ч. резината кальция, 20 ч. прогретой до 260° (до загустения) линолевой (льняной) к-ты, 10 ч. масляного сикатива, 100 ч. растворителя. Черные воздушно-масляные И. л.: 5) 10 ч. сплавленного при 180° асфальта, 4 ч. светлого печного И. л. (п. 4), 10—12 ч. сольвент-нафты. Воздушно-спиртовые лаки: 6) 18 ч. шеллака светлого, 8 ч. сандарака, 8 ч. льняной к-ты и 65 ч. 95%-ного спирта. 7) 30 ч. гернет-лака, 11 ч. терпентина венецианского и 35 ч. 95%-ного спирта. 8) 67 ч. гернет-лака, 13 ч. шеллака беленого, 30 ч. терпентина венецианского и 160 ч. 92—95%-ного спирта. 9) Густой лак для заливки: 20 ч. гернет-лака сплавляют с 5 ч. венецианского терпентина; затем к сплаву быстро приливают при энергичном размешивании 20 частей спирта; масса сильно пенится, и потому процесс должен производиться в отсутствии огня. Неплавкие И. л. на основании эстеров целлюлозы: 10) 93,5 ч. четыреххлористого этана, 6,0 ч. ацетилцеллюлозы, 0,5 ч. пиридина. 11) Лак для покрытия обмоток машин: 87 ч. четыреххлористого этана, 12 ч. ацетилцеллюлозы, 1 ч. пиридина. 12) Эмаль для проволок: 40 ч. ацетатцеллюлозы, 300 ч. ацетона, 20 ч. триацетина, анилиновой краски—по желанию. Пропиточные компаунды. Один из простейших компаундов для службы на открытом воздухе: 110 ч. асфальта, 200 ч. озокерита, 70 ч. вара. Одно из важных требований, которым должны удовлетворять компаунды, состоит в их способности быть приводимыми в достаточно подвижное состояние при помощи соответственных разбавителей и затем, в процессе затвердевания, значительно повышать точку размягчения против первоначальной.

Закрепление И. л. Правильное закрепление И. л. составляет необходимое условие при пользовании лаком. Тут в отношении каждого рода и даже сорта лака существуют свои приемы. Так, воздушно-масляные лаки считается рискованным подвергать горячей сушке: быстро образующаяся твердая пленка прорывается затем парами растворителя и залакированная поверхность оказывается пронизанной парами; но Фляйт (Flight) считает печную сушку этих лаков полезной (очевидно, если смола настолько размягчается, что заливает поры). Печные лаки с выгодой м. б. просушиваемы в два приема: сначала, при сравнительно низкой $t°$, удаляют наиболее летучие части, а затем, при более высокой—остальные. Двойная сушка может производиться в специальной двойной сушильной камере. Один из наиболее ценных лаков, типа Wattalac, поставляемых фирмой «La Nationale» Ж. Эшман и К° в Париже, требует для вакуумной пропитки подогрева до 30—40°, но не выше 60°, и разбавления лаковым бензином до вполне определенного уд. в. согласно табл. 3.

Табл. 3.—Наиболее выгодное для пропитки соотношение между $t°$ и уд. в. черного печного лака марки E. W.

Уд. вес . .	0,860	0,863	0,868	0,875
$t°$	10	15	20	30°
Уд. вес . .	0,885	0,895	0,905	
$t°$	40	50	60°	

Технические условия. И. л. применяют, чтобы: 1) воспрепятствовать проникновению сырости; 2) повысить изолирующую способность волокнистых материалов (хлопок, бумага, полотно, шелк, вискоза) и материалов б. или м. пористых (дерево, разные виды естественных и искусственных камней); 3) мешать вредному действию химич. агентов (напр. кислот и, в особенности, масел); 4) увеличить теплопроводность, механически укрепить обмотки и не дать им возможности смещаться под действием центробежной силы.

Из этих функций вытекают технич. условия на И. л. Испытания И. л. должны дать: 1) общую характеристику лака (лаковое тело, растворитель, способ применения); 2) время сушки при 18—22° и при 80°; 3) время постарения при 80°, при чем желательно знать зависимость времени постарения от $t°$, в особенности если рабочая $t°$ м. б. больше 80°; 4) электрич. крепость лака; 5) кислотность лака и его иодное число; 6) маслостойкость лака; 7) клейкость; 8) размягчаемость при нагревании; 9) теплопроводность; 10) электропроводность лака, нанесенного на тот материал, для к-рого он предназначен (это испытание не считается обязательным); 11) степень эластичности лаковой пленки и приставаемости к поверхностям, на которые лак наносится; 12) водоупорность; наконец, внешний вид их д. б. достаточно красивым. Наиболее ответственными во всех случаях требованиями признаются негигроскопичность и электрич. крепость лака.

Время просушки устанавливается на лаковых пленках, предоставленных просушке в условиях, нормальных для данного лака. Эти пленки получают на квадратиках со стороной в 10 *см* из японской бумаги, толщиной в 0,025 *мм*, или просто на папиросной бумаге, погружаемой в ванну с лаком, или, наконец, на металлич. пластинках. Пленки подвергаются осмотру через каждые $^1/_2$ часа. Затвердение пленки можно установить при помощи особых приборов, в к-рых нажатие на пленку поверхности каучука производится при определенной нагрузке. Время постарения устанавливается на бумаге, подготовленной для предыдущего испыта-

ния, покрытой вторым слоем лака, снова просушенной и затем прогреваемой при 80°; каждый час бумагу охлаждают и складывают острой складкой; если лаковая пленка при этом трескается, то она считается постаревшей, если же нет, то прогрев ведется снова, пока не будет достигнуто растрескивание. Этим испытанием устанавливается вместе с тем степень эластичности лаковой пленки. Мерой постарения или долговечности лака считается время от окончания сушки до момента излома. Полупостарелой называется лаковая пленка, прогретая при 80° в течение половины времени постарения.

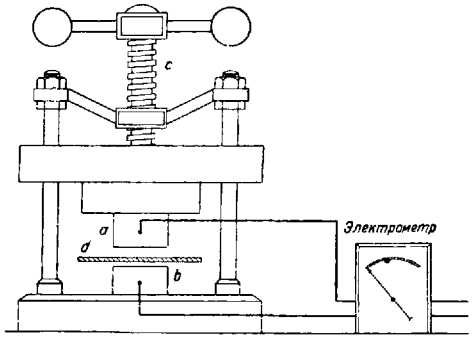
В табл. 4 сопоставлены данные о времени сушки и постарения, об электрич. крепости и кислотности нек-рых наиболее употребительных лаков. Как видно из нее, для печных лаков время постарения в большинстве случаев превышает 100 часов, а в одном случае достигает даже 1 000 часов. Масляно-воздушные, а в особенности спиртово-воздушные, лаки в большинстве случаев стареют несравненно быстрее, но зато и сохнут в более короткий срок. Соответственные данные о немецких лаках «Гарантоль», см. *Асфальтовые лаки*.

Электрич. крепость лака измеряется лучше всего на пленках толщиной 0,15 *мм*, наращенных на вышеуказанной японской бумаге. Пробой производится между круглыми плоскими электродами ⌀ в 25 *мм*. Полларчек построил для этой цели особый станок (фиг. 3; где *a* и *b*—электроды, *c*—зажимной винт, *d*—образец с лаковой пленкой). Пробой свежеизготовленных образцов дает, однако, результаты, мало подходящие к действительным условиям работы, и потому принято испытывать образцы полупостарением. Среднее значение д. б. получено из 5—10 испытаний. При испытании сразу накладывается напряжение в 1 kV и затем поднимается с одной и той же скоростью до пробоя. Электрич. крепость свежей и постаревшей пленки у нек-рых лаков весьма различна и колеблется в общем от 0,8 до 8,0 kV на 0,1 *мм*. Электрическ. крепость масляных лаков при постарении проходит через максимум (как пример дается кривая на фиг. 4); напротив, у масляно-воздушных лаков и в особенности спиртово-воздушных электрич. крепость быстро падает. При испытании И. л. на пробой важно по возможности устранить зависимость пробойного напряжения от подкладки. Этого отчасти достигают, подвергая испытанию лаковую пленку, снятую со стекла, на к-ром она была образована. Пробойное напряжение лаков, как и других диэлек-

Табл. 4.—Сводка данных о сушке, постарении, электрической крепости и кислотности английских изоляционных лаков.

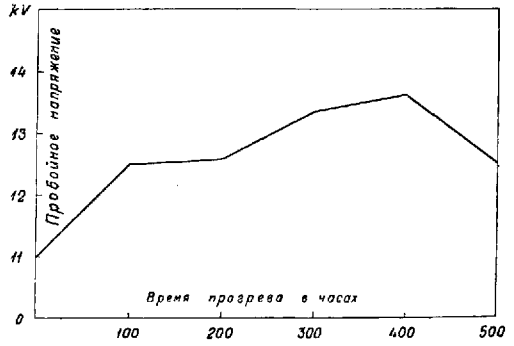
Род лака	Время сушки (в ч.) при 12—22°	Время сушки (в ч.) при 80°	Время постарения (в ч.) при 80°	Электрич. крепость в kV/0,1 мм до постарения	Электрич. крепость в kV/0,1 мм после постарения	Кислотность в % до постарения	Кислотность в % после постарения
Масляные огнеупорные лаки:							
Бесцветный лак для ткани	18	3	75	6,34	6,11	—	—
Бесцветный лак для пряжи 1	18	3	340	5,87	5,91	—	—
То же 2	18	3	170	4,77	6,97	—	—
То же 3	40	3	230	6,97	7,88	2,1	1,4
То же 4	14	3	54	4,48	3,43	—	—
Черный лак для пряжи 1	12	2½	59	5,67	2,60	—	—
То же 2	200	12	1 000	4,17	5,63	—	—
То же 3	500	12	900	1,46	2,01	1,1	0,8
То же 4	14	8	300	3,94	4,73	0,5	0,3
То же 5	70	7	500	2,28	3,78	1,1	0,6
То же 6	43	7½	260	4,92	6,62	1,1	1,3
						Средн. 1,2	Средн. 0,9
Масляно-воздушные лаки:							
Бесцветный лак для пряжи 5	24	3	200	5,36	5,24		
То же 6	18	3	200	5,04	5,91	2,8	1,7
То же 7	—	—	—	—	—	2.8	1,7
То же 8	—	—	—	—	—	1,9	0,9
Черный лак для пряжи 7	12	2	5	2,52	2,28	—	—
То же 8	14	3	3	4,42	1,02	—	—
То же 9	12	3	3	1,11	1,11	—	—
То же 10	—	—	—	—	—	0,7	0,5
Бесцветный лак для наружной поверхности	24	3	126	3,43	3,43	—	—
Черный лак для наружной поверхности	14	3	3	5,36	6,34	—	—
Твердый	10	3	300	6,23	7,01	1,8	0,8
						Средн. 1,8	Средн. 1,0
Спиртово-воздушные лаки:							
Черный лак для наводки 1	3	1/8	1/2	0,98	0,98	4,6	3,7
То же 2	3	1/4	2	3,31	3,31	—	—
То же 3	3	1/8	1/2	0,46	0,40	—	—
То же 4	14	1	3	4,93	1,02	—	—
То же 5	—	—	—	—	—	7,5	7,4
Шеллаковый лак	2½	1/8	2½	2,95	2,75	3,1	3,1
Твердый эмалевый лак	12	1	3	0,55	0.55	—	—
Слюдяной клеевой лак	1	1/12	1	5,13	3,82	2,7	2,2
						Средн. 4,5	Средн. 4,1

триков, не связано линейно с толщиной лакового слоя. На фиг. 5 представлена зависимость этих величин для И. л. фирмы «La



Фиг. 3.

Nationale» Ж. Эпман и К°. В нек-рых заводских лабораториях ведется испытание лаков на пробой в непросушенном виде. Для этой цели служит пробойник (фиг. 6), состоящий из ванночки B, сквозь стенки которой проходят два электрода, один—неподвижный C, другой—подвижной D, придвигаемый к первому микрометрич. винтом с барабаном A, разделенным на 1 000 делений. При помощи указателя E м. б. учитываемо смещение острия на 1μ.



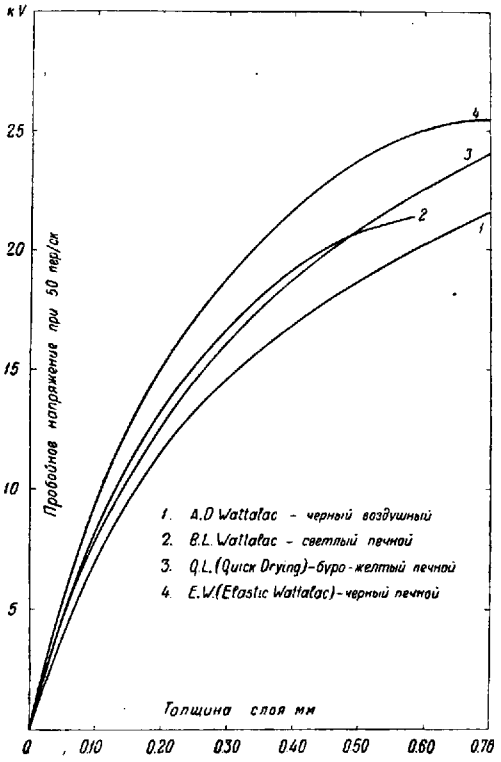
Фиг. 4.

Водоупорность И. л. проверяют при помощи шарика или кубика из буковой древесины, окунаемого в испытуемый лак трижды, с промежуточными просушками. О водонепроницаемости лака судят по изменению веса этого образца после 48-часового пребывания в воде. Сравнительные данные некоторых И. л. представлены в табл. 5. Водонепроницаемость лака имеет, кроме прямого значения, также и косвенное, поскольку эстеры (льняное масло, ацетилцеллюлоза), разлагаясь под действием воды, повышают в ней концентрацию $P_к$ и тем увеличивают электропроводность. В этом отношении особенно ценны синтетич. смолы, не подвергающиеся ионизации.

Табл. 5.—Сравнительные данные о влагопроницаемости изоляц. лаков.

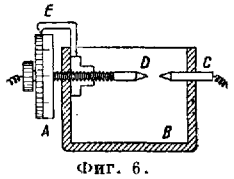
Род лака	Привес образца после 48-час. пребывания в воде, в %
Лак на льняном масле	14,52
Раствор каучука	2,41
» ацетатцеллюлозы	2,86
Изольэмаль С. А. Е. (не прогретая)	0,15
Изольэмаль D. (не прогретая)	0,24
» Р. М. » »	0,19
» D. (прогретая при 100—120°)	0,017
Изольэмаль Р. М. (прогретая при 100—120°)	0,021

Кислотность И. л. в жидком виде имеет значение второстепенное. Поэтому испыты-



Фиг. 5.

вается кислотность полупостаревших образцов, разрезанных на мелкие кусочки и прокипяченных в течение 4—5 час. в водном метиловом спирте, к-рый затем подвергается фильтрованию. Маслостойкость И. л. устанавливается на основании 6-часового прогрева при 80° в изоляционном масле катушки, обмотка к-рой пропитана лаком. Склеивающая способность лака устанавливается по разрезу такой же катушки. Один из самых простых приемов испытания на размягчение состоит в ударах по куску меди, покрытому лаком и после просушки прогретому в течение получаса в печи при 100°. Теплопроводность оценивается по электрическому сопротивлению двух одинаковых, включенных в общую цепь катушек, из которых одна пропитана лаком. В табл. 6 дан пример (по Фляйту), насколько лак способствует теплоотдаче.



Фиг. 6.

Из других, более специальных испытаний на стойкость в отношении химич. деятелей

Табл. 6.—Пример значения лакировки для теплоотдачи.

Нагрузка током в А	Повышение $t°$		Разница в %
	непропитан. катушка	пропитан. катушка	
1	17,5°	16,5°	5,7
2	77,1°	70°	9,0
2,5	123°	110°	10,5

следует отметить: отношение к морской, соленой и кипящей воде, к водяному пару, к серной, соляной и азотной к-там (1:10), к их парам, к едкому кали и натру, к аммиаку газообразному и водному.

Лит.: Киселев В. С., Олифа и лаки, М.—Л., 1926; Анде Э., Производство лаков, олифы, сургуча, типогр. и литогр. красок, СПБ, 1901; Seeligmann F. u. Ziecke E., Handbuch d. Lack- u. Firnisindustrie, 3 Aufl., B., 1923; Gardner H. A., Untersuchungsmethoden d. Lack- u. Farbenindustrie, 4 Aufl., B., 1929; Lunge—Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, B. 3, p. 617, B., 1923; van Muyden R., Utilisation des vernis isolants dans l'industrie électrique, P., 1924; Escard J., Les substances isolantes et les méthodes d'isolement utilisées dans l'industrie électrique, P., 1911; Matthis A. R., Les vernis isolants en électrotechnique, Bruxelles—P., 1921; Monkhouse A., Electrical Insulating Materials, p. 60—86, L., 1926; McIntosh J. G., The Manufacture of Varnishes and Kindred Industries, London, 1919; Flight W. S., «Electrical Review», L., 1921, v. 89, p. 791; Wanderberg E., «ETZ», 1922, B. 43, H. 25, p. 848; Davey W. P. a. Dunning P., «Electrical Review», London, 1921, v. 24, November, «ETZ», 1925, B. 46, p. 395 (испытание лаков по Materialprüfungsamt); Scheiber J., «Elektro-Journal», Charlottenburg, 1922, B. 3, 2 и реф. в «EuM», 1923, B. 41, p. 313 (постарение); «Der elektrische Betrieb», B., 1925, B. 23, H. 22, p. 295 (двойная камера для просушки лаков); «Recherches et inventions», P., 1923, t. 2, p. 170 (изольэмаль); «JAIEE» 1924, v. 62, p. 236 (испытание лаков); «RGE», 1925, 14 (дискуссия о ценности лаков). **П. Флоренский.**

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАСЛА,* жидкие или мазеобразные вещества с высокими электроизоляционными свойствами, применяемые в электрич. установках, линиях и приборах как заполнители воздушн. полостей и пор, с целью увеличить электрическую крепость в местах значительного электрич. градиента, повысить теплоотдачу, ускорить гашение возникающих искр и дуг и преградить доступ воздуху и влаге. В качестве И. м. употребляются гл. образом различные углеводороды и особенно—погоны нефти. Хотя не все применяемые с этой целью вещества имеют маслянистый характер, но вследствие однородности технической функции естественно распространить название И. м. с минеральных масел также на реже применяемые вещества иного характера. Промышленное применение И. м. ведет свое начало с 1891 г., но до сих пор, несмотря на громадный объем электромасляного хозяйства электропромышленности, основные начала этого применения еще не вполне установились, отчасти вследствие сложности химич. состава И. м., их малой стойкости и сложности условий их службы (длительный нагрев, действие переменного поля, присутствие катализаторов—металлов, солей, к-т, мелкораздробленных механическ. примесей, влаги, воздуха). Наиболее широко потребление И. м. в больших трансформаторных и выключательных установках, при производстве кабелей высокого и низкого напряжения; И. м. идут в последнем либо в чистом виде как заливка (кабель Пирелли) и как пропитка бумажной изоляции, либо в смеси с канифолью как пропитка. И. м. применяются также в масляных конденсаторах, при дуговой генерации полей высокой частоты, в трансформаторах напряжения, измерительных, рентгеновских и т. д., при пропитке дерева, тканей, пряжи, картона, бумаги. По своему значению в электропромышленности И. м. среди прочих изоляционных материалов занимают, вероятно, первое место, и потому на методы их испытания и нормирование технических условий в настоящее время обращено особенное внимание.

Технические условия. Общие основания технич. условий И. м. вытекают из их технич. функций. 1) И. м. должны оказывать достаточное сопротивление в тех случаях, когда градиент поля ведет к образованию короны или пробоя; удовлетворение этого основного технич. условия достигается при надлежащем составе масла, при отсутствии влаги, пыли, волокон, осадков, кислот и т. п. 2) В мощных и емких установках И. м. должны возможно больше способствовать охлаждению токопроводов и вообще всех теплоисточников, что достигается значительной теплоемкостью и теплопроводностью (напр. теплопроводность германских И. м. около 0,0003 cal *см/см*² °C ск.), а главное хорошей конвекцией, которая возможна при малой вязкости И. м. В малых или маломощных установках, где в теплоотдаче нет надобности, а равно в пропитанных И. м. кабелях, где конвекция невозможна, малая вязкость И. м. необязательна и м. б. даже нежелательна. 3) Требование достаточной вязкости И. м. при всех условиях службы, а также необходимость сохранять при всех условиях одно и то же строение изолирующей среды (напр. в кабелях), предполагает $t°_{отв}$. И. м., лежащую ниже наиболее низкой по условиям службы $t°$ внешней среды. 4) Нагрев установок как от внешних, так и от внутренних причин выдвигает для И. м. и каждой из его составных частей требование малой испаряемости и высоких точек кипения и вспышки. 5) В виду значительной стоимости И. м. и нежелательности установок большого объема, перерыва работ при замене И. м. свежим, оно д. б. возможно стойким и сохраняться долгое время. 6) По тем же причинам в виду ценности заполняемых И. м. установок и в виду аварий, могущих возникнуть при нарушении правильного хода их службы, И. м. должно быть при всех наличных условиях службы по возможности инертным по отношению к поверхностям установки, с к-рыми оно соприкасается, и вместе с тем и само не должно изменяться от этого соприкосновения; в нек-рых случаях, когда неизменяемости И. м. требовать невозможно (наприм. в выключателях, в дуговых генераторах), приходится по крайней мере искать наиболее стойких И. м. 7) Неся свою службу по большей части при высокой $t°$ и в присутствии искровых

* По причинам технич. характера Редакция Т. Э. вынуждена была сократить статью проф. Флоренского. В дополнение к статье см. *Масляные выключатели* и *Трансформаторы*.

разрядов, И. м. как горючие жидкости представляют опасность в пожарном отношении, и отсюда является требование возможно более высокой $t°$ вспышки. 8) В виду больших количеств И. м., требуемых в крупной установке, не безразличен вопрос о цене И. м., исключающий ряд веществ, которые могли бы удовлетворить техническим условиям в других отношениях. 9) Наконец, в виду образования паров И. м. при выборе И. м. должны быть также приняты в расчет требования охраны труда.

Виды и состав И. м. В качестве И. м. применяются весьма различные вещества. На первом месте стоят различные погоны нефти, из к-рых особенное значение приобрели трансформаторные и выключательные масла типа легких веретенных, специальной очистки. Свойства этих масел существенно разнятся между собой в зависимости от состава нефти, из к-рой они были выделены, и от производственного процесса: масла нафтеновых, парафиновых и асфальтовых нефтей имеют свои существенные особенности. Из нефтяных продуктов в качестве И. м. применяются в разных случаях темные цилиндровые масла, петролаты, керосин, изредка бензин. На втором месте стоят смоляные продукты: смоляное масло, применяемое в трансформаторах (но не в выключателях), особенно герм. промышленностью, в отдельных случаях—скипидар; в состав кабельной пропитки входит канифоль. Иногда применяются растительные и животные масла. Известно также применение буроугольного и каменноугольного масел; последнее идет в необработанном виде, гидрированным и выделенным из сырого после окисления последнего смесью двухромовокислого и марганцевокислого калия. Предлагались в качестве И. м. также смеси из тетрахлорэтана или эпихлоридина с органическим основанием, наприм. анилином или диметиланилином, обезвреживающим кислые продукты разложения. В нек-рых случаях применяется четыреххлористый углерод и спирт.*

Состав И. м. чрезвычайно разнообразен в зависимости от рода исходного сырья и даже в пределах нефтяных масел, меняется соответственно месторождению нефти и способу ее обработки, в зависимости от подвергнутого очистке погона, условий и срока работы масла и т. д. Практически наибольшее значение получили: флуоресцирующие голубым или фиолетовым цветом И. м. из бакинских нефтей на основании циклических соединений — нафтенов общей ф-лы C_nH_{2n} и полинафтенов общих формул C_nH_{2n-2}, C_nH_{2n-4} и т. д.; флуоресцирующее зеленым цветом И. м. из пенсильванской нефти на основании алифатич. углеводородов — парафинов (C_nH_{2n+2}); И. м. из нек-рых американских, индийской и других нефтей на смолистом (асфальтовом) основании (приблизительного состава $C_{25}H_{38}O_4$; менее распространены смоляные и буроугольные масла. Кроме указанных главных составных частей, И. м. содержат также ароматич. углеводороды C_nH_{2n-6} и непредельные — олефиновые (C_nH_{2n}), ацетиленовые (C_nH_{2n-2}), терпеновые ($C_{10}H_{16}$) и т. д., а в случае неполной доброкачественности — различные примеси.

Смоляные масла получаются из канифоли при сухой перегонке на голом огне. До 300° идет пинолин, а выше 300°— тяжелое смоляное масло. Оно отличается легкой осмоляемостью и в тонком слое, под действием 24-часового нагрева до 50°, затвердевает или становится клейким; от минеральных масел отличается характерным запахом, вкусом, более легкой испаряемостью и более низкой вспышкой (табл. 1),

Табл. 1. — Испаряемость и вспышка смоляных и минеральных масел.

Род масла	Испаряемость в приборе Гольде		Вспышка	
	за 5 ч. нагрева до 100° в %	за 2 ч. нагрева до 70° в %	по Мартенсу-Пенскому в °С	в открытом тигле в °С
Тяжелые смоляные масла	0,4—0,8	5,6—7,4	109—146	148—162
Минеральные веретенные масла . . .	0,05—0,10	0,5—1,8	177—203	189—213
Минеральные машинные масла . . .	0,06—0,13	0,6—1,05	188—195	205—221

несмотря на уд. вес 0,9 — 1,1. Его можно отличить также от минерального масла по цветным реакциям: красному окрашиванию при встряхивании с равным объемом серной к-ты, уд. в. 1,6 (реакция Гольде), красно-фиолетовому окрашиванию смеси из масла с уксусным ангидридом по 1 $см^3$ при прибавлении одной капли серной кислоты (реакция Шторха-Либермана) и фиолетовому окрашиванию масла или раствора его в сероуглероде при прибавлении одной капли четыреххлористого (или бромистого) олова. Однако, эти реакции предполагают несовершенную очистку смоляного масла. Другие различающие признаки сопоставлены в табл. 2. Неочищенное смоляное масло содержит 30% смоляных к-т, тетрагидроароматич. углеводороды с насыщенными связями (гидрированные ретены).

Примеси. Посторонние примеси м. б. растворены в И. м. или же механически взвешены. Из числа первых особенно вредными признаются кислоты и соединения, содержащие активную серу и мыла.

Кислоты в И. м. могут быть минеральные, гл. обр. серная, как плохо нейтрализованный остаток очистки (эти к-ты недопустимы даже в виде следов). Из органич. к-т в масле могут присутствовать нафтеновые и сульфонафтеновые, а также, особенно в работавших маслах, кислоты жирного ряда (уксусная, муравьиная, валериановая), при чем содержание последних, при известных условиях, может быть значительным. Согласно нормам, содержание органич. к-т ограничивается верхним пределом кислотного числа, устанавливаемым обычными химическими способами. Нормы этого верхнего предела сопоставлены в табл. 3, при чем числа в скобках представляют значения нормы по пересчету.

* В дальнейшем, в виду исключительного промышленного значения нефтяных продуктов типа легких веретенных масел, под И. м., если не сделано особой оговорки, будут разуметься только эти продукты.

Табл. 2. — Характерные числа смоляных и минеральных масел.

Род масла	Уд. в. при 3,15°	Иодное число	Показатель преломления при 18° n_D	Оптич. активность $[\alpha]_D$	Растворимость в двойном объеме абс. спирта в %	Растворимость в ацетоне
Смоляные . . .	0,97—1,0	43—48	1,535—1,550	+ 30 до + 50°, обескисленные +23°	50—100	Смешивается во всех отношениях
Минеральные смазочные . .	0,849—0,940	< 6; редко > 14	1,475—1,517	+ 3,1°; часто 0°	2—15 и более	Растворимость трудная

Табл. 3.—Верхний предел кислотного числа изоляционных масел.

Страны	Предельное кислотное число		
	считая на KOH	считая на олеиновую к-ту	считая на SO_3
СССР	0,2	[0,11]	[0,014]
С.Ш.А	0,1	[0,05]	[0,007]
Англия	2,0	[1,06]	[0,142]
Бельгия	Не нормировано		
Германия	0,2	[0,11]	[0,014]
Испания	0,2	[0,11]	[0,014]
Италия	[0,50]	0,25	[0,037]
Норвегия	Не нормировано		
Франция	[0,28]	[0,14]	0,02
Швейцария . . .	0,1	[0,05]	[0,007]
Швеция	[0,10]	0,05	[0,007]

Почти безразличная сама по себе, величина зольности служит гл. обр. мерою доброкачественности масла в отношении выделки и, до известной степени, в отношении стойкости при работе. Кроме того, гигроскопические нерастворимые соли могут образовать мостики при пробое. Предельная норма зольности в СССР установлена в 0,008%, в Германии и Швеции 0,001%, а в прочих странах зольность не нормирована.

Сера в И. м. может присутствовать в виде прочных соединений, сравнительно безвредных, и в виде соединений, легко ее отщепляющих, каковы: свободный сероводород, предельные алкилсульфиды $(C_nH_{2n+1})_2S$; тиофены, гидротиофены—так наз. тиофаны,—от $C_7H_{14}S$ до $C_{18}H_{30}S$; и, наконец, — в свободном состоянии (кристаллич. и аморфная сера). В последних двух видах сера действует на металлич. поверхности установок, особенно при длительном соприкосновении и нагреве. В нек-рых странах (СССР, С. Ш. А., Великобритания, Италия, Франция) присутствие этой так наз. активной серы считается безусловно недопустимым, и потому предписывается производить качественное испытание на следы активной серы; в других странах (Бельгия, Германия, Испания, Норвегия, Швейцария, Швеция) не считают нужным отвергать И. м. из-за ее присутствия.

Испытание И. м. на серу ведется путем 8-часового прогрева медной пластинки при 100° в испытуемом масле или накладыванием на блестящую серебряную монету остатка от прокалки испытуемого масла с металлическим натрием.

Натровая проба. Степень очистки И. м. определяется натровой пробой, состоящей в определении прозрачности испытуемого масла после омыления его в стандартных условиях едким натром и последующего добавления кислоты. Степень прозрачности и, соответственно, степень очистки оцениваются по трехбалльной системе.

Взвесь твердых частиц. В свежих маслах она состоит гл. обр. из обрывков и волокон фильтровальной бумаги фильтр-пресса и тонкой пыли адсорбера (силикагеля, флоридина или другой поглотительной глины), примененного при очистке масла. В работавших И. м. сюда еще присоединяются: диспергированные асфальтены и другие подобные образования; нерастворимые соли тяжелых металлов и кислот; продукты распадения изоляции (смолы, волокна обмоток и прокладки); пыль, затянутая «дыханием» трансформатора из помещений; сажа, карбоиды и карбены, образующиеся в трансформаторах при их пробое, а в выключателях—по условиям их нормальной службы.

Влага, присутствием которой чаще всего обусловливается мутность или белесоватость непостаревшего масла, ведет вместе с тем к крайнему ухудшению его качеств (электрич. крепости, текучести, малой осмоляемости и т. д.). При наличии непредельных соединений в И. м. влага легко эмульгируется, и тончайшие капли ее могут оставаться взвешенными в масле неопределенно долгое время.

Общие физико-химические свойства. Сам по себе удельн. вес И. м., при сравнительно малом различии отдельных его значений, не составляет важной константы, и знание его бывает нужно гл. обр. при различных аналитических подсчетах. Однако, он может служить косвенным признаком разных других свойств, в частности—теплового расширения И. м., весьма важного как причина дыхания трансформаторов и в смысле хранения И. м. Тепловой коэфф. расширения нефтяных продуктов убывает вместе с уд. весом.

Цвет и прозрачность И. м. частично характеризуют служебные качества их— степень очистки, постарения, содержания влаги и т. д. и потому д. б. учитываемы при изучении И. м. Цвет И. м. определяют при помощи одного из специальных колориметров (Штаммера, Штаммера-Шмита, Вильсона, Геллиге) с одноцветными окрашенными стеклами («марками») хромоскопа или хромометра Сейболта, колориметра Ловибонда (тинтометра) с разноцветными стеклами или же обычными колориметрами, в роде Дюбоска. Проверка марок

делается по эталонному раствору чистого двухромовокислого калия в 5 %-ной серной кислоте. Основной раствор содержит 0,000644 % K_2CrO_4, и столб его при высоте 404,6 *мм* соответствует марке Su. W. Полная цветовая гамма между двумя марками получается при последовательном изменении содержания соли на 0,1 %. Для темноокрашенных марок берутся растворы более концентрированные; напр. 0,003068 % для марки P. W. Сопоставление марок и торговых обозначений цветов нефтепродуктов дано в табл. 4.

Табл. 4. — Торговые марки и обозначения цветов изоляционных масел.

Марка торговая	Торговые названия	Марка Вильсона	*S* (число Штаммера) в *мм*	*H* (число Геллиге)	% K_2CrO_4 в растворе, имеющем при высоте 404,6 *мм* окраску соответствующей марки	Выс. столба, соответствующего стеклу Su. W. при выс. 404,6 *мм* (концентр. 0,000644 % K_2CrO_4)
W. W.	Water white, бесцветный как вода	1	310	12	0,000272	957,9
		1,5	255	15	0,000458	567,4
Su. W.	Superfine white, со слабым желтоватым оттенком	2	199	19	0,000644	404,6
P. W.	Prime white, желтый	2,25	172	22	0,001220	208,5
		2,5	143	26	0,001856	140,4
		2,75	115	32,5	0,002462	105,8
		3	86,5	43	0,003068	84,9
St. W.	Standard white, желтый как очень светлый чай	3,5	68	55	0,004351	59,9
		4	50	75	0,005634	46,2
G. M.	Good merchant, желтый как чай	4,5	—	—	0,009134	29,5
N. G. M.	Not good merchantable, как крепкий чай	5	—	—	0,012633	20,6

Примечание. Числа Штаммера (*S*) и Геллиге (*H*) связаны соотношением: $S = 3\,733{,}5 : H$.

Испаряемость. В И. м., как смесях веществ с различными $t°_{кип.}$, могут находиться компоненты с низкой $t°_{кип.}$ и если содержание их значительно, то такое масло, благодаря улетучиванию части своих компонентов, будет изменять свои свойства, в частности вязкость, уменьшать объем и даже может представлять опасность в пожарном отношении. Испытание И. м. на испаряемость имеет задачей установить количественно содержание всех компонентов, кипящих до определенной $t°$. Это испытание ведется путем весового определения потери массы маслом, прогреваемым в строго стандартизованных условиях. Стандартизации подлежат размеры и форма открытого сосуда, в к-рый наливается навеска масла, $t°$, способ и время прогрева. Один из стандартных способов (в Германии и в СССР) предлагает вести испытание в течение 5 ч. в приборе Гольде на ванне из 38,8 %-ного раствора NaCl ($t°_{кип.}$ ок. 107°) с обратным холодильником и слоем глицерина между фарфоровым стаканчиком и гнездом в ванне, а также в течение 2 ч. на анилиновой бане ($t°_{кип.}$ 184°). Англ. технические условия рекомендуют 8-часовой прогрев на толуоловой баче ($t°_{кип.}$ 110°, что дает $t°$ масла 100°) в приборе несколько иной конструкции. Америк. об-во испытания материалов разработало конструкцию вращающейся бани с электрическ. обогревом, принятую также и в Англии; испытание ведется в течение 5 часов при 163°, при чем прибор делает 5—6 об/м. Наиболее простой способ предложен Джиллем: кружок фильтровальной бумаги определенного сорта и определенных размеров хорошо высушивают до постоянного веса, смачивают 8 каплями масла и, после определенного прогрева взвешивают для определения потери. Требования различных стран в отношении испаряемости сведены в табл. 5.

Табл. 5. — Нормы испаряемости изоляционных масел.

Нормы	Страны: Англия	Бельгия	Испания	Италия	Франция	Швеция
Потеря на испарение в %	2 (сорт A), 3 (сорта B и C)	1,5	0,2	0,4	0,2	2,0
Время нагревания в часах	8	3	5	5	5	5
$t°$ прогрева	100°	170°	100°	100°	100°	100°
Количество масла	2 *г*	40 *см*³	150 *г*	150 *см*³	150 *г*.	—
Диаметр чашки в *мм*	35 (внизу) 38—41 (вверху)	50	60	60	60	—
Высота чашки в *мм*	83—85	37	100	100	100	100

Вспышка. Испытание на вспышку не представляет каких-либо особенностей (см. *Вспышка*). По нормам СССР и многих других стран, испытание ведется в закрытом сосуде помощью прибора Мартенса-Пенского; в некоторых странах требуется испытание в открытом сосуде. В отношении $t°$ вспышки единообразие в требованиях различных стран, как показывает табл. 6, не достигнуто.

Воспламенение. Темп-ра воспламенения И. м. до известной степени предуказывается температурою вспышки; необходимо, однако, иметь в виду, что как вспышка, так и воспламенение веществ, подобных

Табл. 6.—Нормы изоляционных масел.

Страны	$t°$ вспышки	Приборы
СССР	140° (сорт А) 155° (сорт В)	Мартенса-Пенского
С.Ш.А. . . .	143°	Кливленда открытый
Англия . . .	170° (сорт А) 155° (сорта В и С)	Мартенса-Пенского
Бельгия . . .	170°	Мартенса-Пенского
Германия . .	145°	Маркусона открытый
Испания . . .	160° (трансф.) 150° (выключ.)	Мартенса-Пенского
Италия . . .	140°	Мартенса-Пенского
Норвегия . .	145°	Маркусона открытый
Франция . . .	160°	Лушера
Швейцария .	145°	Маркусона открытый
Швеция . . .	145°	Мартенса-Пенского

И. м., может быть обусловлено не только их испарением, но и разложением при нагревании (крекинг), ведущим к образованию легко испаряемых продуктов. В действительной службе масел темп-ра воспламенения зависит в значительной мере от устройства тех установок, в которых масло содержится. Поэтому в большинстве стран (СССР, С. Ш. А., Германия, Норвегия, Швейцария и Швеция) $t°$ воспламенения вовсе не определяется. Смоляные И. м. отличаются более низкими $t°$ вспышки и воспламенения.

Разложение масла дугою. Вспышка и взрыв продуктов, выделяющихся из И. м., находится в совершенно особых условиях при образовании в масле мощных разрядов и в особенности дуг. Физич. механизм происходящих в этом случае процессов еще не выяснен, тем более что, кроме местного действия высокой $t°$, здесь действуют как разлагающие агенты, электрическое поле большой силы и притом колебательного характера, ударная газовая ионизация, м. б. возникающая при этом лучистая энергия коротких волн и присутствие катализаторов. Действие высокой температуры, изученное несколько более прочих факторов, выражается в расщеплении цепевых молекул, по схеме:

$$C_{2m}H_{2n} \rightarrow C_mH_{n+k} + C_mH_{n-k},$$

так что появляются, с одной стороны, молекулы, обогащенные водородом, а с другой—обедненные и, следовательно, более непредельные; в частном случае может выделяться и просто водород. Наряду с расщеплением идет образование циклическ. соединений. Быстрое охлаждение, присутствие катализаторов или наличие газовой фазы ускоряют реакцию в том или другом направлении, так что получаются в качестве продуктов пиролиза с одной стороны водород, метан и углистое вещество, в виде дисперсной в масле сажи, а с другой—ароматич. и полициклические углеводороды, а также крайний предел их—кокс. Смоляные И. м. от воздействия дуги обугливаются сильнее, чем нефтяные, и потому в качестве выключательных они считаются непригодными.

Вязкость. В большинстве случаев применения от И. м. требуется возможно малое внутреннее трение (η) или возможно большая текучесть (подвижность), характеризуемая величиною $f = \frac{1}{\eta}$. Это требование вытекает из охлаждающей функции И. м., при чем перенос тепла достигается конвекционными токами. Однако, большая текучесть идет антидромно температуре вспышки и воспламенения и синдромно электропроводности, так что требование большой текучести естественно ограничивается. При этом д. б. учитываемо изменение текучести от добавления к И. м. каких-либо примесей, и в частности при смешивании двух масел. Присутствие эмульгированных веществ, и в частности воды (до 0,5—1 %), мало изменяет вязкость смеси, но при изменении вязкости может получиться преувеличенное значение. Практически весьма важно изменение вязкости с $t°$. Образующиеся в И. м. мыла повышают вязкость, и для загустения И. м. предложено вводить суспензии или растворы солей кальция или магния при нагревании. Определение вязкости И. м. производится помощью одного из вискозиметров, причем, согласно нормам СССР, Бельгии, Германии, Испании, Италии, Норвегии, Швейцарии и Швеции, применяется вискозиметр Энглера, в С. Ш. А.—Сейболта, в Англии—Редвуда; во Франции нет установленных норм. Пересчет с одного прибора на другой может производиться по таблицам или графически (см. *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 34—36).

Огустевание масел. Быстрое нарастание вязкости И. м. после снижения $t°$ до определенной области служит признаком поворота к огустеванию, т. н. затвердеванию. Отвердевание И. м. ведет не только к повышению вязкости в тысячу и более раз, но и к глубокому изменению электрич. свойств, особенно когда процесс застывания не дошел до конца и масло стало неоднородным. Тут обнаруживается значительное понижение электрической крепости и возрастание диэлектрич. потерь. Застывание выключательных масел представляет еще бо́льшую опасность, т. к. механическая задержка подвижных частей выключателя ведет к более длительной дуге, к медленному заполнению образовавшегося пустого пространства (что опять делает дугу более длительною) и, наконец, к затрудненному выделению газов, к-рые при этих условиях образуются в особом изобилии. Все эти обстоятельства могут повести к взрыву выключателя. В кабелях отвердевание масла может представлять опасность вследствие изменения электрич. свойств изоляции—повышения диэлектрич. потерь и снижения электрич. крепости; м. б. также не безразлично нек-рое повышение диэлектрического коэффициента. Требования, предъявляемые к И. м. в отношении $t°_{отв.}$ в разных странах различны (табл. 7). Это различие объясняется не только климатическими условиями (для И. м., работающих в неотопляемых помещениях, на открытом воздухе или под землею), но и экономическ. соображениями. В СССР технич. условия требуют $t°_{отв.}$ не

Табл. 7.—Нормы застывания изоляционных масел.

Страны	$t°_{отв.}$	Метод определения
СССР	−18°	Охлажденную пробирку с маслом держат при −18°, затем наклоняют ее на 45°, не вынимая из холодильника. Уровень масла при этом не должен изменяться
С. Ш. А. . .	−6,7°	Охлажденную пробирку с маслом приводят в горизонтальное положение и держат 5 ск. Уровень масла при этом не должен изменяться
Англия . . .	−5° (сорта А и В); −20° (сорт С) с допуском 5°	Охлажденную пробирку с маслом приводят в горизонтальное положение и слегка постукивают. Уровень масла при этом не должен изменяться
Бельгия . . .	−15°	
Германия . .	−5° (трансформаторы); −15° (выключатели)	Охлажденную пробирку наклоняют. Уровень масла при этом не должен изменяться
Испания . .	−5° (трансформаторы); −20° (выключатели, помещаемые на открытом воздухе)	
Норвегия .	−5° (трансформаторы, выключатели, помещаемые внутри); −20° (выключатели, помещаемые на открытом воздухе)	
Франция . .	−5°	
Швейцария .	−25°	5 $см^3$ масла наливают в пробирку, диам. 15 *мм* и длиной 150 *мм*, и ставят на 10 мин. в охладительную смесь с $t°$ −20°. Затем пробирку вынимают и тотчас опрокидывают. Масло д. б. настолько текучим, чтобы нижняя точка стекающего язычка его прошла путь в 10 *см* не более чем в 10 ск.
Швеция . . .	−5° (сорт А); −30° (сорт В), с допуском 5°	

выше −20°, но в отдельных случаях для установок на открытом воздухе эксплоатация ставит условием неотвердевание масел даже при −60°.

Постарение И. м. Образование осадков. Свойства И. м., несущих свою службу, с течением времени ухудшаются: масла «стареют», или, как говорят не совсем удачно, осмоляются, при чем характер и скорость процесса постарения бывают весьма различны и зависят от конструкции и материалов заливаемой ими установки, условий работы, свойств и способов переработки масла. Постарение И. м. выражается следующими внешними признаками: масло увеличивает свою вязкость, кислотность, а иногда—зольность, темнеет и из светложелтого или желтого становится красно-бурым, нередко мутнеет, снижает свою электрическую крепость и изолирующую способность, увеличивает содержание воды, кислот, смол; вместе с тем, установка, как говорят, гудронируется: обмотки, магнитопроводы и другие части обрастают буро-коричневым асфальтоподобным слоем, препятствующим циркуляции И. м.; на дне установки скопляются осадки (ил, шлам) от желтого до бурого и даже черного цвета, вода, жирные к-ты (уксусная, муравьиная, валериановая). С течением времени, как показывает эксплоатационный и лабораторный опыт, эти признаки выступают ускоренным темпом, так что кривые образования подобных осадков или выделений сначала стелются вдоль оси времени, а затем начинают все круче подниматься кверху.

Согласно классификации Родмана, осадки И. м. делятся на 3 группы: 1)Асфальтовые осадки, темнокоричневого или бурого цвета, происходящие от окисления масла; эти осадки не содержат так наз. свободного углерода, во многих случаях могут быть растворены керосином, спиртом и т. д. и, обладая изоляционными свойствами, не представляют непосредственной опасности в электрич. отношении, но могут причинить вред вследствие задержки циркуляции масла. 2) Мыловые осадки, от светлого до темнобурого цвета, образующиеся из металлов установки (медь, железо, марганец, свинец) и кислот, имеющихся или возникающих в масле; эти мыла, обладая сродством к воде, непосредственно опасны. 3) Углистые осадки, черного цвета, происходящие от дуги и от короны в масле; дуга высокого напряжения дает тонкую пыль углистого вещества, сравнительно мало опасную; дуги низкого напряжения дают осадки в виде крупных хлопьев, сильно понижающих качества масла; наконец, дуга, образующаяся возле поверхности масла, ведет к образованию ографиченного угля, который обладает хорошей проводимостью. Кроме того, по указанию Дигби, в некоторых случаях в осадке получаются также кристаллические кислоты насыщенного характера со средним молекулярным весом 291.

Причины постарения. Исходная причина большинства явлений постарения лежит в кислороде, тогда как все прочие факторы ускоряют этот основной процесс окисления. Даже длительный прогрев масла при полном устранении кислорода не ведет к заметному постарению (например при прогреве масла в продолжение 14 000 часов, растянутых на семь лет, при 150°, не

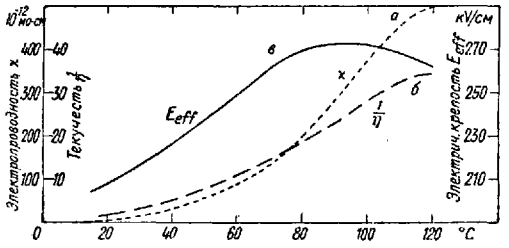
появилось ни осадка, ни кислоты, ни воды). Однако, наряду с процессами, идущими от окисления, необходимо учитывать также конденсирующее и полимеризующее действие полей высокого напряжения (см. *Вольтолевые масла*), ведущее в кабелях и трансформаторах к образованию восковидных выделений и осадков и не нуждающееся в кислороде. Основные реакции в установках с И. м. протекают по схеме:

Масло + кислород → кислоты масла
К-ты масла + кислород → асфальтоподобн. вещества
К-ты масла + тяжелые металлы → мыла

Испытание масел на постарение. Сложность и изменчивость процесса постарения исключают возможность найти какой-нибудь один признак, по которому можно было бы судить наперед о дальнейшем поведении масла в условиях действительной службы. Предлагавшиеся и отчасти применяемые (так называемые сокращенные) способы испытания дают лишь некоторое представление о склонности масла к образованию осадков. Таковы: окисление перекисью натрия (СССР, Германия—AEG), установление иодного числа масла (Великобритания), измерение капиллярной постоянной на границе соприкосновения с концентрированной серной к-той (Великобритания). Т. к. *иодным числом* (см.) характеризуется отчасти содержание соединений с двойными связями, а эти соединения реагируют с серной к-той, образуя на поверхности раздела пленку, существенно меняющую поверхностное натяжение масла, то В. Г. Неттал (W. H. Nuttal) предложил чрезвычайно быстрое (требующее от 25 до 50 мин.) испытание масел на осмоляемость, состоящее в измерении поверхностного натяжения их на границе с 40%-ной серной к-той.

Полные способы испытания на старение. В сокращенных способах испытания И. м. на постарение быстрота испытания достигается путем чрезмерного усиления какого-либо из факторов, вызывающих этот процесс, или же использования новых факторов. Между тем, при недостаточном знании реакции старения нельзя быть уверенным в сходстве результатов искусственного и естественного процессов. Поэтому во всех странах нормальными считаются испытания, в к-рых искусственные условия старения подобраны несколько более мягкие и близкие к естественным, за счет соответственного удлинения времени испытания. При испытании на постарение И. м. прежде всего необходимо различать его наличное состояние, характеризуемое его смоляным числом, и склонность к дальнейшему смолообразованию, характеризуемую числом осмоления, или так называемой осмоляемостью; последняя устанавливается по количеству смол, образовавшихся после той или другой нормализованной обработки масла путем искусственного постарения. В настоящее время оба числа определяются лишь в Германии, тогда как по нормам прочих стран считается достаточным знать число осмоления. Процесс старения в полном виде ведется через окисление нагретого масла в присутствии катализатора в виде медной пластинки; в испытаниях некоторых стран специально добавленный катализатор отсутствует, количество притекающего воздуха уменьшается, но зато удлиняется время испытания на старение и понижается предел допускаемого осадка. Сводка данных о нормах испытания И. м. на осмоляемость приведена в табл. 8. Как показывают многочисленные исследования, способы испытания, принятые в разных странах, не эквивалентны и могут даже в некоторых случаях повести к противоречивым выводам о качестве двух сравниваемых И. м. Сравнение различных способов между собою склоняет исследователей к признанию большинства применяемых способов с продуванием воздуха или кислорода (типа Кислинга или Мичи) недостаточно отвечающим действительным условиям службы, при чем швейцарский способ оценивается как более удачный. Однако, есть склонность длительный прогрев (более 300 часов) еще удлинить, и опыты ведутся с 500- и даже 1 000-часовым нагревом. С другой стороны, высказываются соображения, что при испытании не должно быть исключаемо действие электрического поля на И. м.

Электрические свойства. Электропроводность. Нефтяные И. м., если они не загрязнены посторонними примесями, характеризуются высоким электрическим сопротивлением. У нефтяных И. м. удельное сопротивление колеблется при 20° в пределах $1{,}5\cdot10^{12} \div 2{,}3\cdot10^{12}$ Ω-*см*, но быстро падает с повышением температуры. Электропроводность буро- и каменноугольных И. м. значительно больше, чем нефтяных. Механизм проводимости И. м. не изучен достаточно и д. б. сложным, так как И. м. представляют сложные системы из растворенных и диспергированных веществ, содержащие, кроме того, некоторое количество



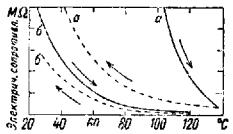
Фиг. 1.

электролитов. У очищенных сухих масел проводимость, как полагают, обусловлена электролизом солей и к-т, содержащихся в масле. Это подтверждает отчасти синдромность между кислотными числами и электропроводностью ряда масел и, кроме того, возрастанием проводимости с $t°$, при чем возрастание проводимости идет синдромно возрастанию текучести, как это бывает вообще у электролитов. На фиг. 1 представлена, по К. Дрегеру, связь $t°$ с электропроводностью (кривая *а*), текучестью (кривая *б*) и электрич. крепостью (кривая *в*) трансформаторного масла; как видно из этих кривых, с повышением $t°$ электропроводность и текучесть И. м. заметно возрастают. При больших напряжениях, близких к пробойным, характеристика тока в И. м. имеет

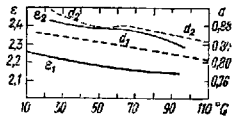
Табл. 8.—Нормы осмоляемости изоляционных масел.

Страны	Количество осадка	t°	Длительность нагревания	Окисляющий газ	Катализатор	Типы сосуда	Колич. масла	Метод отделения и определения осадка	Применение сокращенного метода	Определение кислотности после нагревания	Влияние на изолирующие материалы
СССР	0,2 %	120°	70 ч.	Воздух, 3 л в час	Медная пластинка	Круглодонная стеклян. колба диам. 76 мм	100 см³	Осаждение петролейным эфиром; определение % осадка по весу	Окисление перекисью натрия	—	—
Америка	Следы	120°	До появления первых следов	Воздух, 40 л в час	Нет	Стеклянный цилиндрич. сосуд	1 000 см³	Осаждение в центрифуге; определение по объему	—	—	—
Англия	Сорт А—0,1% » В—0,8 » С—не нормировано	150°	45 ч.	Воздух, 3 л в час	Поляризованная чистая медная пластинка	Круглодонная стеклян. колба диам. 76 мм	100 см³	Осаждение петролейным эфиром; определение по весу	—	—	—
Бельгия	Не д. б. заметного осадка на фильтре	170°	5 ч.	Воздух, без движения	Нет	Стеклян. стакан диам. 50 мм	40 см³	—	—	—	—
Германия	0,2 %	120°	70 ч.	Кислород, 2 пузырька в ск.	Нет	Стеклянная колба Эрленмейера на 300 см³	150 г	Осаждение едким натром и соляной к-той; определение по весу	Окисление перекисью натрия	—	—
Италия	Следы	110°	300 ч.	Воздух, без движения	Медная сетка	Пробирка диам. 25 мм и длиною 100 мм	40 г	—	—	Кислотность не более 0,25, считая на олеиновую к-ту	После нагревания масла с бумажной нитью в теч. 300 ч. при 110° в медн. сосуде пониж. механ. прочности нити не д.б. >40%
Норвегия	0,15—0,30 %	120°	70 ч.	Кислород, 2 пузырька в ск.	Нет	Стеклянная колба Эрленмейера на 300 см³	150 г	Осаждение едким натром и соляной к-той; определение по весу	—	—	—
Франция	Через 5 ч. нет осадка, через 50 ч. следы, через 125 ч. 0,15%	150°	5—50—125 ч.	Воздух, без движения	Нет	Пробирка	20 см³	Определение по весу	—	—	—
Швейцария	Через 168 ч. никакого осадка, через 334 ч. 0,3 %	150°	168 - 334 ч.	Воздух, без движения	Медь	Цилиндрич. сосуд из листовой меди	1 000 см³	Осаждение в центрифуге; определение по объему	—	Через 168 ч. кислотность не более 0,3; через 334 ч.— не более 0,4	Понижение механич. прочности бумаж. нити не более 20% через 168 ч. и не более 30% через 334 ч.
Швеция	Сорт I—0,12% с допуск. 0,03%; сорт II—0,25% с допуск. 0,05%	120°	70 ч.	Кислород, 2 пузырька в ск.	Нет	Стеклянная колба Эрленмейера на 300 см³	150 г	Осаждение едким натром и соляной к-той; определение по весу	—	—	—

тот же характер, что и в газах (ток насыщения). Градиент потенциала между плоскими электродами оказывается меняющимся в зависимости от места, так что масло становится в отношении тока подобным газу. Электропроводность И. м. по своей ничтожности м. б. важной главн. образом при оценке диэлектрич. потерь в И. м. От содержания нафтеновых кислот электропроводность масел увеличивается сравнительно мало. Гораздо сильнее действуют в этом смысле нафтенаты и фенолаты, повышая одновременно и электропроводность и вязкость. Наряду с электролитич. (и м. б. газоударным) прохождением тока через И. м. в них существует проводимость электрофоретическая через перенос капелек воды и других жидкостей, газовых пузырьков и механически взвешенных частиц—пылинок, волокон адсорбера, а также продуктов распадения масла (углистых частиц, копоти, металлической пыли, осаждающихся мыл и т. д.); необходимо также учитывать более тонко-дисперсные фазы (напр. кристаллики парафина) которые качественно и количественно зависят от $t°$ масла. Далее, возможен, особенно при высоких градиентах, перенос электрическ. масс молекулами самой жидкости через электрич. конвекцию (электрич. ветер) и через тепловую конвекцию. В И. м. наблюдаются также фотоэлектрич. токи, объясняемые, быть может, в связи с огромным развитием металлич. поверхностей на частицах адсорбера. Наконец, возможны и электрич. явления флуоресценции — электрич. токи, возникающие от облегченной ионизации И. м. через флуоресценцию. Однако, все эти явления при освещении И. м. ультрафиолетовыми, радиевыми и другими излучениями весьма слабы.



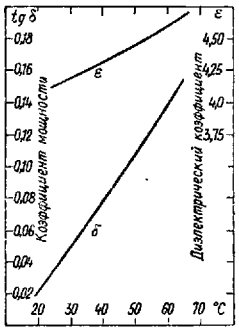
Фиг. 2.



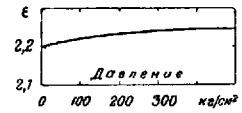
Фиг. 3.

Неоднородность строения И. м. ведет к изменению свойств их при тепловой тренировке. Это было указано в отношении $t°_{отв.}$ и относится также к сопротивлению И. м., уменьшающемуся при повышении $t°$ и возрастающему при понижении ее, как показывают кривые *а* и *б* фиг. 2 (по Дигби и Меллису); относящиеся к двум сортам трансформаторного масла ветви, соответствующие возрастанию $t°$ (сплошные), далеко не совпадают с ветвями ее обратного хода (пунктирные).

Диэлектрические коэффициенты. Диэлектрич. коэфф. нефтяных И. м. невелик и колеблется в пределах 2÷2,5. Поэтому в общепринятых нормах достаточно малое значение его считается обеспеченным самим составом И. м. и не подлежит особой поверке. С возрастанием $t°_{кип.}$ нефтяного погона диэлектрич. коэфф. слегка возрастает, а при очистке погонов, напротив, слегка убывает. При повышении $t°$ диэлектрич. коэфф. убывает, при чем наблюдается хорошо выраженная синдромность с изменением уд. в. На фиг. 3 представлены, по В. Кларку и Дж. Шенклину, графики зависимости диэлектрич. коэфф-та ε и уд. в. d от $t°$ для каждого минерального масла (ε_1, d_1) и состава для пропитки кабельной изоляции (ε_2, d_2). На фиг. 4 дан, по В. Бетману, график зависимости диэлектрического коэфф-та ε для изоляции из четырех слоев пресшпана и парафинового масла от $t°$ (график ϱ относится к коэфф-ту мощности). Диэлектрич. коэфф. И. м. зависит также от давления, а именно, возрастает с давлением (как и следовало ожидать в виду увеличения плотности). На фиг. 5 представлена (по Р. Ортвею) такая зависимость для вазелинового масла. Зависимость диэлектрич. коэфф-та И. м. от примесей мало изучена, но



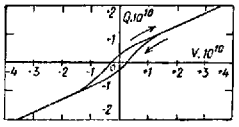
Фиг. 4.



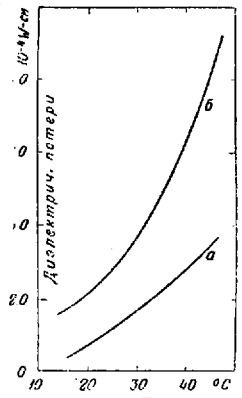
Фиг. 5.

при том количественно небольшом содержании примесей, которое может встретиться в И. м., не д. б. значительной, так как диэлектрич. коэфф. смеси эмульсий и растворов в первом приближении может считаться следующим правилу смешения.

Диэлектрические потери. Как среды неоднородные и обнаруживающие электропроводность и накопление объемных зарядов в поле, И. м. должны рассеивать энергию переменного поля. На фиг. 6 представлена для примера (по М. Ф. Гоору) зависимость между напряжением и зарядным током конденсатора с хорошо дегазированным керосином; из необратимости хода этой кривой видно, что даже в керосине, т. е. сравнительно однородном веществе, возникают диэлектрич. потери. Диэлектрические потери в И. м. быстро возрастают с $t°$ и с градиентом, но зависимость от частоты, в пределах технических частот, невелика. На фиг. 7 показана (по Л. Пунгсу) зависимость



Фиг. 6.



Фиг. 7.

диэлектрич. потерь от $t°$ для трансформаторного масла; кривая *а* относится к градиенту 13,5 kV/*см* при частотах 30 и 50 пер/ск., а кривая *б*—к градиенту 19,65 kV/*см* при частоте 50 пер/ск. Зависимость коэффициента мощности от $t°$ для изоляции из четырех слоев пресшпана и масла показана кривою *δ* на фиг. 4. В америк. маслах коэфф-т

мощности падает в резких случаях от 0,03 до 0,44. По сообщению А. А. Смурова (1929 г.), в темп-рном промежутке от 25—30° до 100—110° зависимость tg δ от температуры выражается в ряде исследованных им масел ур-ием вида

$$\operatorname{tg}\delta = aT^n,$$

где параметры a и n зависят от рода масла и степени его постарения (табл. 9). При

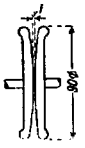
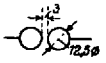
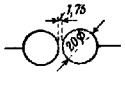
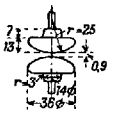
Табл. 9. — Значения параметров a и n в уравнении $\operatorname{tg}\delta = aT^n$.

Род масла	a	n
Сырой дестиллат	0,065·10	2,77
Эмбенское масло Константиновского завода	0,128·10	2,97
	0,199·10	2,69
	0,525·10	2,59
	3,716·10	2,32
	0,426·10	2,65

постарении масла от нагревания и продувания воздуха диэлектрич. потери прогрессивно растут, равно как и кислотность, но первые растут быстрее последней. Фильтрованием постаревшего масла можно понизить значение диэлектрических потерь.

Электрическая крепость. И. м. применяются почти исключительно как изоляционный материал в установках высокого напряжения, и потому электрич. крепость должна считаться их важнейшим техническим качеством. Это свойство, однако, оказывается весьма изменчивым в зависимости от ряда условий, при к-рых происходит пробой (рода и сорта масла, степени влажности, загрязненности, $t°$, давления, толщины пробиваемого слоя, формы и размеров поверхностей, между к-рыми происходит разряд, расположения их относительно вертикали). На табл. 10 дана сводка полученных наибольших значений электрич. крепости с указанием формы применявшихся при этом электродов. (Однако, испытания такого рода, при всей тщательности опыта, дают результаты, не доходящие до возможных в условиях действительной службы масел.)

Табл. 10. — Электрическая крепость изоляционных масел.

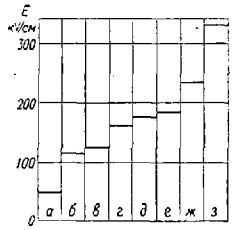
Исследователь	Форма электродов	Наибольшая достигнутая электрическая крепость, $kV_{eff}/см$	Условия пробивания	Литературный источник
Фризе		230	Этот искровой промежуток был применен только для определения наивысшего значения. Приведено значение по первому пробою	Friese, «Wissensch. Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern», B., 1921, B. 1, 2
Гайден и Эдди		330	По 160 пробоям	Hayden u. Eddy, «JAIEE», 1922, Febr.-July
Шретер		330	—	Schröter, «Archiv für Electrotechnik», B., B. 12
Шпат		220	—	Spath, ibid., 1923, B. 12, 4
Энгельгардт		330	—	Engelhardt, ibid., 1924, B. 13, 3
Дрегер		[391]* 4:0	—	Dräger, ibid., B. 13, 5
Циммерман		330	По 162 пробоям. Искровой промежуток согласно предписаниям германского Союза электротехников (V.D.E.) (прибор для испытания масел S.S.W.)	Zimmermann, ibid., 1925, B. 13, 3

* Значение в скобках получено для приведенного междуэлектродного расстояния.

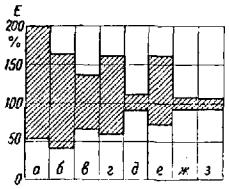
Из многочисленных испытаний, нормированных в СССР, следует, что при дисковых электродах и расстояниях между ними в 2,5 *мм*, хорошо просушенные И. м. обладают электрич. крепостью до 200 $kV_{eff}/см$, но лишь при условии специальной сушки; обыкновенные же хорошие масла характеризуются электрической крепостью порядка 120—140 $kV_{eff}/см$. Нижний предел допустимых значений электрической крепости при указанных условиях пробоя нормируется в 90 $kV_{eff}/см$ при междуэлектродном расстоянии 2,5 *мм*. Масла, не удовлетворяющие этому требованию, подлежат браковке впредь до обезвожения. Постаревшие или несколько влажные масла имеют обычно электрич. крепость порядка 20—40 $kV_{eff}/см$, и редко их электрическая крепость падает ниже, но после просушки она в большинстве случаев поднимается не менее чем до 90 $kV_{eff}/см$.

Смоляные масла по электрической крепости стоят выше нефтяных, но сравнение делалось лишь для масел, не подвергавшихся специальной очистке; такие масла характеризуются электрическ. крепостью не менее 80 $kV_{eff}/см$. В отношении масел одного и того же химич. характера электрич. крепость антидромна среднему мол. весу и, следовательно, антидромна вязкости. Так, например, масла возрастающей вязкости от 3,8 до 20° $Э_{20}$ были пробиты, по наблюдению Брета, при одинаковой толщине слоя напряжением 40 kV соответственно через 60, 30 и 5 ск. Более легкая пробиваемость масел большего мол. веса есть естественное следствие большей легкости разрыва более длинных атомных цепей. По той же причине электрич. крепость масел с открытою цепью меньше, чем у масел циклич. строения, что в особенности сказывается в смоляных маслах.

При испытании И. м. на электрическую крепость значение пробойного напряжения все время колеблется в пределах 40—45 % от среднего. Обычно наблюдаемые при испытаниях колебания электрической крепости обусловлены не ошибками наблюдателя, а внутренней неоднородностью И. м., при чем она выступает тем заметнее, чем неоднороднее поле. Это ведет к практическому выводу о желательных условиях пробоя при испытании: если испытанием на пробой хотят установить электрич. крепость испытуемого И. м. как вещества, то необходимо воспользоваться полем по возможности однородным, т. е. дисковыми электродами с закругленным краем; если же требуется охарактеризовать наличное состояние данного масла и в частности—степень его загрязненности, то пробивающее поле должно быть неоднородным. На фиг. 8 дана, по Шретеру,



Фиг. 8.

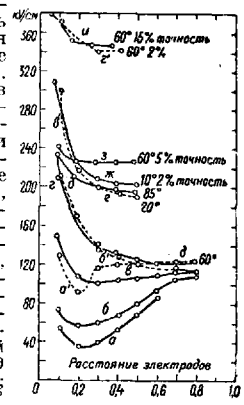


Фиг. 9.

диаграмма средних значений электрич. крепости одного и того же масла, но при разных степенях очистки, а на фиг. 9—колебания ее в отдельных испытаниях.

Здесь *а* относится к загрязненному маслу, *б*—к очищенному через глиняный фильтр, *в*—к очищенному центрифугой, *г*—к пропущенному через обыкновенный фильтр, *д*—к пропущенному через мембранный фильтр, *е*—к проваренному, *ж*—к профильтрованному через твердый фильтр однократно и *з*—при двукратном фильтровании.

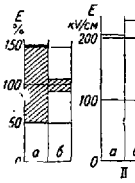
Подобные же кривые, полученные В. Шпатом, показывают зависимость электрической крепости от толщины слоя при последовательных очистках масла (фиг. 10).



Фиг. 10.

Сплошные кривые относятся к одному маслу (вязкость 2° Э., $t°$ воспламенения 165°), а пунктирные—к другому, близкому по свойствам к первому (вязкость 1,86° Э.); при этом каждая точка получена как среднее из шестикратного пробоя. Значение букв: *а*—масло в доставленном состоянии; *б*—центрифугированное, очищенное керосином и бензином и освобожденное от грубых волокон; *в*—масло *б*, прогретое при 115° в течение 2 часов, отфильтрованное через волосяное сито в 900—1 500 отверстий/$см^2$ и медленно охлажденное до 20°; *г*—масло *в*, но при 60°, когда электрическая крепость достигает наибольшего значения; *д*—масло *в*, многократно профильтрованное через бумажный фильтр при 40°; *е*—масло *д* при 60°; *ж*—масло *д* при 35°; *з*—масло, прогретое при 115° в течение 4 часов, затем при 60° в течение 36 часов, профильтрованное через специальный бумажный фильтр Цейсса, который употребляется для очистки канадского бальзама, и затем медленно охлажденное до 20°; *и*—масло *з*, но при 60°. Измерения *а*, *б*, *в*—воспроизводимы лишь с точностью до 10—20%, при междуэлектродном расстоянии 0,5—1 *см*, *и*—с точностью до 50 — 100% при междуэлектродном расстоянии 0,1—0,5 *см*; минимум при 0,2—0,5 *см* объясняется особенно благоприятными условиями для образования мостика из волокон и прочих загрязнений. Со степенью чистоты возрастает не только среднее значение электрич. крепости, но и точность повторения испытания; *г*, *д*, *е* дают точность 5—10%, *ж*, *з*, *и*—точность 1,5%.

Самые ничтожные примеси в масле, в особенности влага и растительные или асбестовые волокна, вредные гл. обр. по причине адсорбированной на их поверхности влаги, существенно понижают крепость масла. Точно так же необходима совершенная чистота электродов; на фиг. 11 показано колебание (I) и среднее значение (II) электрич. прочности масла, предварительно пропущенного через твердый фильтр, при чем *а* относится к электродам просто отполированным, а *б*—к тем же электродам, но тщательно очищенным. Резкий эффект даже ничтожного содержания капелек влаги (поперечником ок. 5 или 10 μ) с адсорбированной влагой объясняется втягиванием этих загрязнений, вследствие их большого диэлектрическ. коэфф-та, в междуэлектродное пространство и, следовательно, повышением их концентрации; напротив, сухие волокна и газовые пузырьки выбрасываются отсюда и потому вреда не причиняют. Зависимость электрич. крепости E (в kV/*см*) масла от содержания в нем влаги (p %) выражается гиперболически, по Фризе:

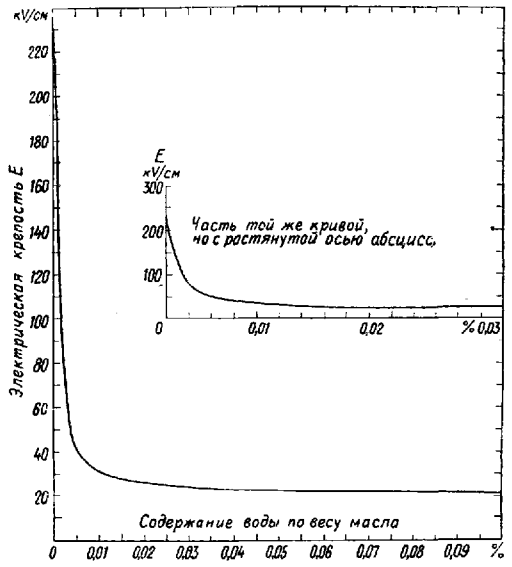


Фиг. 11.

$$E = \frac{0,11}{p} + 20;$$

см. также кривую на фиг. 12. По данным AEG содержание воды в 0,01 % понижает крепость масла вдвое, 0,10 %—в 15 раз, а 0,5 % уже доводит крепость до практически

не меняющегося далее значения, вероятно вследствие выпадения прибавляемой в дальнейшем влаги на дно. Существенная связь электрической крепости И. м. с влажностью сказывается на большой изменчи-

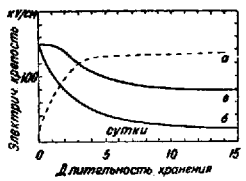


Фиг. 12.

вости этой крепости в зависимости от условий хранения. По Э. Швабе, электрическая крепость И. м. (уд. вес 0,890, $t°_{отв.}$ —15°, вязкость 5—8° Э.), при нахождении его в атмосфере с 90% влажности, принимает последовательные значения:

Срок хранения в сутках	0	1	2	3	4	5
Электрич. крепость в kV/см	149,6	59,6	42,4	40,2	24,4	23.2

На фиг. 13 (по Фризе) показана зависимость электрич. крепости масла от длительности хранения его при комнатной $t°$: *в*—просушенного масла во влажн. воздухе с 80% относительной влажности; *б*—того же масла над водой в количестве 0,05% от веса масла, *а*—влажного масла в воздухе с 18% влажности. При более высокой $t°$ возрастание крепости происходит в течение часов. На фиг. 14 показана зависимость напряжения пробоя образца масла от времени сушки при 110°. С другой стороны, повышение до 110° при



Фиг. 13.



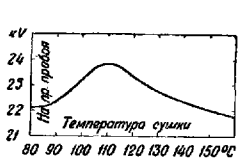
Фиг. 14.

одном и том же времени сушки тоже дает увеличение электрической крепости; однако, при нагревах, превосходящих 110°, происходит довольно быстрое падение крепости, очевидно, в связи с процессом разложения масла и, возможно, при этом увеличения влажности. На фиг. 15 представлена эта зависимость для длительности сушки в 1 ч.

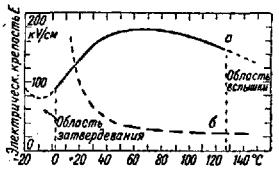
Значение времени нагрузки. Электрическая прочность изоляции трансформатора зависит также от времени τ (в мин.), в течение которого приложено напряжение, согласно исследованиям Монтсингера:

$$E_\tau = E_1\left(\frac{E_\infty}{E_1} - \frac{1-\frac{E_\infty}{E_1}}{\sqrt{\tau}}\right),$$

где E_1—электрическ. крепость при нагрузке, длящейся 1 мин., E_∞ — электрич. крепость при нагрузке бесконечно долгой, а E_τ—



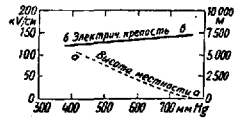
Фиг. 15.



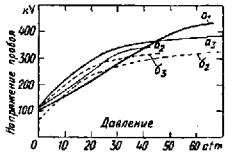
Фиг. 16.

электрич. крепость при нагрузке, длящейся τ минут. Постоянная E_∞/E_1 для различных масел оказывается весьма различной.

Значение температуры. Зависимость электрич. крепости от $t°$ масла в первом приближении может рассматриваться как линейная, с положительным коэфф-том ок. 0,13 kV/*см* на 1° (по америк. данным). По Фризе, этот коэфф. при комнатной $t°$ равен 1,5—3 kV/*см* на 1°. Это различие данных, вероятно, объясняется тем, что они относятся к маслам разного происхождения и



Фиг. 17.



Фиг. 18.

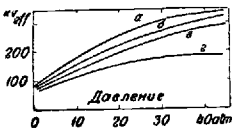
состава, а главное—разной степени просушки. Кривая *а* на фиг. 16 (по Фризе) и кривая *в* на фиг. 1 показывают ход изменения электрич. крепости нек-рых масел в зависимости от $t°$. Соответственная кривая вязкости *б* на фиг. 16 идет антидромно с нею (соответственно, кривая текучести *б* на фиг. 1 идет синдромно). Кривая проводимости *а* на фиг. 1 тоже идет синдромно электрич. крепости. Отсюда явствует, что электрич. сопротивление и электрич. крепость—свойства не только не близкие между собой, но даже противоположные.

Значение давления. Электрич. крепость зависит также от гидростатического давления, испытываемого маслом в области пробоя, и, следовательно, от зеркала масла, от высоты местности над уровнем моря и от наличного барометрического давления. В первом приближении зависимость от давления B, выраженного в *мм* Hg, дается соотношением:

$$E = 86 + 0{,}08\,B\,.$$

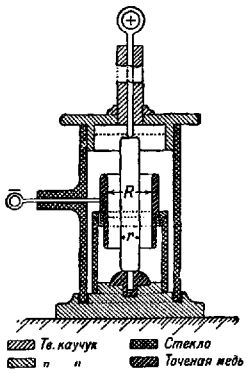
Т. о., даже обычные суточные колебания барометрич. давления ведут к колебаниям электрич. крепости масла ~ 2 %. На фиг. 17 (по Фризе) представлена зависимость электрической крепости E от барометрич. давления B (кривая *б*) и высоты местности H

от давления B (кривая a). На основании этих двух кривых м. б. связаны между собою для каждого случая электрич. крепость и высота местности. На фиг. 18 даны графики, связывающие напряжение пробоя различных И. м. (цилиндрич. электроды с диаметрами 19 и 16 *мм*) с давлением, при чем a_1 — трансформаторное масло AEG при 18°; a_2 и $б_2$—трансформаторное масло гаргойль при 20° (вязкость 4,24° Э., уд. в. при 23,5° 0,853, теплоемкость при 15° 0,469); a_3 и $б_3$—касторовое масло при 17,0° и керосин при 17,8°; сплошные кривые относятся к пробою с буферным сопротивлением 80 Ω, а пунктирные—без сопротивления.



Фиг. 19.

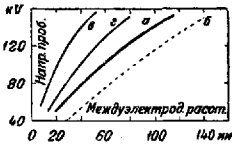
Наконец, зависимость пробойного напряжения от давления меняется с видом поля, как это видно из кривых фиг. 19 для масла гаргойль (по Ф. Коку); электроды цилиндрические с диаметрами 19 и 16 *мм*; a относится к синусоидному переменному напряжению 60 пер/ск. при буферном сопротивлении и 18°, $б$—к тому же напряжению при 21,5°; $в$—к переменному напряжению 20 пер/ск. при 21,5°; наконец, $г$—к постоянному напряжению, при чем внутренний цилиндр был с положительным потенциалом (значение формы поля и длины искрового промежутка). Электрич. крепость И. м. зависит от формы поля (что практически сводится к форме электродов) и от междуэлектродного расстояния, при чем эти факторы приходится всегда рассматривать вместе. В отношении цилиндрических электродов, например конструкции Циппа (фиг. 20), электрическая крепость в $kV_{max}/см$ выражается соотношением Пика:



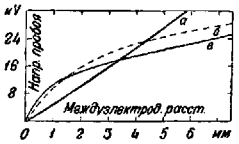
Фиг. 20.

$$E = 36\left(1 + \frac{1{,}2}{\sqrt{r}}\right),$$

где r — радиус внутреннего стержня разрядника, R—радиус отверстия внешнего цилиндра и $R : r < 3{,}5$. Зависимость пробойного напряжения от междуэлектродного расстояния при различных электродах представлена кривыми Э. Ведмора (фиг. 21) и

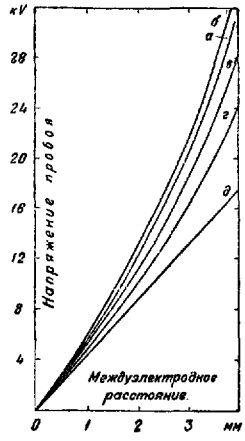


Фиг. 21.



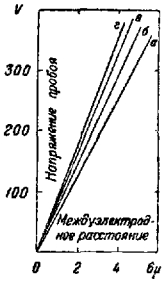
Фиг. 22.

Г. Тобия (фиг. 22), при чем в последнем случае масло было вполне сухое. На фиг. 21 a относится к электродам с остриями, $б$—к острию и диску, $в$—к дискам диаметром 12,5 *см*. На фиг. 22 a относится к остриям, $б$—к острию и диску 10,16 *см* диаметром, $в$—к двум таким же дискам, $г$—к шарам 5,08 *см* диаметром. При малых междуэлектродных расстояниях пробойное напряжение почти линейно зависит от расстояния, так что электрич. крепость стремится к постоянному значению. На фиг. 23 (по Боламу) даны такие зависимости для различных И. м.: a относится к смоляному маслу с $t°$ вспышки 200°; $б$, $в$, $г$, $д$—к минеральному маслу с $t°$ вспышки, соответственно, 410°, 430°, 320° и 380°. На фиг. 24 даны подобные же зависимости (по Шоу) при весьма малых междуэлектродных расстояниях: кривая a относится к рапсовому маслу, $б$—к сивушному, $в$—к льняному и $г$—к рыбьему жиру.

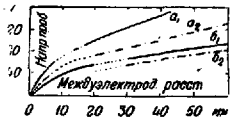


Фиг. 23.

Значение полярности и ориентировки электродов. Если электроды между собой не тождественны и на них накладывается постоянное напряжение, то не безразлично, какой именно из электродов будет положительным и какой отрицательным. Кривые a на фиг. 25 (по Фейге) относятся к зависимости напряжения пробоя от междуэлектродного расстояния для керосина, а кривые $б$—для эфира; пробой производился между острием и диском, при чем сплошные кривые (с индексом 1) относятся к случаю положительного потенциала диска, а пунктирные (с индексом 2)—к отрицательному потенциалу. Как выяснено Флайтом (фиг. 26), характер зависимости пробойного напряжения от междуэлектродного расстояния для различных электродов меняется с расположением этих электродов относительно вертикали, вероятно в связи с изменившимися условиями конвекции и электрич. перемещения частиц; сплошные кривые (индекс 1) относятся к вертикальному расположению электродов, а пунктирные (индекс 2)—к горизонтальному; кривые a относятся к шаровым электродам 12,7 *мм* диаметром, а $б$—к электродам с острием. Кроме того, пробойное напряжение при одном и том же расстоянии меняется в зависимости от $t°$ по-разному, смотря по тому, расположены ли электроды горизонтально (фиг. 27, кривая a) или вертикально (кривая $б$); электроды были в данном случае шаровые, ⌀ в 1,27 *мм*, расстояние между ними 1,27 *мм*. Не безразличным д. б. также движение И. м.; но, как выяснено опытами, циркуляция масла вне электродов со скоростями до 1 *м/сек* не изменяет заметно его электрической крепости.

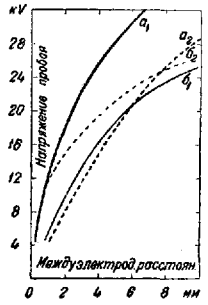


Фиг. 24.

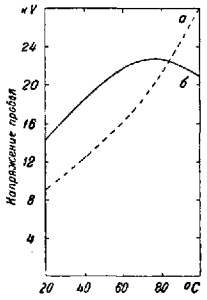


Фиг. 25.

Нормализация испытаний. В различных странах требования, предъявляемые к электрической крепости И. м., не совпадают между собой; сводка их дана в табл. 11. Однако, и способы испытания также приняты различные, так что выяснить в точности эквивалентность различных требований затруднительно. Поэтому при необходимости точно оценить данное масло



Фиг. 26.



Фиг. 27.

по нормам известной страны возможно только после того, как требуемые испытания будут произведены на самом деле. В середине 1928 г. Британский к-т Международной электротехнич. комиссии произвел сравнение четырех типов разрядников: с острием, дискового, цилиндрического и шарового, и пришел к выводу, что наиболее чувствителен к присутствию посторонних примесей разрядник с шаровыми электродами, вследствие чего и признает желательной обязательность именно этих последних.

Производство и применение. Производство изоляционных масел из нефтей весьма различно в зависимости от вида исходного сырья. В основных чертах оно состоит в получении требующегося погона нефти (для И. м. типа легких веретенных масел—из мазута, в темп-рном промежутке 170—200°, с уд. весом 0,870—0,880, если речь идет о бакинской нефти), освобождении их от непредельных и ароматич. соединений путем обработки концентрированной серной к-той (66%-ная H_2SO_4), с последующей нейтрализацией следов кислоты едкою щелочью, удалением следов серы глетом и тщательной отмывкой водою; после этого масло пропускается через бумажные фильтр-прессы или подвергается очистке на центробежных сепараторах. Очистка трансформаторного масла требует значительного количества серной кислоты, порядка 16,3% (по отчету 1922/23 г.), в 10 раз превышая ее расход по очистке керосина и в 8 раз—при очистке смазочных масел. Дестиллаты других нефтей требуют еще больше серной кислоты. Соответственно с потреблением больших количеств серной к-ты потери нефтяного погона при очистке на трансформаторн. масло достигают 15,2%, т. е. в 8 раз больше, чем для керосина, и в 2 раза больше, чем для смазочных масел. Однако, глубокая очистка серной кислотой сообщает маслу некоторую примесь сульфонафтеновых к-т, вредно отзывающихся на стойкости масла. Поэтому в последнее время стали пользоваться неглубокой очисткой с дальнейшим применением поглотителей; этот процесс дает гораздо лучшие результаты, но слабая сторона его—в присутствии мельчайших частиц поглотителя. Можно считать общепризнанным превосходство апшеронских нефтей над американскими в качестве исходного сырья для И. м., при чем эмбенские нефти еще выше, как дающие меньше осадка. Из американских нефтей лишь с большими трудностями удается получить продукты, близкие по качеству к продуктам апшеронских нефтей (см. *Нефти переработка*).

Поставка И. м., согласно требованиям СССР и других стран, должна производиться в чистой железной (или стальной), луженой или оцинкованной, плотно закупоренной посуде, при чем нек-рые страны допускают только полуду. Деревянные бочки, вообще говоря, не допускаются, при чем шведские нормы особо оговаривают это условие, а Франция высказывается за предпочтительность металлической посуды. Однако, затруднения с металлами, и в особенности с оловом, ведут на практике к необходимости транспортировать масло в деревянных бочках, обыкновенно покрываемых для непроницаемости слоем столярн. клея.

Уход за И. м. Перед применением, в частности перед наполнением трансформаторов и других установок, а также от времени до времени и впоследствии, И. м. должны просушиваться, так как они могут поглощать внешнюю влагу из атмосферы и, кроме того, выделять внутреннюю в процессе постарения. Для просушки применяются разные способы: 1) нагревание электрич. током до 110—120°, при помощи помещенных в масле сопротивлений; 2) нагревание трансформатора перегрузкою при холостом ходе, но при этом необходимо учитывать химическое действие к-т масла на целлюлозу, образование хрупкой гидроцеллюлозы и других соединений; 3) нагревание электрическими сопротивлениями под вакуумом в 30—40 *см* Hg; 4) пропускание подогретого масла через фильтр-пресс с фильтровальной бумагой, что вместе с тем освобождает масло от окислов и осадков; фильтровальная бумага д. б. перед закладкою в фильтр-прессы тщательно просушена в электрич. печи, а во время работы часто сменяема; 5) центрифугирование на центрифугах типа Лаваля, например на гиперцентрифугах Гиньета (Hignette); 6) размешивание с негашеной известью или пропускание через особые фильтры Сименс-Шуккерта с негашеной известью; 7) очистка металлическим натрием; 8) удаление тончайших примесей и влаги электрофорезом. Все эти приемы имеют, однако, свои слабые стороны. Нагревание масла несомненно старит его, а кроме того, вредит изоляции трансформатора. Фильтрация через бумагу вносит мельчайшие волокна, присутствие которых при не вполне доброкачественной бумаге может быть чрезвычайно велико и, кроме того, требует хорошего наблюдения над сухостью бумаги. Химические способы (известь, натрий) повышают зольность масла, электрофоретический способ, применяемый обычно к другим маслам, пока не изучен достаточно в отношении И. м. Наиболее безвредно

Табл. 11. — Нормы электрической крепости изоляционных масел.

Нормы	СССР	Америка	Англия	Бельгия	Германия
Осушка и фильтрация пробы	—	—	—	—	—
Забор пробы	Со дна сосудов, в которых масло доставляется; 24-час. спокойное отстаивание масла перед взятием пробы	—	Как и в СССР		Проба забирается из того места, где находится наиболее низкая подверженная напряжению часть
Взбалтывание пробы перед наполнением	Перед началом испытания проба д. б. хорошо взболтана	—	Образцы д. б. основательно взболтаны перед испытанием	—	—
Время от момента взбалтывания и наполнения разрядника до приложения напряжения	15 мин.	—	—	—	До приложения напряжения масло должно простоять спокойно в испытательном сосуде 10 мин.
Начальное напряжение; скорость регулирования	Ок. $^1/_2$ предполагаемого пробивного; скорость регулирования 1—2 kV/ск.	Равномерная скорость, приблизительно $^1/_2$ kV/ск.	Около $^1/_3$ предполагаемого пробивного; скорость, допускающая точный отсчет пробивного напряжения по измерит. прибору	12 kV; 1 kV/5 ск.	Длительность изменения напряжения, или расстояния между электродами, приблиз. 20 ск.
Ограничение тока короткого замыкания при пробое	Ок. $^1/_8$ A	—	—	—	0,5 A
Получение пробивного напряжения	Среднее из 5 последовательных пробоев при одном наполнении испытательного сосуда. Случайная единичная искра в расчет не принимается. Пробой устанавливается по возникновению дуги между электродами	При каждом наполнении производится 5 пробоев. Испытание должно продолжаться до тех пор, пока среднее по меньшей мере из трех наполнений не будет отклоняться от общего их среднего более чем на 10%. Пробой устанавливается по возникновению продолжительного разряда	Масло считается удовлетворяющим, если 2 пробоя из трех последоват. при одном наполнении прибора дают значение не менее 22 kV. Пробой устанавливается по образованию дуги между электродами	Среднее из 6 пробоев. Перед каждым испытанием прибор тщательно чистится. Пробоем считается возникновение первой искры, хотя бы слабой и быстро проходящей	Производится 6 испытаний на пробой при одном наполнении. Результат первого пробоя не принимается во внимание. Пробивным напряжением считается среднее из пяти последовательных пробоев
Испытательный прибор:					
а) Ось искрового промежутка	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Вертикальная	—
б) Длина искрового промежутка	2,5 *мм*	0,1 дм. (2,54 *мм*)	0,15 дм. (3,81 *мм*)	2 *мм*	3 *мм* или 1,5—10 *мм*
в) Электроды	Диски диам. 25 *мм*; радиус закругления кромок 2 *мм*	Диски диам. 1 дм. (25,4 *мм*), кромки не закруглены	Шары диам. 0,5 дм. (12,7 *мм*)	Шары диам. 10 *мм*	Шляпки диам. 36 *мм*. Радиус шляпки 25 *мм*
г) Материал электродов	—	Латунь или медь	Сталь, латунь, фосфористая бронза	Латунь	Медь
д) Глубина погружения электродов и их расстояние от стенок испытательного сосуда	15 *мм*	Не менее 20 *мм* выше верхней части диска	Не менее 2 диам. от поверхности	100 *мм* выше верхней части сферы	Не менее 12 *мм*
е) Объем масла	От 100 до 200 $см^3$	—	150 $см^3$	—	Не менее 250 $мм^3$
Темп-ра масла при испытании	15—25°	20—30°	15—20°	25°	15—25°
Частота периодов	—	—	∽50	∽25—100	—
Величина пробивного напряжения на 1 *см*	Не менее 22 kV	Не менее 22 kV	Не менее 18 kV	Не менее 60 kV (17 kV при 3 *мм*)	Не менее 40 kV

Табл. 11.—Нормы электрической крепости изоляционных масел. (Продолжение.)

Нормы	Испания	Италия	Норвегия	Франция	Швейцария	Швеция
Осушка и фильтрация пробы	—	Электрич. испытание после нагревания при 110° в течение 6 час. и фильтрации	—	Испытание должно производиться без предварительной фильтрации. Потребитель наполняет сосуд покупаемым маслом, взбалтывает в сосуде масло и берет пробу	—	Испытание после осушки и фильтрации или до осушки и фильтрации
Забор пробы	—	—	—	—	—	—
Взбалтывание пробы перед наполнением	—	—	—	—	—	—
Время от момента взбалтывания и наполнения разрядника до приложения напряжения	—	—	Масло должно оставаться в спокойном состоянии в испытательном сосуде по крайней мере 10 м., чтобы пузырьки воздуха могли выделиться	Указывается сильное влияние, но не нормируется	—	—
Начальное напряжение; скорость регулирования	1 kV/сек.	Достаточно быстрая регулировка, допускающая точный отсчет по измерительному прибору	—	—	Образец должен выдержать 30 kV в течение 30 м.	—
Ограничение тока короткого замыкания при пробое	—	—	Ограничение посредством последоват. включения емкости $30 \cdot 10^{-3}\mu F$	—	—	—
Получение пробивного напряжения	Берется среднее из трех испытаний на трех образцах одного и того же масла	Среднее из испытания трех проб одного и того же масла. Ни одного пробоя не д. б. ниже 33 kV. Осушенные пробы после 48 ч. стояния на воздухе 70 % влажности не должны понижать своих пробивных напряжений больше чем на 50 %. Пробой устанавливается по возникновению продолжительного разряда	Испытательное напряжение прилагается 6 раз и берется среднее пробивное напряжение	—	Одно испытание	Среднее из пяти испытаний
Испытательный прибор:						
а) Ось искрового промежутка	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	—	—	Вертикальная
б) Длина искрового промежутка	5 мм	5 мм	0,1 дм. (2,54 мм)	5 мм	5 мм	5 мм
в) Электроды	Шары ⌀10 мм	Шары ⌀ 10 мм	Диски ⌀ 1 дм. (25,4 мм). Радиус закрепления кромок 1 мм	Шары ⌀ 12,5 мм	Шары ⌀ 12,5 мм	Шары ⌀ 12 мм
г) Материал электродов	Латунь	Латунь	Латунь	Латунь	—	—
д) Глубина погружения электродов и их расстояние от стенок испытательного сосуда	50 мм	—	—	—	—	—
е) Объем масла	—	333 см³	—	150 см³	—	—
Темп-ра масла при испытании	20°	20°	—	—	—	15—25°
Частота периодов	25—60	40—60	—	Промышленная	—	—
Величина пробивного напряжения на 1 см	Не менее 40 kV	Не менее 40 kV	Не менее 22 kV	Не менее 40 kV	—	После осушки и фильтрации 60 kV. До осушки и фильтрации 30 kV

центрифугирование, но мощность этого процесса при вполне надежной очистке сравнительно мала. Для повышения мощности фирма Гиньет выпускает электроцентрифугу, в которой действие центробежной силы усиливается содействием постоянного электрического поля.

Задержка старения. Противодействовать окислению И. м. можно, очевидно, сокращая поверхность соприкосновения его с воздухом или вовсе исключая его; затем — не допуская попадания в масло каталитически действующей влаги, образующихся кислот и дальнейших продуктов превращения. Трудность этих мер обусловлена значительными температурными изменениями объема И. м., вследствие чего воздух то вытесняется, то вновь затягивается в кожух трансформатора («трансформатор дышит»); не допускать этого дыхания нельзя, т. к. будут возникать или высокие давления, могущие разорвать кожух, или низкие давления, ведущие к облегченным пробоям (см. *Трансформатор*).

Лит.: Методы испытаний нефтепродуктов, М., 1928; Гурвич Л. Г., Научные основы переработки нефти, М.—П., 1925; Кемпбелл А., Переработка нефти, перевод с англ., М.—Л., 1923; Добрянский А. Ф., Анализ нефтяных продуктов, М.—Л., 1925; Гефер Г., Нефть и ее производные, перевод с нем., СПБ.—М., 1908; Справочник по нефтяному делу, ч. 1, М., 1925; Угримов Б. И., Техника высоких напряжений, вып. 1, стр. 80—95, М.—Л., 1925; Holde D., Kohlenwasserstofföle und Fette, 6 Aufl., B., 1924; Lunge—Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 7 Aufl., B. 3, Berlin, 1923; Monkhouse A., Electrical Insulating Materials, L., 1926; Bültemann A., Dielektrisches Material, B., 1926; Demuth W., Die Materialprüfung d. Isolierstoffe d. Elektrotechnik, 2 Aufl., B., 1923; Frank E., Das Mineralöl, Die Isolierstoffe d. Elektrotechnik, hrsg. v. E. Shering, p. 337—359, Berlin, 1924. **П. Флоренский.**

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАСТИКИ, специальные мастики для электротехнич. применения, обладающие высокими электроизоляционными свойствами. См. *Мастики.*

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, материалы при помощи которых осуществляется главная техническая функция *изоляторов* (см.)—направлять по определенному руслу обособленную от окружающей среды энергию. Стремление деконцентрироваться в пространстве с течением времени присуще всякой энергии, кинетической и потенциальной, относится ли она к процессам физическим, химическим или биологическим; соответственно с этим понятие об И. м. должно быть распространяемо на всю область энергетики в самом широком смысле, хотя в отношении отдельных видов энергии, и даже в отдельных частных случаях проявления энергии одного вида, способными противостоять рассеянию соответственной энергии оказываются разные материалы, если они конструктивно оформлены в виде соответствующего данному случаю изолятора. Кроме того, во многих случах способностью изолировать обладает также и пустое пространство (вакуум), при чем нередко по изолирующим свойствам вакуум стоит значительно выше наилучших И. м. вещественных.

Выделяя в пространстве некоторую трехмерную область, всякий И. м., входящий в конструкцию изолятора, необходимо ограничен поверхностью (или сравнительно тонким промежуточным слоем), непосредственно примыкающею к области допустимого распространения данной энергии; в соответствии с двойственностью направления нормали к этой поверхности (эта поверхность должна необходимо принадлежать к классу двусторонних, так как иначе не была бы осуществлена разделяющая функция изолятора), т. е. наружу от изолируемой области или внутрь ее, растекание энергии, которому должно быть поставлено препятствие, м. б. различно по смыслу своего направления и, соответственно с этим, различны требования, предъявляемые к применяемым И. м. А именно: от И. м. требуется изолирующая способность—либо униполярная, с направлением того или другого смысла, либо обоюдосторонняя, либо выдерживающая давление энергии только с одной стороны и по самому характеру установки не испытывающая подобного давления с другой стороны и потому с этой стороны не несущая ответственности. Кроме униполярности в данном направлении или, наоборот, отсутствия таковой, И. м. должны быть охарактеризованы в отношении своей изолирующей способности по разным направлениям, при чем могут оказаться как изотропными, так и анизотропными. В одних случаях анизотропия представляет техническое требование, без к-рого не м. б. осуществлен изолятор данной конструкции; в других случаях присущая данному И. м. анизотропия может представлять свойство нежелательное, с которым, однако, необходимо считаться, пользуясь данными И. м. Если задача изолятора положительная и состоит в том, чтобы сберечь внутреннюю энергию, препятствуя ее растеканию во внешнем пространстве, то изолирование может быть осуществлено путем отбрасывания этой внутренней энергии от поверхности раздела обратно во внутреннюю область. Если же задача изолятора отрицательная и состоит в сохранении внутреннего пространства от посторонних потоков внешней энергии, то И. м. может осуществлять ее уже трояким образом: 1) отбрасыванием энергии наружу; 2) поглощением ее, после чего она превращается в друг. виды, уже не вредные для внутренней изолируемой области или непосредственно рассеиваемые наружу; 3) отведением энергии в направлении, тангенциальном к поверхности раздела. Зеркальная оболочка в отношении световых волн, войлок в отношении звука и железная броня в отношении магнитных силовых линий—таковы примеры указанных трех возможностей.

Функция И. м. в изоляторе относится, далее, к энергетич. процессу, протекающему во времени, и потому стоит в зависимости от характера временного протекания этого процесса. В одних случаях изолятор несет свою службу в отношении стационарного или квазистационарного течения энергии и может, или даже должен, утрачивать свою изолирующую функцию в отношении энергетических ударов, когда первая производная от количества энергии по времени за короткий промежуток времени получает весьма большие значения; нередко

требуется, чтобы установка была даже снабжена особыми энергетическ. предохранителями — клапанами, выпускающими наружу избыток энергии, если произошло перенапряжение. В других случаях, наоборот, изоляторы д. б. построены из таких материалов, которые допускали бы свободный энергетич. обмен при стационарном (или квазистационарном) давлении энергии, но стояли бы препятствием при наличии внешнего или внутрен. перенапряжения энергии.

Область И. м. неопределенно обширна, не изучена со стороны общей феноменологии и не осуществлена технически во многих случаях, отвлеченно представляющихся возможными и нужными. Поэтому общая исчерпывающая классификация в этой области преждевременна, нижеследующим же списком намечаются лишь нек-рые группы И. м., применяемых промышленно. В отношении механических сил к изоляционным материалам должны быть относимы *строительные материалы* (см.) и в особенности материалы, глушащие резкие толчки и удары, механические вибрации, сотрясения почвы. Довольно близки к последним звукоизолирующие материалы (см. *Строительная акустика*), поглощающие внешние звуковые, также ультра- и инфразвуковые волны; совсем иной природы звукоизоляционные материалы для звукопроводов (стержней, трубок, рупоров и т. п.), направляющих звук при наименьшем возможном поглощении его; для звукоизоляций обоих видов наиболее совершенный материал — вакуум. В отношении *термоизоляционных материалов* (см.) необходимо различать защиту от теплопередачи через теплопроводность, через конвекцию и через лучеиспускание, при чем для первых двух случаев наиболее ценен вакуум. Кроме того, следует особо выделить тепловую изоляцию, задерживающую тепловые удары, но пропускающую медленно происходящий тепловой обмен. В отношении световых колебаний, а также смежных с ними инфракрасных и ультрафиолетовых, необходимо иметь в виду как случай б. или м. полной задержки энергии (зеркальная поверхность, вычерненная поверхность), так и избирательную задержку или избирательный пропуск (фильтры). Довольно близко сюда примыкают И. м. в отношении лучей рентгеновских, космических, длинных электромагнитных волн (в частности в отношении переменных магнитных полей), также в отношении катодных и анодных излучений. На особом положении находятся силовые поля—магнитные, электрические, тепловые и т. д. Изоляция от них основана на отведении силового потока уже в тангенциальном направлении; гравитационные поля, однако, не задерживаются и не отводятся в сторону, и в отношении их И. м. не существует. Далее, особую группу составляют И. м., удерживающие или задерживающие химическ. энергию; сюда относятся влаго- и газоизоляционные материалы, материалы, стойкие против химич. воздействий. Группа, объединяющая функцию химич. изоляции с изоляцией тепловой, представляет большое практич. значение—это именно огнестойкие, противопожарные и пламегасительные материалы. И, наконец, особую группу составляют биоизоляционные материалы, ставящие преграду распространению жизни. В связи с современным воззрением на жизнь как главный фактор энергетических превращений на поверхности земли, как планеты — в биосфере, — биоизоляционные материалы, надо полагать, будут признаны в будущем наиболее важными И. м. промышленности.

П. Флоренский.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, технич. диэлектрики с большим удельным электрич. сопротивлением, применяемые для изоляции в электрич. машинах, аппаратах, приборах и на линиях электропередач.

Классификация. По своему составу, физич. состоянию, макро- и микростроению, физич. свойствам, исходному сырью, способам его переработки, областям и случаям применения, наконец, по разным экономич. признакам, как, напр., цене действительной или возможной, мощности выпуска и потребления, в зависимости от производящих стран и пр.—И. э. м. представляют многообразие, не имеющее примеров в др. отраслях промышленности. Производство И. э. м. врезывается в чрезвычайно большое число отраслей промышленности, не просто пользуясь их продукцией, но и своеобразно направляя производственные процессы. Керамическая, стекольная, горнодобывающая и горноперерабатывающая, текстильная, бумажная, лаковая, деревоперерабатывающая, деревообрабатывающая, общехимическая, нефтяная и т. д. промышленности содержат в себе отрасли, представляющие отделы промышленности изоляционной. Кроме того, при технич. применении того или иного И. э. м. функционально важной всегда бывает не какая-либо одна электрич. характеристика, а совокупность многих как электрич., так и разных других свойств. Вполне понятно поэтому, что классификации И. э. м. могут быть весьма разнообразны в зависимости от основных признаков, лежащих в основе деления.

Если бы феноменология диэлектриков была изучена достаточно глубоко и характеристики диэлектриков могли, через установление различных связей между ними, рассматриваться как не независимые между собой, то отдельные классификации И. э. м. могли бы быть сведены к более общим, их объединяющим. Однако, при настоящем состоянии знаний диэлектриков приходится либо давать, применительно к частным задачам, специальные классификации по отдельным признакам либо итти на объединенную классификацию, но очень приблизительной точности и не выдержанную логически в смысле деления по одному основному признаку.

Примерами классификаций выдержанных, но бедных по содержанию, м. б.: функциональная (табл. 1), классификация по физич. состоянию (табл. 2), по величине удельного поверхностного электрич. сопротивления (табл. 3), по теплостойкости и прочности на изгиб (табл. 4), по дугостойкости (табл. 5), по огнестойкости (табл. 6), по влагостойкости, и т. д. Подобных классификаций может быть весьма много, и каждая из них

Табл. 1.—Функциональная классификация электроизоляционных материалов.

Функция	Основные требования, вытекающие из функции	Род И. э. м.	Примеры И. э. м.	Область применения
Служить диэлектрической средой без механич. функции	Необходимость помещения И. э. м. в твердую оболочку, механически уединяющую созданную среду от внешнего мира	Вакуум	—	Источники высокого напряжения, конденсаторы высокого напряжения
		Газы при атмосферном давлении	—	Конденсаторы
		Сжатые газы	Азот	Конденсаторы
Служить диэлектрической средой без механич. функции, но с теплоохлаждающей	Необходимость помещения И. э. м. в твердую оболочку, механически уединяющую созданную среду от внешнего мира, и необходимость достаточной теплопроводностью или подвижностью обеспечить теплоотдачу	Изоляционные масла и другие жидкости	Трансформаторные масла	Трансформаторы, кабели
			Выключательные масла	Выключатели
			Различные изоляционные масла	Конденсаторы
		Заливочные составы	Жидкие, полужидкие и пластичные составы	Кабельные муфты, вводы и т. п.
		Пропиточн. составы	Изоляционные масла	Кабели
			Жидкие и полужидкие составы	
Служить электрич. разделом, иногда—механич. соединением, при чем бо́льшая часть механич. прочности системы осуществляется помимо данного материала	Необходимость сочетания таких И. э. м. с другими, и в особенности с проводниками, на которые падает бо́льшая часть механич. ответственности	Затвердевающие (от высыхания, от химич. процесса, от охлаждения) пропитки	Краски	Машино- и аппаратостроение, пластич. И. э. м., бумажные конденсаторы
			Лаки	Машино- и аппаратостроение
			Эмали	Слоистые И. э. м., машиностроение
				Проволока
Служить электрич. разделом двух сред, несущим также функцию механич. разъединения	Необходимость обладания достаточною механич. прочностью, чтобы выдерживать усилия (давление, толчки и пр.); геометрическ. форма с преимущественным развитием двух измерений	Доски, пластины, листы	Обработан. дерево, слоистые И. э. м., каменные породы	Распределительные устройства, баки трансформаторов
		Изолирующие сосуды	Керамич. стекольн. массы, переработанные каменные породы, резиновые продукты, пластические органическ. массы	Элементы, аккумуляторы, гальванотехнич. ванны
		Изолирующие трубки	Пропитан. оплетки, керамич. и стекольные массы	Провода, жидкие реостаты
		Обмотки, оплетки, обвивки		Провода и кабели
		Изоляционные ткани	Лента, тесьма, полотно и пр.	Машиностроение
Служить электрич. изолятором, неся всю механич. ответственность за прочность системы	Необходимость обладания высокими механич. характеристиками, практически не меняющимися в $t°$-ных пределах условий службы	Преимущественно неоргапич. И. э. м. большой механич. прочности	Каменные породы натуральные	Распределительные доски, щиты и т. д., изоляторы
			Переработанные каменные породы	Изоляторы, архитектурные детали, несущие электрич. функцию
				Керамич. и стекольные массы
			Керамич. и стекольные массы	Изоляторы, конденсаторы
Нести механическ. функцию при сравнительно менее ответственной электрической	Необходимость обладания высокими механич. характеристиками при хорошей способности получать точные и иногда сложные геометрич. формы и большой устойчивостью в отношении указанных свойств в $t°$-ном промежутке условий службы	Отформованные И. э. м., обработанное дерево, отчасти керамические массы	—	Установочные электроизделия, части электрич. аппаратуры и машин, радиоизделия

полезна в отдельном частном случае. Необходимо отметить в частности еще деление Ч. А. Бетмана (1918 г.) И. э. м. на вещества, угол диэлектрич. потерь которых $< 45°$, и вещества, у к-рых этот угол $> 45°$. Примерами общих классификаций м. б.: 1) классификация Геммипга, принятая в С. Ш. А. (табл. 7), делящая все И. э. м. на девять классов и приурочивающая к каждому классу определенную совокупность различных свойств, и 2) английская классификация Британской ассоциации инженерных стандартов (табл. 8).

Строение. Электрич. свойства И. э. м. существенно зависят от строения этих диэлектрич.

Табл. 2.—Физическая классификация электроизоляционных материалов.

Вакуум	Наиболее высокий достижимый пока вакуум с электрич. крепостью 400 kV/мм		
Газообразные	При нормальном давлении		Воздух Азот Водород Светильный газ Углекислота Аргон
	Сжатые		Азот Водород
Жидкие	Применяемые в жидком виде		Минеральные масла Дегтярные масла Скипидар Животные жиры Растительные масла Деготь Растворы смол в маслах
	Затвердевающие после нанесения		Лаки на смоляном основании Асфальтовые лаки Лаки на основании эстеров целлюлозы Олифы Краски Эмаль
Пластичные	Переходящие в полутвердое или твердое состояние, обратимое		Заливочные составы Некоторые замазки Асфальты Эстеры целлюлозы Воски Парафин Смолы Каучук, гуттаперча и т. п.
	Переходящие в полутвердое или твердое состояние, необратимое		Пропиточные компаунды Некоторые замазки Синтетич. смолы в стадии А и В Вулканизованный каучук Асбестовые электроизоляционные составы
Твердые	Искусственные		Бумага, картон, прессшпан Ткани и пряжа, непропитанные и пропитанные Эбонит Синтетич. смолы в стадии С, без наполнителей и с наполнителями Стекло Стеатитовый фарфор Фарфор Каменные массы Плавленый базальт
	Естественные		Камеди Смолы, озокерит, церезин Асбест Дерево Жировик, необожженный и обожженный Шифер Мрамор Слюда и материалы на слюдяном основании Гранит

сред, в особенности при переменном характере возникающих в них электрич. полей. Выбор И. э. м. того или другого строения зависит от ряда оснований, учесть которые в большинстве случаев бывает не легко, т. к. каждый вид строения имеет свои выгодные и невыгодные стороны.

Наиболее распространенные И. э. м.—слоистые, с чередующимися слоями разной физико-химич. природы. Слоистое строение обладает многими преимуществами как в отношении легкости производственных процессов, так и в отношении свойств полученных продуктов. Особенно важна большая электрич. крепость таких материалов, обусловленная именно расчлененностью диэлектрика в направлении наибольшего градиента поля. Как давно известно, электрич. крепость диэлектриков есть убывающая функция их толщины (см. *Диэлектрики*) и потому напряжение пробоя для стопки слоев диэлектрика превосходит напряжение сплошного слоя с толщиной, равной толщине указанной стопки. Отсюда хорошо известное в электропромышленности подразделение толщи изоляции на ряд отдельных слоев (цементные прокладки и графитовые промазки в головке фарфоровых изоляторов, конденсаторные вводы, различные слоистые диэлектрики). Генрихс указал (1898 г.) на возможность значительно повысить электрич. крепость материала, вырабатывая тонкослоистую изоляцию; в СССР работает над тем же вопросом А. Ф. Иоффе, добиваясь слоистости весьма тонкой. Однако, достоинства всех слоистых И. э. м. как с толстыми, так и с тонкими слоями необходимо связаны и с недостатками, обусловленными тем же самым фактором, что и достоинства: неоднородностью строения. А именно: 1) малая электрич. крепость в направлении слоев; 2) возникающее вследствие этого технич. затруднение с краем слоистого диэлектрика, поскольку он оказывается электрически слабым местом и требует особых мер электрич. защиты; 3) большие диэлектрич. потери, особенно при значительных частотах поля, с происходящими отсюда последствиями в виде нагревания, понижения электрич. крепости, во многих случаях понижения механич. свойств и т. д.; 4) чрезвычайно невыгодные условия таких И. э. м. в полях ударных и при крутом фронте волны; 5) резко выраженная механич. анизотропия и существенно различное значение механич. характеристик в разных направлениях; 6) неприспособленность

Табл. 3.—Германская классификация И. э. м. по величине электрического поверхностного сопротивления.

Балл поверхностного сопротивления	Величина поверхностного сопротивления в MΩ через 1 мин. после того как наложено напряжение
0	Менее 0,101
1	1—0,01
2	100—1
3	10 000—100
4	1 000 000—10 000
5	Более 1 000 000

Табл. 4.—Германская классификация электроизоляционных материалов.

Разряд	Теплостойкость, °С		Крепость на изгиб, кг/см²	
	по меньшей мере	ниже	по меньшей мере	ниже
I	150	—	500	—
II	150	—	350	500
III	150	—	200	350
IV	150	—	—	150
V	150	—	—	—
VI	100	150	350	—
VII	45	100	250	—
VIII	—	65	125	—
IX	—	45	125	—
X	Искростойкие изолирующие материалы			

подобных И. э. м. к резким изменениям $t°$, могущим во многих случаях вследствие разницы тепловых расширений отщеплять слои друг от друга и разрушать И. э. м.; наконец, 7) облегченные условия постарения подобных И. э. м. вследствие сильно развитых поверхностей соприкосновения разнородных фаз с соответственно повышенною скоростью реакции там, где она вообще возможна.

годность. Расчленение И. э. м. слоями неоднородности может быть иногда полезным как средство, прерывающее вытянутые поры и разбивающее их на ряд отдельных коротких полостей.

Вопрос о порах в производстве И. э. м. имеет особую важность в виду широкого применения всевозможных волокнистых И. э. м. или выделанных на волокнистом основании.

Табл. 5.—Германская классификация электроизоляционных материалов по дугостойкости.

Балл дугостойкости	0	1	2	3
Явления, наблюдаемые на поверхности материала между углями, наклоненными под углом 60° и разводимыми со скоростью не более 1 *мм/сек*; приложенное напряжение 220 V, предохранительное сопротивление—20 Ω	При дуге, разведенной более чем на 20 *мм*, образуется в изолирующем веществе проводящий мостик, к-рый остается проводящим также по охлаждении	При дуге, разведенной более чем на 20 *мм*, образуется в изолирующем веществе проводящий мостик, к-рый, однако, теряет свою проводимость по охлаждении	Дуга может быть разведена более чем на 20 *мм*, но в изолирующем веществе не образуется никакого связующего мостика	Дуга не м.б. разведена сверх своей нормальной длины, примерно 20 *мм*. Остается ли образующийся проводящий мостик проводящим и по охлаждении, судят по тому, возобновляется ли след дуги на штабике между углями, оставшимися разведенными, по выключении тока и новом включении, когда произошло охлаждение. Поведение ступени (2) наступает в том случае, если из негорючего штабика выделены составные газовые части, к-рые питают дугу

Другой весьма распространенный тип И. э. м.—связующее вещество с наполнителями; будучи изотропным, или вернее квазиизотропным, этот тип И. э. м. не страдает недостатками слоистых И. э. м., обусловленными их анизотропией, но зато лишен и некоторых вытекающих отсюда преимуществ. Чаще всего такие материалы применяются в местах электрически менее ответственных, но и с менее точно учитываемой заранее механич. функцией; кроме того, такие И. э. м. легче получить с более высокой теплостойкостью.

Табл. 6.—Германская классификация И. э. м. по огнестойкости.

Балл огнестойкости	Явления, наблюдаемые при соприкосновении нормированного штабика с нормированным пламенем газовой горелки
1	Штабик горит по удалении из пламени более, чем $^1/_4$ мин.
2	Штабик горит по удалении из пламени не более, чем $^1/_4$ мин.
3	Штабик в пламени не воспламеняется

В отношении И. э. м. любого строения, в том числе и тех, которые кажутся на первый взгляд вполне однородными, необходимо учитывать существование в них замкнутых пор, слепых и сквозных каналов, трещин и включений самого разного вида. Все эти форменные элементы м. б. не только видимыми простым глазом или микроскопическими, но и ультрамикроскопическими, при чем в электрич. поле дают себя знать неоднородности настолько тонкие, что они неуловимы другими способами испытания. При этом решающее значение принадлежит не включению или полю, как таковым, а форме их; при одной форме даже грубая неоднородность И. э. м. может быть почти безразличн. для электрич. процессов, а при другой уже тончайший канал, недоступный прямому наблюдению, приводит И. э. м. в полную не-

Поры, наполнен. воздухом и накопляющейся в них влагой, представляют в таких материалах не исключение, а правило; поэтому понятна тщательность, с к-рой производство И. э. м. борется против влажности и воздушных включений при выделке тех или иных материалов. Воздух и влага считаются главными врагами изоляционного дела, при чем вредное их влияние во многих случаях особенно сказывается при повышении $t°$.

Значение нагрева. Служба И. э. м. неизбежно связана с утечкой через изоляцию известной части электрич. энергии, рассеивающейся в виде тепла: тепла Джоуля и тепла Сименса. Т. о., повышение $t°$ И. э. м.—явление необходимое, особенно если И. э. м. работает в неблагоприятных условиях теплоотдачи и при больших мощностях. Между тем все свойства И. э. м., особенно материалов на волокнистом основании и вообще органич., меняются с $t°$, а именно—чаще всего ухудшаются. Так, твердые И. э. м., особенно органические, при повышении $t°$ сдают в своей механич. и электрической прочности, а также увеличивают свою электропроводность и угол диэлектрических потерь. Правда, в отдельных случаях бывает временное повышение того или другого качества, но общий ход соответственных кривых все же обнаруживает ухудшение.

В табл. 9 дана в качестве примеров сводка данных (по В. С. Фляйту), показывающих, как изменяется напряжение пробоя нек-рых ходовых И. э. м. при возрастании $t°$ от 30 до 100°. При этом необходимо учитывать, что не только абсолютная величина напряжения зависит от условий испытания, и в частности изменяется при перенесении испытуемого образца из воздуха в масло, но и меняется при этом по своему характеру, так что повышение $t°$ в одном случае может повысить

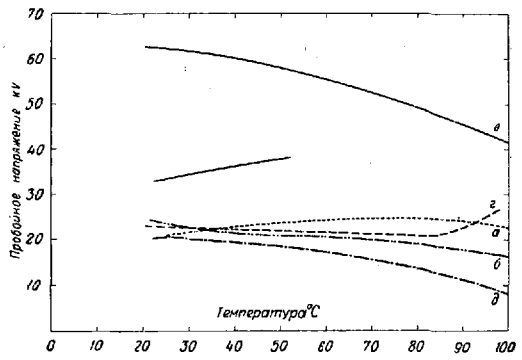
Табл. 7.—Общая классификация отформован

Обозначение разряда	A	B	C	D
Разряд	Фенольно-формальдегидные, горячей формовки	Органические, холодной формовки	Органические, горячей формовки	Неорганические, холодн. формовки
Примеры	Бакелит, конденсит, редманол	Арко, гуммон, термопласс	Инсулет, дураннид, композит, электроза, албраин, эбурин, адит, эбонитин, кристалл	Асбестовое дерево, гелит
Связующее вещество	Фенольно-формальдегидная смола	Смолы, асфальты, каменноугольный пек, стеариновый пек, формальдегидная смола	Шеллак, даммар, канифоль, пеки, асфальты, дешевые смолы	Портландский цемент, оксихлоридные цементы, составы из силикатов, алюмосил. извести и магнез.
Наполнители	Древесная масса, асбест	Асбест, силикаты, магнезия	Целлюлоза, хлопок, известь, магнезия, слюда, силикаты, асбест	—
Цвет	Красный, коричневый, черный	Черный	Обычно черный	Белый, серый, черный
Отделка	Превосходная	Хорошая	Превосходная	Плохая
Диэлектрич. крепость, kV/см	79—237	31—79	39—156	16—59
Прочность на разрыв, кг/см²	225—675	68—225	68—150	187
Прочность на сжатие, кг/см²	1800—2625	38—188	—	150
Влагостойкость	Поглощает лишь небольшое количество воды	При надлежащем составе поглощает лишь небольшое колич. воды	Поглощает лишь небольшое колич. воды	При отсутствии пропитки поглощает много воды
Удельный вес	1,3—2	2	1,1—2,7	2
Действие постарения	Нет действия	Нет действия	При ненадлежащем составе ухудшается	При постарении улучшается
Теплостойкость, °C	150—200	200—300	80	550
Масла: Минеральные	Не действуют	Разлагают	Не действуют	Не действуют
Масла: Органические	»	»	»	»
Щелочи	Действуют слабо	Действуют слабо	Разлагают	Действуют
Кислоты: Слабые	Не действуют	Действуют слабо	Разлагают	Разлагают
Кислоты: Крепкие	Разлагают	Действуют	»	»
Металлич. вставки	Могут быть заштампованы	Могут быть заштампованы	Могут быть заштампованы	Могут быть заштампованы
Обрабатываемость	Хорошая	Хорошая	Плохая	Хорошая

ных электроизоляционных материалов (по Э. Геммингу).

E	F	G		H
Керамические	Резиновые составы	Органические пластические материалы	Альбуминоиды—казеин	Слоистые (фенольно-формальдегидные) изоляции
Фарфор, лава, лавит	Твердый каучук, эбонит, табилит	Целлюлоид, целлон, ацетилцеллюлоза	Галалит	Микарта, бакелит-микарта
Каолин, кварц, полевой шпат, гипс, мел, шифер, растворимое стекло	Каучук, сера	Камфора и ее заменители	Казеин	Фенольно-формальдегидные смолы
—	—	Эстеры целлюлозы	—	Бумага, полотно
Белый	Серый, черный, красный	Обычно белый	Всех цветов	Красный, серый, черный
Хорошая	Превосходная	Превосходная	Превосходная	Хорошая
394	788	99—276	50	79—394
72—173	90—150	—	—	135
675—2 250	150—338	—	—	2 250
При наличии глазури водоупорен	Водоупорен	Водоупорен	При непрерывном действии воды размягчается или несколько набухает	Поглощает только небольшое количество воды
2,5	1,12—1,40	1,44	1,35	1,3—1,4
Нет действия	При надлежащем составе очень малое действие	Нет действия	Очень малое действие	Нет действия
600—1 000	90	75	85	150
Не действуют »	Размягчают Не действуют	Разлагают »	Разлагают »	Не действуют »
Не действуют	Не действуют	Разлагают	Разлагают	Действуют
Не действуют »	Не действуют »	Разлагают »	Разлагают »	Не действуют Разлагают
Не м. б. заштампованы	Разъедаются	—	—	Материал для заштампованных вставок не пригоден
Обработке не поддается	Превосходная	Превосходная	Превосходная	Превосходная

электрич. крепость, а в другом—понизить. Самый ход этой зависимости показан графиками для прессшпана (фиг. 1), микарты (фиг. 2),



Фиг. 1.

твердого миканита (фиг. 3) и слюды-шелка (фиг. 4). Все эти материалы англ. фирмы Оттватера. При этом испытание велось на просушенном материале и на влажном, то и другое как в воздухе, так и под маслом. Прессшпан с последующим падением (кривая *а*), тогда как при испытании под маслом начинает повышать ее с 85° (кривая *г*). Фиг. 2 относится к микарте: кривая *а*—к марке 2Е толщ. $^1/_4''$, кривые *б* и *в*—к марке 1Е толщ. $^1/_4''$, кривая *г*—к марке 9D толщ. $^1/_{10}''$, кривая *д*—к 9А толщ. $^1/_{10}''$, *е*—к 2Н, *же*—к 2I, *з*—к 4Н, *и*—к 4D. Фиг. 3 (по Фляйту) характеризует поведение твердого миканита толщиною $^1/_{16}''$: *а* относится к пластине увлажненной, испытанной в сухом воздухе, *б*—к просушенной, испытанной в сухом воздухе, *в*—к пластине в состоянии нормальной влажности и при испытании в сухом воздухе; *г*—к пластине сухой, испытанной под маслом. Фиг. 4 (по Фляйту) характеризует четырехкратный слой слюды-шелка. Кривая *а* относится к увлажненному материалу, испытанному в сухом воздухе, *б*—к просушенному, испытанному при тех же условиях, *в*—к увлажненному, испытанному под маслом и *г*—к просушенному, испытанному под маслом.

Выбор И. э. м. Целесообразный выбор того или другого И. э. м. в каждом отдельном случае применения определяется сложной совокупностью соображений, при чем д. б. учтены

Табл. 8.—Общая классификация И. э. м. А. Монкгауза на основании классификации Британской ассоциации инженерных стандартов (B. E. S. A.).

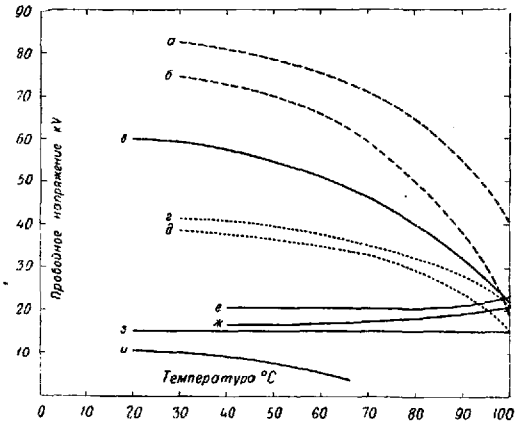
Класс 0	Класс А	Класс В	Класс С	Неклассифицированные
1. Непропитанные ткани всех видов, выделанные из органич. волокна, как, напр., хлопок, шелк, лен и т. д. 2. Непропитанная бумага всех видов, выделанная из органич. волокна 3. Непропитанная лента, обмотка и оплетка, выделанная из органич. волокна 4. Непропитанный картон 5. Непропитанная древесина и пробка 6. Материалы из искусственной целлюлозы	1. Пропитанные ткани, выделанные из органич. волокна и сделанные непроницаемыми при помощи масла или лаковой пленки; сюда относится пропитанное полотно и т. д. 2. Пропитанная бумага; сюда относятся лакированная бумага и пропитанная маслами, битуменами и воском 3. Пропитанная хлопковая и шелковая изоляция проволок: лакированная, пропитанная или погруженная в изоляционные масла 4. Картон, когда он применяется под маслом, или пропитанный лаком 5. Вулканизованная фибра 6. Пропитанная древесина 7. Пропитанные ленты, обмоточный материал и оплетки 8. Лаково-бумажные материалы всех видов, включая сюда слоистые формальдегидо-фенольные материалы 9. Эмалированная проволока всех видов 10. Слюдяные материалы на органич. связующем веществе при объемном содержании слюды, меньшем 30% 11. Асбестовые материалы при объемном содержании асбеста, меньшем 75% 12. Отформованные составы с органич. наполнителем, связующим веществом или битуменом	1. Слюдяные продукты при таком объемном содержании органич. вещества, бумаги или ткани, что содержание слюды не менее 30%; сюда относятся: а) твердый или сегментный миканит; б) миканит горячей штамповки; в) миканит холодной штамповки или гибкий; г) микофолий; д) слюда-шелк, слюда-кембрик, слюда-японская бумага и т. д. 2. Теплостойкий миканит 3. Асбестовые: лента, ткани, бумаги и шнуры при объемном содержании асбеста не менее 75% 4. Шифер и мрамор 5. Пленки окислов 6. Отформованные составы с неорганическ. наполнителями и связующими средами (за исключением битуменов) 7. Негорючий картон и отформованные материалы	1. Кусковая слюда 2. Керамич. материалы, включая сюда: стекло, фарфор, каменные изделия и стекловатую эмаль 3. Жировик, мыльный камень и т. д. 4. Отформованные составы со слюдой, асбестом и т. д. в качестве наполнителей и стекловатым связующим средством	1. Изоляционные масла 2. Битумены со включением компаунда для муфт и т. п. 3. Каучук и продукты из каучука со включением гуттаперчи и других латексов 4. Лаки

лакированный (фиг. 1) был взят $^1/_{16}''$ толщиной. Как видно из кривых, просушенный прессшпан при испытании в воздухе несколько повышает свою электрич. крепость до 80°, электрич., механич. и прочие свойства материала, изменения их с $t°$, влажностью и другими условиями, стареемость материала при данной службе и, конечно, экономич. сторона

Табл. 9.—Значения среднего пробивного напряжения различных электроизоляционных материалов в зависимости от $t°$ и условий испытания (по В. С. Фляйту).

Наименование электроизоляционных материалов	Средние значения напряжения пробоя на $^1/_{16}$" толщины								
	Испытание в воздухе			Испытание под маслом			Среднее из всех испытаний		
	при 30°	при 100°	Изменен. напряж. пробоя, %	при 30°	при 100°	Изменен. напряж. пробоя, %	при 30°	при 100°	Изменен. напряж. пробоя, %
Различные сорта бумаги	12,0	13,7	+14	32,2	23,5	−27	22,2	18,5	−16,5
Микарта	27,9	7,7	−75	28,8	11,8	−61	26,3	10,8	−59
Прессшпан	18,0	16,8	− 6,7	27	17,5	−35	26,7	18,6	−30
Пропитанная лаком на льняном масле бумажная ткань	27,8	16,2	−41,6	30,7	23,1	−24,6	28,1	17,1	−39
Слюдяные материалы	29,3	16,2	+ 5,8	35	30	−14,4	32,3	30,5	− 5,6
Пропитанная лаком на льняном масле бумага	24,8	31,0	−30,6	38,5	17,7	−54	31,7	17,4	−45,5
Пропитанная лаком на льняном масле асбестовая бумага	7,3 (влажн.)	17,2 (влажн.)	−84	15,0 (сух.)	8,4 (сух.)	−44	11,2	4,8	−57
Фибра	7,5 (влажн.)	1,5 (влажн.)	−80	25 (сух.)	7,5 (сух.)	−70	16,0	4,5	−72
Пропитанное маслом (растительным, минеральным) дерево	—	—	—	17	11,3	−33,5	17 (масло)	11,3 (масло)	−35,5 (масло)
Отформованная композиция	5,0	2,6	−48	9,0	2,0	−78	7,0	2,3	−67

дела. В целях первоначальной ориентировки в электрич. свойствах И. э. м. здесь приводятся диаграммы этих свойств. На фиг. 5 показаны сравнительные значения диэлектрич. коэфф-тов нек-рых И. э. м. и диэлектрич.



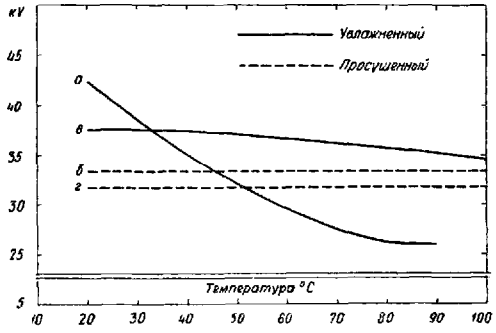
Фиг. 2.

веществ, пока не ставших такими материалами, но могущих иметь значение как И. э. м. На фиг. 6 показано в логарифмич. шкале значение удельного объемного электрич. сопротивления нек-рых ходовых И. э. м.; на фиг. 7—значения коэфф-тов диэлектрич. мощности при 1 000 пер/сек. (гл. обр. по данным Мак-Леода) и, наконец, на фиг. 8—значения электрической крепости некоторых ходовых И. э. м. Однако, все эти диаграммы должны рассматриваться лишь как первые степени приближения, поскольку все электрические характеристики весьма сильно зависят от условий испытания.

В технич. применениях чаще всего ценно не то или иное свойство И. э. м. само по себе, а общая совокупность различных свойств и надлежащее их сочетание. Но в нек-рых случаях может оказаться важным особенно большое или особенно малое значение одного из свойств, если при этом не предъявляются высокие требования в отношении друг. свойств. В табл. 10 подобраны в качестве примеров нек-рые характерные представители И. э. м. с каким-либо сильно выраженным свойством.

Технические условия. При чрезвычайном разнообразии И. э. м. во всех отношениях и несходстве условий их службы обобщить технич. условия на И. э. м. в одну схему не представляется возможным, тем более что во многих случаях от И. э. м. требуются нек-рые свойства, прямо противоположные. Поэтому в настоящей общей статье лишь намечены те свойства, к-рыми в том или другом случае может интересоваться практика. Свойства эти гл. обр. электрические, термические, механические и химические; иногда не безразличны также свойства эстетич. порядка—гл. образом цвет и блеск поверхности И. э. м.

Из электрич. свойств в особенности выделяются: большое удельн. объемное сопротивление, малая утечка по поверхности и при-



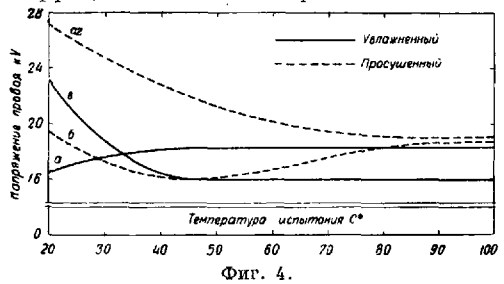
Фиг. 3.

том по возможности не возрастающая с возрастанием влажности атмосферы; большая электрич. прочность; возможно малый, или,

Табл. 10.—Типичные И. э. м. с каким-либо сильно выраженным свойством.

Свойство	Изоляционный материал	Ориентировочное численное значение свойства
Диэлектрический коэфф. весьма малый	Вакуум	1
	Петролат	2,2
	Парафин	1,9—2,3
	Манильская бумага	2,0
	Каучук, гуттаперча, балата	Ок. 3,0
	Пчелиный воск	1,85
Диэлектрический коэфф. весьма большой	Рутил	117
	Синильная кислота	95
	Вода	80
	Метиловый спирт	34
	Этиловый спирт	26
Удельное объемное электрич. сопротивление весьма большое в Ω-см	Церезин	$> 5 \cdot 10^{18}$
	Специальн. парафин	$5 \cdot 10^{18}$
	Весьма тщательно очищенные углеводороды: гептан, гексан, петролейный эфир и т. п.	$> 10^{18}$
	Кварц плавленый	$1 \cdot 10^{18}$
	Янтарь	$5 \cdot 10^{16}$
	Амброид (или амберит)	$5 \cdot 10^{16}$
	Сера	$1 \cdot 10^{17}$
	Эбонит	$2{,}8 \cdot 10^{18}$
	Слюда	$5 \cdot 10^{14}$
	Канифоль	$5 \cdot 10^{16}$
Удельное поверхностное электрическ. сопротивление весьма большое в Ω-см	Церезин	$8 \cdot 10^{16}$
	Парафин	$5 \cdot 10^{16}$
	Сера	$> 3 \div 8 \cdot 10^{15}$
	Синтетич. смолы	$9 \cdot 10^{13}$
	Амброид (или амберит)	$2 \cdot 10^{12} \div 4 \cdot 10^{14}$
	Янтарь	$2 \cdot 10^{13} \div 4 \cdot 10^{14}$
	Карболиты К, Ж, Фур	$5 \cdot 10^{13}$
Угол диэлектрич. потерь δ весьма малый, 10^4 tg φ	Вакуум	0
	Церезин (при частоте 10^3)	0,3
	Парафин (при частоте 10^3)	0,8
	Гексан сухой (при частоте 10^3)	1
	Ксилол сухой (при частоте 10^3)	1
Угол диэлектрич. потерь δ весьма малый, 10^4 tg φ	Слюда (при частоте 10^3)	2—10
	Слюда (при частоте $5 \cdot 10^6$)	2
	Стекло Минос (при частоте 10^3)	30
	Стекло О 103	3,4
	Кварц (при частоте $5 \cdot 10^5$)	1,2
Электрическая крепость весьма большая, в kV/мм	Вакуум (теоретич.)	Ок. 1 000
	Вакуум (практически достигнутая крепость)	40
	Искусственный твердый каучук	80
	Целлон	30
	Бумага, пропитанная бакелитом	55
	Кварц плавленый	24
	Слюда	80—200
	Миканит	25
Удельное электрич. объемное сопротивление при высокой $t°$ сравнительно высокое в Ω-см	Алмаз чистой воды	$1{,}3 \cdot 10^7$ (при 1 420°),
	Алмаз не чистой воды	ок. $6 \cdot 10^4$ (при 950°) и ок. $6 \cdot 10^3$ (при 1 030°)
Удельное электрич. поверхностное сопротивление во влажной атмосфере (90%) сравнительно высокое в Ω-см	Церезин	Ок. 10^{17}
	Специальный парафин	Ок. 10^{17}
	Кварц плавленый	—
	Сера	$> 3 \div 8 \cdot 10^{15}$
	Янтарь	$2 \cdot 10^{13}$
	Эбонит	$7 \cdot 10^{12}$
Поверхностное разрядное напряжение во влажной атмосфере (90%) сравнительно большое, в kV/см	Парафин	10^{13}
	Фарфор	10^6—10^7

наоборот, возможно большой, или, наконец, имеющий определенное значение диэлектрический коэфф.; возможно малый угол диэлектрич. потерь; возможно малые $t°$-ные коэффициенты всех электрических свойств.



Фиг. 4.

Из механическ. свойств выделяются: большое сопротивление на разрыв, на сжатие, на изгиб, при чем в особенности важно бывает большое значение какой-нибудь одной из этих величин; определенная степень твердости; малая хрупкость; малый удельн. вес; хорошая обрабатываемость разными способами; отсутствие пор, хотя в известных случаях пористость как раз необходима, и т. д. Эти механич. требования относятся к твердым И. э. м.; требования, предъявляемые к И. э. м. пластичным, волокнистым, жидким и газообразным, конечно, совсем другие.

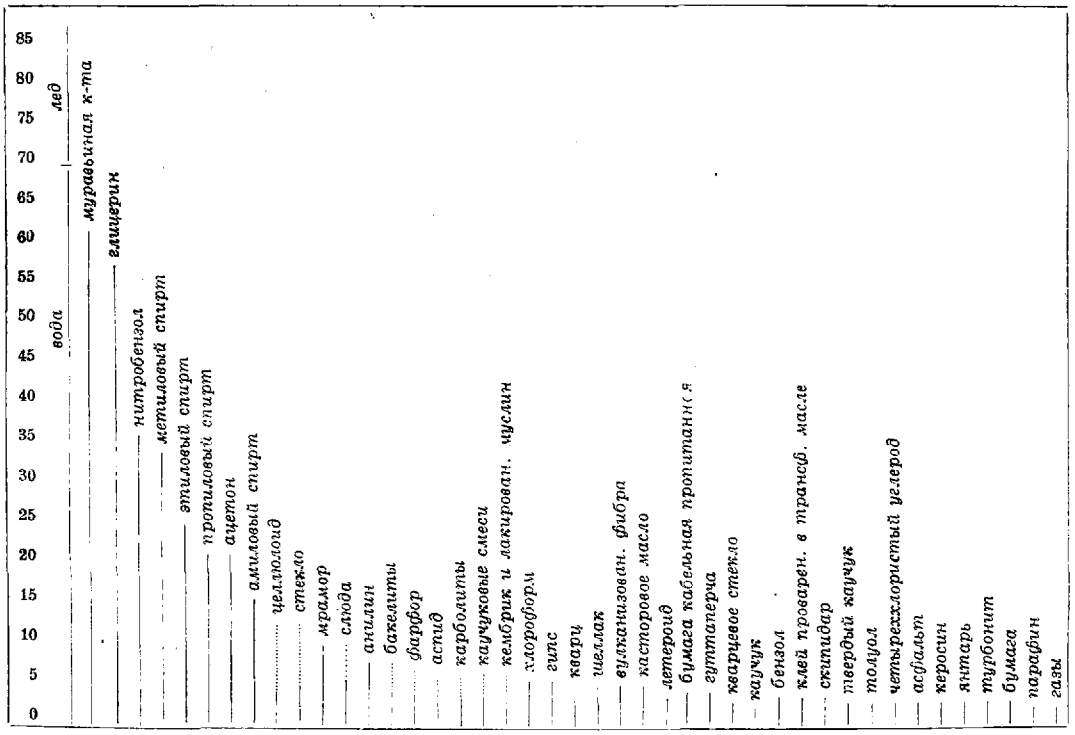
Из термич. условий особенно желательны: большая теплоемкость, большая теплопроводность, малый или иногда имеющий определенное значение коэфф. расширения; высокая $t°$ размягчения, высокая $t°_{пл.}$ (для пластичных диэлектриков нередко требования как раз обратные); для жидких И. э. м.— высокая $t°_{кип.}$ и низкая $t°_{отв.}$, малая вязкость.

Наконец, из числа химич. свойств необходимо отметить: стойкость соединений, входящих в И. э. м.; возможно малую повреждаемость к-тами соединений, входящих в И. э. м.; возможно малую повреждаемость к-тами, щелочами, минеральными маслами; высокую $t°$ вспышки и воспламенения; неспособность приходить в химическое взаимодействие с теми средами и материалами, с которыми данный изоляционный электротехнический материал соприкасается.

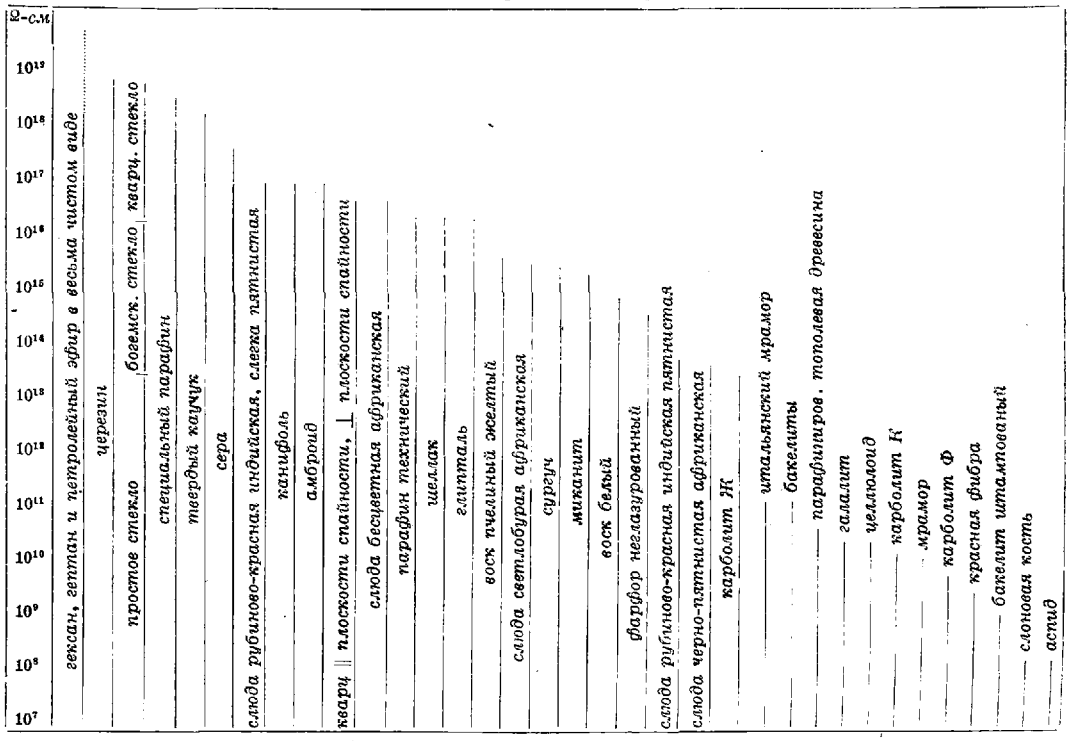
Современная электропромышленность, которая пользуется весьма широко различн.

искусственными И. э. м. органич. характера, склонна особенную важность придавать

творительность И. э. м. в механич. отношении. Согласно предписаниям, действующим в Гер-



Фиг. 5. Диэлектрический коэффициент ε.

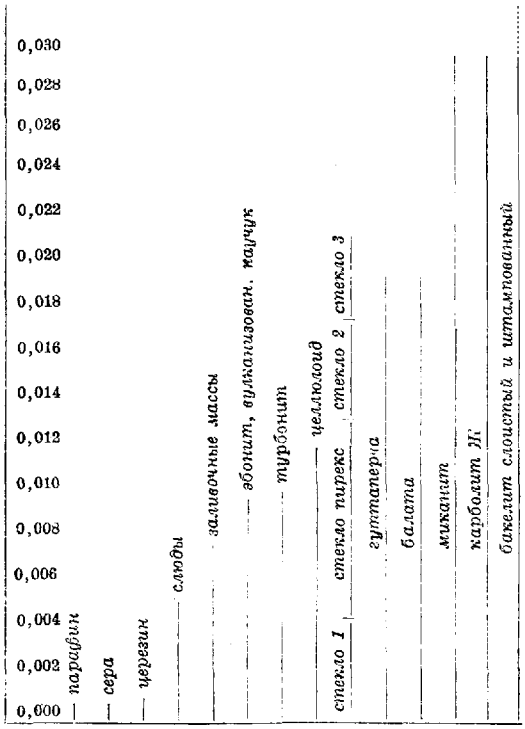


Фиг. 6. Удельное объемное электрическое сопротивление.

теплостойкости, поскольку этот пункт оказывается на практике наименее обеспеченным и ведущим за собою поэтому неудовле-

мании, И. э. м. должны испытываться в механическом и тепловом отношении (прочность на изгиб, прочность на ударный изгиб,

твердость по Бринелю, теплостойкость и огнестойкость) и в электрическом (поверхностное сопротивление, объемное сопротивление, дугостойкость). Однако, эти признаки могут дать лишь представление о И. э. м. в его сравнительно мало ответственной службе, например в установочных изделиях.

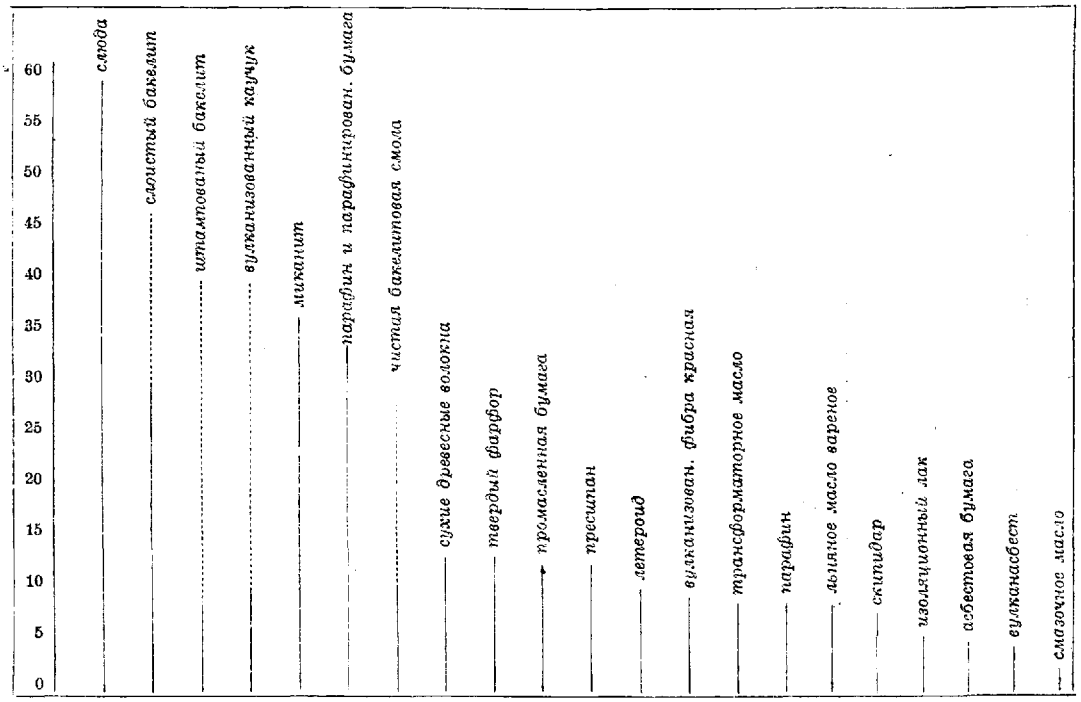


Фиг. 7. Коэффициент диэлектрической мощности при 1 000 пер/сек.

Номенклатура. Производство И. э. м. долгое время было кустарного характера, рецептура и производственные процессы не имели под собою научной основы и держались производившими фирмами в тайне. Отсюда и до настоящего времени не изжитая некоординированность изоляционной промышленности в разных отраслях, корепившихся обычно в производствах, не обслуживавших непосредственно промышленность электрическую. Отсюда же вытекает и сохранившаяся до сих пор случайность и сложность изоляционной номенклатуры, при чем И. э. м. весьма близкие между собою, иногда даже тождественные, выпускаются на рынок под совершенно различными названиями. Названия И. э. м. в подавляющем большинстве случаев не связаны с физико-химич. природою материалов и производятся от фамилий, имен, начальных букв и т. д., так что могут быть усвоены лишь памятью.

В табл. 11 показано распределение по классам ходовых И. э. м. герм. производства согласно германской классификации.

Число действительно усвоенных электропромышленностью диэлектриков весьма невелико, несмотря на широкие возможности, имеющиеся в этом отношении: бумага в разных видах, бумага с бакелитом, асбест и другие наполнители с бакелитом, шеллаком, асфальтом, каучуком, слюда с шеллаком или бакелитом, в меньшей степени эстеры целлюлозы (нитрат и ацетат)—таковы ходовые твердые И. э. м., содержащие органич. вещество; сюда следует добавить еще несколько пластических или жидких И. э. м. (составы на битуминозном основании, восковые составы, изоляционные масла) и небольшое



Фиг. 8. Электрическая крепость некоторых ходовых электроизоляционных материалов в kV/м.м.

Табл. 11.—Распределение по классам согласно Германской классификации отформованных И. э. м. германского производства (по официальным германским данным).

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Тенацит 6	Тенацит 8а черный	Тенацит 8Аа	Тенацит 1	—	—	Тенацит 8а красный	—	Тенацит 2	—
Тенацит 8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Эсгалит E81	—	Эсгалит E59	Эсгалит E61	—	—	Эсгалит E81	—	Эсгалит E82	Эсгалит E90
Эсгалит E87	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Стемалит 1	Стемалит 2	Стемалит K2	—	—	Стемалит 6	Стемалит 7	Стемалит 8	—	Стемалит K4
—	—	Стемалит K3	—	—	—	—	—	—	—
—	Резистан красно-бурый	Резистан светлый	Резистан бурый	—	—	Гелиозит A	Гелиозит B	—	Резистан E
—	—	—	Резистан черный	—	—	—	—	—	—
Риколит 7	—	Риколит 8	—	—	Риколит 6	Риколит 5	Риколит 2	—	—
Qual. M. V. A.	—	Qual. 150	Qual. 75	—	Qual. M. V. H.	Qual. Eaa	Риколит 3	—	—
Амброин BK	Марголит SEZ	Марголит REZ	Марголит EZ26	—	—	—	Амброин Ж	—	Амброин NFW
Вазагит Ba1	Вазагит BA2	Вазагит A3	Вазагит A4	—	—	—	Амброин WAP	—	—
—	—	Вазагит H	—	—	—	—	Вазагит P2	—	Вазагит W
—	—	Мерит 3	—	—	—	—	Мерит 8	—	—
—	—	Гуммон 25	Гуммон 12	—	—	—	Гуммон 180	—	Гуммон C
—	—	Гуммон 26	—	—	—	—	—	—	—
—	Кивит 4	Кивит 8	—	—	—	—	—	—	—
—	Тольцит T2	Тольцит T3	—	—	—	—	Тольцит T8	—	—
—	—	Аустралит F	—	—	—	—	—	—	Аустралит Z
—	—	—	—	—	Фульгурит	—	—	—	—
—	—	Ассуларит	—	—	—	—	—	—	—
—	—	Рулит 1	—	—	—	Ребрит 3	—	Ребрит 1	—
—	—	Рулит 2	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	Аронит	—	—
—	—	Родеритовый материал X	—	—	—	—	Родеритовый материал 5	—	—

число ходовых неорганических изоляционных электротехнич. материалов (две-три каменные породы, базальт, фарфор, стеатитовые массы, стекло разных видов, слюда), чтобы исчерпать чрезвычайно скудное использование огромного разнообразия естественных и искусственных материалов, которые могли бы войти в электропромышленность.

Точно так же и число крупных фирм, производящих электроизоляционные материалы, сравнительно невелико. Что касается СССР. то производство органических И. э. м. в СССР ведется на з-дах: Карболит, Электросила, Харьковский электрозавод (ХЭЗ),Пролетарий, Динамо, на резин. з-дах, на заводах Центробумтреста, треста Лакокраска, в трестах Битумсланец, Туркменцероз, в Грознефти и отчасти кустарями. В 1928/29 г. выпуск И. э. м. собственно электротехнич. з-дов достигнет в отпускных ценах этого года суммы 4,7 млн. руб., а Главлесбума и Главхима—на сумму ок. 7 млн. руб., тогда как ввоз из-за границы изоляционных полуфабрикатов выражается в сумме 550 000 руб. Согласно пятилетней программе, намечается значительное повышение изоляционной промышленности в отношении качества (в силу появления новых задач) и количества—в 1928—33 гг. всего на сумму ок. 54 млн. руб.

Лит.: Швайгер А., О материалах электрич. изоляции, Берлин, 1922; Смуров А. А., Электротехника высокого напряжения и передача электрич. энергии, Л., 1925; Флоренский П. А., Диэлектрики и их техническое применение, М., 1924; Комарков Е. Ф., Технология электротехнических материалов, М., 1925; Окулов П., Технология електроматеріялів, Київ, 1929; Wernicke K., Die Isoliermittel d. Elektrotechnik, Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, hrsg. v. G. Benischke, B. 10. Brschw., 1908; Schwaiger A., Lehrbuch d. elektrischen Festigkeit d. Isoliermaterialien, 2 Auflage. Berlin, 1925; Demuth W., Die Materialprüfung d. Isolierstoffe d. Elektrotechnik, 2 Aufl., Berlin, 1923; Schering H., Die Isolierstoffe d. Elektrotechnik. Berlin, 1924; Günther-Schulze A., Über die dielektrische Festigkeit, München, 1924; Zipp H., Handbuch d. elektrischen Hochspannungstechnik, Lpz., 1923; Monkhouse A., Electrical Insulating Materials, L., 1926.

П. Флоренский.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К VIII ТОМУ Т. Э.

Абрис 815.
Агалит 80.
Агитатор Пачука 557.
Агоническая линия 468.
Адрагант 183.
Акустическая жесткость 351.
Акустические облака 352.
Аллергические заболевания 119.
Амальгамация золотых руд 545.
Антифоны 344.
Апофиз 38.
Аппараты проходные 269.
Аппробация зерна 504.
Арахис 429.
Асбестин 80.
Асбестовая лента 850.
Асбестовая тесьма 850.
Аудиометр 356.
Аурат калия 544.
Аффинаж золота 560.
Ацетильное число 103.

Багер-машина 408.
Банкеты 419.
Барабан зольный 538.
Барабан латный 538.
Безостые гирки 492.
Бель 331.
Бермы 419.
Биенин 348.
Боб масличный 501.
Бобы конские 501.
Бобы турецкие 500.
Бовенит 529.
Боевая личинка 321.
Бонификация зерна 504.
Боны 176.
Брандвахта 396.
Бровка 429.
Буккер 308.

Ваги 310.
Вальки 310.
Вариометр 471.
Вельегорка 499.
Венгерское ярмо 314.
Вердолит 80.
Весы Ллойда 471.
Взрывные волны 358.
Вигна 501.
Вика 501.
Виката игла 272.
Вильямсит 529.
Влажность 146.
Воспламенение масел 872.
Всесушилки 523.
Вспышка масел 872.
Всхожесть зерна 489.
Выбрасыватель 321.
Выемка 418.
Вязкость масел 874.

Газовые вредности 138.
Галилеева труба 588.
Гальванометр с детектором 795.
Галька 437.
Гарансе 734.
Геофон 362.
Гессит 575.
Гидроакустические приборы 363.
Гидрофоны 368.
Гипсометрическая карта 814.
Глазомерная съемка 816.
Глинка (каолин) 183.
Глобоидальная передача 688.
Головка зубца 633.
Горение зерна 510.
Горизонтали 814.
Горная синь 733.
Горох 499.
Горох бараний 501.
Грабарка 449.
Гравий 437.
Гречиха 499.
Гужи 309.

Дайки 40.
Деклинатор 467.
Декремент колебания 328.
Декремент логарифмический 329.
Делительная окружность 633.
Децибель 332.
Диаметральный шаг 634.
Диафрагма в земляных плотинах 433.
Диспансеризация 123.
Диэлектрические коэффициенты масел 881.
Драга 408.
Дуга зацепления 638.
Дуранда 106.
Души воздушные 132.
Дышло 313.

Единицы передачи 331.
Емкость катушек 789.

Жила свитая 38.
Жировые вещества 94.
Жиры животные 94.
Жолудь земляной 429.

Заводское изобретение 805.
Зажигательные авиабомбы 193.
Зажигательные снаряды 194.
Зажигательные стрелы 193.
Закалка игол 700.
Заломы 319.
Зальбанды 38.
Запаривание 303.
Запирающий контур 169.
Затворы гидротехнические 325.
Заторфовывание 114.
Зацепление цевочное 636.
Зацепление циклическое 634.
Зацепление эвольвентное 639.
Заявительская система 802.
Звукоулавливатели 371.
Зелень известковая 733.
Землечерпательницы 401.
Земляной провод 205.
Земной индуктор 467.
Зеркальный крест 484.
Зерновка 485.
Золка 536.
Золото листовое 563.
Золотобитие 564.
Золотое деление 567.
Золочение стекла 483.
Зольность масел 869.
Зыбун 115.

Изаномалы 817.
Изатинанилид 712, 713.
Изатиновая кислота 712.
Изатинхлорид 712.
Избоина 106.
Известковое молоко 741.
Измельчение золотых руд 551.
Измерение длины волн 790.
Измерение коэффициента отражения 800.
Измерение коэффициента пропускания 800.
Измерение освещенности 799.
Измерение параметров антенны 796.
Измерение светового потока 799.
Измерение силы света 797.
Измерение сопротивлений 792.
Измерение частоты 790.
Измерение энергии 794.
Измерение яркостей 800.
Измерения световые 796.
Измерительные приборы 779.
Изоамплитуды 818.
Изобары 817.
Изогеотермы 818.
Изогиеты 817.
Изогоны 468.
Изодинамы 468.
Изоклины 468.
Изокримы 818.
Изоляция 820.
Изонефы 818.
Изопаги 818.
Изопектики 818.
Изотаки 818.
Изотермы 817.
Изотеры 818.
Изохимены 818.
Изохионы 818.
Иловой процесс 555.
Инклинатор 467.
Испаряемость масел 871.
Испытание масел 877.

Кавальеры 419.
Калаверит 575.
Калориферы 515, 517.
Калориферы огневые 517.
Камедь сенегальская 183.
Канавы нагорные 418.
Каольгардит 575.
Каррарская масса 278.
Катодофон 360.
Каян 501.
Кеттсторфера число 102.
Кирки 443.
Кислотность гидролитическая 727.
Кислотность обменная 727.
Клепальная машина 226.
Клепка 220.
Клепочные машины 220.
Колеса винтовые 680.
Колеса гиперболоидальные 678.
Колеса конические 671.
Колеса цилиндрические 634.
Колымажка 449.
Комбинационные тоны 349.
Компаунды пропиточные 858.
Компенсаторы звуковые 356.
Конденсатор кварцевый 367.
Конструкции облегченные 65.
Конструкция каркасная 66.
Контр-банкеты 419.

Коттедж 44.
Коэффициент затухания 331.
Коэффициент омыления 102.
Коэффициент тяги 531.
Крейцмейсель 591.
Крепперит 575.
Кривая избирательная 713.
Кровля 39.
Крыши плоские 58.
Кукуруза 497.
Кюветы 418.

Лаки водные 858.
Лаки масляно-воздушные 857.
Лаки печные 857.
Лаки полимеризационные 858.
Лаки «Сигма» 857.
Лаки спиртово-воздушные 857.
Лёсс 437.
Лестницы 54.
Лехера способ 791.
Лечебницы зерна 510.
Лима 501.
Линии зацепления 635.
Линоксин 100.
Липаза 98.
Лобия 501.
Ловушки 548.
Лоджии 54.
Ложный плод 485.
Лопаты 442.
Лупин 501.
Лябляб 501.

Магнитная аномалия 468.
Магнитные бури 472.
Магнитные полюсы 468.
Магнитный экватор 468.
Магнитограммы 472.
Магнитограф 471.
Маис 497.
Макуха 106.
Мальдонит 574.
Масла смоляные 868.
Маш 501.
Мергель 437.
Мертвые зоны 582.
Метакритическая температура 26.
Метанол 21.
Методы мокрые (разделения золота) 561.
Механич. эквивалент света 762.
Микрофон конденсаторный 357.
Миля стандартного кабеля 332.
Модераторы 312.
Модуль зацепления 634.
Молекулярное давление 24.
Мост Вина 785.
Мотыги 443.

Нагиагит 575.
Наклонение 466.
Налобное ярмо 315.
Намазь 537.
Настоящий плод 485.
Насыпь 418.
Натура зерна 488.
Начальная окружность 633.
Недокись 211.
Непер 331.
Ножка зубца 633.
Нут 501.
Нутряк (жиры) 94.

Обкатывание 602.
Обтюраторы 322.
Общежитие 46.
Овес 495.
Оглобли 312.
Огустевание масел 874.
Одонтограф 640.
Одонтометр 663.
Окшара 183.
Остистые усатки 492.
Острота настройки 713.
Осциллляторы звуковые 365.
Отжиг стекла 479.
Откалка стекла 479.
Откосы 418, 429.
Оторочки 38.
Отпуск игол 701.
Отсасывающий контур 169.

Пацильонаж 398.
Параболоиды 371.
Паровая система земледелия 383.
Патентоспособность 811.
Пелюшка 500.
Перекрытия 58.
Перколяция 552.
Песок 437.
Петцит 575.
Печи для термической обработки 701.
Пищик 690.
Плёвка 565.
Плес 396.
Пневматические молотки 228.
Поверхностное натяжение 24.
Подводная сирена 365.
Подводный колокол 365.
Подгорлица 314.
Подъемники 54.
Полимент 566.
Полировка стекла 480.
Полюс передачи 633.
Пористость фарфора 835.
Порпецит 574.
Постарение масел 875.
Постель (жилы) 39.
Постромки 309.
Поталь 563.
Продолжительность зацепления 638.
Прожилки 38.
Прокатка стекла 478.
Просо 496.
Протасочные станки 600.
Противогазы 344.
Профессиональн. отравления 116.
Путы 530.
Пушонка 738.
Пшеница 491.
Пылевые вредности 138.

Рабочее изобретательство 807.
Ракушечники 735.
Реверберация 361.
Резервы 418.
Релея диск 357.
Респираторы 342.
Рефакция 504.
Рис 498.
Риски 231.
Рихтовка 695.
Родит 574.
Рожь 493.
Рыбные заколы 319.
Ряжи 175.

Самовар 306.
Самонагревание зерна 510.
Седёлка 309.
Селективность 713.
Серебрение зеркала 481.
Серпентин 529.
Сертификаты 507.
Сильванит 575.
Синоптические карты 817.
Синтол 21.
Синтин 22.
Скверхеды 492.
Склонение 466.
Скреперы-волокуши 448.
Соединения алифатические 79.
Соединения ациклические 79.
Соединения метановые 79.
Соль Фордо и Желиса 544.
Сопстон 80.
Сорго 497.
Сосун 393.
Соя 501.
Спецодежда 336.
Сплавина 115.
Стены 56.
Стены каркасные 57.
Стрипперные краны 180.
Строительные материалы 71.
Суглинок 437.
Супесок 437.
Суржа 502.
Сусаль 563.

Тальк 80.
Тальма-золото 563.
Тачки 447.
Теодолит магнитный 466.
Тепари 501.
Термогальванометр Дудделя 795.
Термофон 357.
Террасы 54.
Титр 99.
Топляки 319.
Травопольная система 383.
Трагант 183.
Трансформатор Хунда 787.
Требень 429.
Тренчер 406.
Трубопровод рефулерный 390.

Ударник 321.
Уздечка 530.
Уплотнитель 555.

Фадинг 280.
Фасоль 500.
Фединг 280.
Фиксативы 266.
Фольга золотая 563.
Фонодейк 360.
Фонометр 357.
Фотометр 798.

Хлороаураты 544.
Хомут 309.
Хомут-шлейка 309.
Хризотил 529, 851.
Хромовые плюса 268.

Червячная передача 681.
Чересседельник 309.
Чечевица 500.

Цемент белый английский 278.
Цемент королевы 278.
Цемент мраморный 278.
Цемент Сореля 277.
Цементация игол 701.

Шаг 231.
Шаг зацепления 633.
Шаланды 396.
Шихта 477.
Шлея 309.
Шлифовка игол 696.
Шлифовка стекла 480.
Штильвага 312.

Щебень 437.

Экскаваторы 402.
Экскаваторы грейферные 446.
Экскаваторы канатные 408.
Экскаваторы колесные 447.
Экскаваторы многочерпаковые 412, 447.
Экскаваторы одночерпаковые 406, 444.
Экскаваторы скребковые 446.
Элаидин 101.
Элаидиновая кислота 97.
Электрическая крепость масел 883, 884.
Электропроводность масел 878.
Электрум 574.
Эркеры 53.
Эфель 552.
Эхо-лот 371.

Ядрица 499.
Язы 319.
Ярица 494.
Ячмень 494.