6
9T38
N17



ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

ПРОВЕРЕНО
1936 г. № 169493

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

ПРОВЕРКА
ГПНТБ/ЦГ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Л. К. МАРТЕНС

ТОМ СЕМНАДЦАТЫЙ

ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ—ПРОИЗВОДСТВО ОВОЩЕЙ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»
МОСКВА ✧ ОГИЗ РСФСР ✧ 1932

© ГПНТБ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»



XVII том сдан в производство 14 июня 1931 г.:
подписан к печати 15 июня 1932 г.

В XVII томе ТЭ помещены 766 иллюстраций в тексте, четыре вкладки к статьям: «Пожарный автообоз»—1, «Поляризация света»—2, «Припои и паяние»—1.

Адрес Редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.
Адрес Издательства: Москва, Волхонка, 14.

16 типография треста «Полиграфкнига», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита Б 12 503. Гиз 18. Э-00 г. Заказ 85.
Бумага 72×108/16. 28 п. л. × 94 720 зн. Тираж 36 000 экз.

© ГПНТБ СО РАН

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный редактор—проф. **Л. К. Мартенс.**

Зам. Гл. Редактора—проф. **М. Б. Вольфсон.** | Председатель Правления—**Б. П. Рогачев.**
Пом. Гл. Редактора—инж. **Б. Э. Шпринк.** | Ученый Секретарь—**Н. П. Ракицкий.**

НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ

Ельцина Н. М.; инж. **Знаменский А. А.; Мельников И. И.;** инж. **Мушенко И. Н.;** инж. **Павлушков Л. С.; Ракицкий Н. П.; Севастьянов И. А.;** инж. **Фрязиновский И. А.;** инж. **Шпринк Б. Э.;** инж. **Эрвальд К. А.;**
Зав. библиографией: инж. **Таубман С. И.;** Технический Редактор: **Никаноров В. М.**

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР

Зам. Предправления: **Большеменников А. П.;** Зав. Производств.-Издательским Сектором: **Татиев Д. П.;** Зав. Планово-Учетным Отделом: **Маркус В. А.;** Технический Редактор по иллюстрациям: **Тавастшерна В. Я.;** Зав. Технической Редакцией при типографии: **Дмитриев М. М.;** Технические Редакторы при типографии: **Кондзеровский Г. В.; Сакмаров П. Г.;** Зав. Корректорской: **Кулешов Н. З.**

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	микромикроны (0,000001 *μ*).
км²	квадратные километры.
га	гектары (квадратные гектометры).
а	ары (квадр. декаметры).
м²	квадратные метры.
м³	кубические метры.
дм³	» дециметры.
см³	» сантиметры.
мм³	» миллиметры.
т	метрич. тонны (1 000 *кг*).
ц	центнеры (100 *кг*).
кг	килограммы (1 000 *г*).
г	граммы.
дг	дециграммы (0,1 *г*).
сг	сантиграммы (0,01 *г*).
мг	миллиграммы (0,001 *г*).
γ	микрограммы (0,001 *мг*).
к	караты (200 *мг*).
кл	килолитры (1 000 *л*).
гл	гектолитры (100 *л*).
дкл	декалитры (10 *л*).
л	литры.
дл	децилитры (0,1 *л*).
сл	сантилитры (0,01 *л*).
мл	миллилитры (0,001 *л*).
тм	тоннометры.
кгм	килограммометры.
т/м²	тонны на кв. метр.
кг/см²	килограммы на кв. сантим.
м/сек	метры в секунду.
п. м	погонные метры.
рег. т	регистровые тонны.

II. Математич. обозначения.

°	градус.
′	минута, фут.
″	секунда, дюйм.
‴	терция, линия.
>	больше (< меньше).
⩽	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	гиперболич. 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	милливольт.
VA	вольт-ампер.
kVA	киловольт-ампер.
mA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегом.
μΩ	микроом.
C	кулон.
VC	вольт-кулон.
H	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
Å	ангстрем.
D	дина.
Cal	калория большая.
cal	калория малая.
HP	лошадиная сила.
lm	люмен.
lx	люкс.
m	мюрг.

б) Величины.

$t°$	температура обыкновен.
$T°$	» абсолютная.
$t°_{кип.}$	» кипения.
$t°_{пл.}$	» плавления.
$t°_{заст.}$	» застывания.
$t°_{отв.}$	температура отвердевания.
$t°_{крит.}$	» критическая.
atm	атмосфера техническая.
Atm	» барометрич.
I	сила тока.
Q	электрич. заряд, количество электричества.
E	электродвижущая сила.
V, U	напряжение, потенциал.
A	работа.
W	энергия.
N	мощность.
T	период колебания.
f, ν	частота.
ω	угловая скорость, угловая частота.
Ω	боковая частота.
λ	длина волны.
φ	сдвиг фазы.
L	самоиндукция.
C	емкость.
R	сопротивление активное (ваттное).
ε	диэлектрич. постоянная.
μ	магнити. проницаемость.
ϱ	удельное сопротивление.
σ	удельная проводимость.
δ	декремент затухания.
Φ	магнитный поток.
H_{Br}	твердость по Бринелю.
$A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3}$ / $A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3}$	критич. точки железн. сплавов.
g	ускорение силы тяжести.
l	длина.
m	масса.
$D^{t°}_{t°}$	уд. вес при $t°$ по отношению к воде при $t°$.
[α];$[α]_D$	угол вращения плоскости поляризации.
$C_{H_3O^+}$; [H_3O^+]	концентрация водородных ионов.
pH; P_H	водородный показатель.
$^1/_1N$	нормальный раствор.
$n^{t°}_D$	коэф. преломления.

IV. Основные сокращения.

фт.—футы.
дм.—дюймы.
кц.—килоцикл.
ц.—цикл.
св.—свеча.
об/м.—обороты в минуту.
п-вс.—пудоверсты.
п-фт.—пудофуты.
фт/ск.—футы в секунду.
чв-д.—человекодни.
чв-ч.—человекочасы.
долл., $—доллары.
мар.—марки.
фн. ст., £—фунты стерлингов.

фр.—франки.
милл.—миллиги.
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°-ной).
°Р.—Реомюра.
°Ф.—Фаренгейта.
t°—темп-ра 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.
гг.—годы, города.
д.—деревня, долгота.
д. б.—должно быть.
ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодорожный.
з.-европ.—западноевропейский.
з-д—завод.
изд.—издание.
ин-т—институт.
Jg.—Jahrgang.
кпд—коэфициент полезного действия.
к-рый—который.
к-та—кислота.
Lfg—Lieferung.
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.).
p.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
пром-сть—промышленность.
проф.—профессор.
SK—зегеровские конуса.
С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.
стр.—страницы.
т.—том, томы.
t.—tome, tomes.
T.—Teil, Teile.
тв.—твердость.
т-во—товарищество.
темп-ра—температура.
т. н.—так называемый.
тр-к—треугольник.
уд.—удельный.
уд. в.—удельный вес.
ур-ие—уравнение.
У. П.—Урочное положение.
u. ff.—und folgende.
ф-ия—функция.
ф-ка—фабрика.
ф-ла—формула.
H.—Heft, Hefte.
хим. сост.—химический состав
ц. т.—центр тяжести.
Ztg—Zeitung.
Ztrbl.—Zentralblatt.
Ztschr.—Zeitschrift.
ш.—широта.
эдс—электродвижущая сила.
эфф.—эффективный.
Ап. 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.

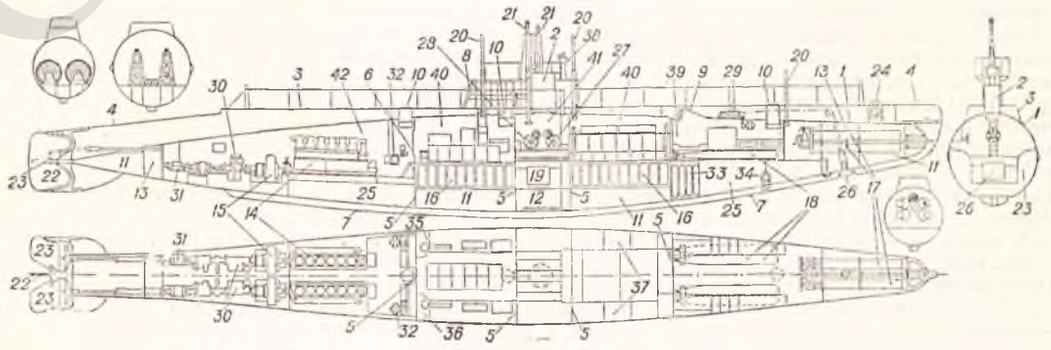
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ НАЗВАНИЙ РУССКИХ И ИНОСТРАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ, ОБЩЕСТВ, ФИРМ

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

П

ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ, суда, обладающие способностью плавать на поверхности воды, быстро погружаться под воду и в погруженном состоянии итти на глубине, максимальная величина которой определяется прочностью корпуса. Термин П. л. в настоящее время является общим, включающим различные типы подводных кораблей: подводные крейсеры, подводные заградители, подводные мониторы, позиционные лодки, эскадренные лодки. В зависимости от типа П. л. водоизмещение в подводном положении колеблется в значительных пределах. 600—3 000 *т*, причем глубина погружения 50—75 *м*, а для некоторых достигает 100 *м*. П. л. обладают достаточно хорошими мореходными качествами и могут продолжительное время (до 1 месяца) находиться в море, не считаясь с его состоянием. Наряду с этим П. л. имеют большой район плавания, в среднем 3 000—5 000 миль, доходящий у некоторых до 10 000 миль. В подводном положении современная П. л., имеющая полный запас электрической энергии, может пройти ~ 100 миль, а некоторые даже значительно больше. Способность П. л. погружаться и плавать на больших глубинах достигается значительным утяжелением корпуса, механизмов и установок, делающих использование их для коммерч. целей неэкономичным, т. к. полезная грузоподъемность судов этого класса небольшая. В настоящее время П. л. применяются лишь для военных целей, так как возможность быстро скрыться под воду (в 1—1,5 минуты) и незаметно под водой подойти к противнику делает их весьма сильными и трудно уязвимыми кораблями, несмотря на наличие большого количества самых разнообразных средств борьбы с ними.

На фиг. 1 показан разрез и план американской П. л. типа Голланд, водоизмещением 450 *т*, где: *1*—прочный корпус, *2*—рубка, *3*—надстройка, *4*—легкая оконечность, *5*—водонепроницаемая переборка, *6*—водонепроницаемая дверь, *7*—киль, *8*—кожух рубки, *9*—люк для погрузки торпед, *10*—выходной люк, *11*—цистерны главного балласта, *12*—уравнительная цистерна, *13*—дифферентная цистерна, *14*—дизели, *15*—главные электромоторы, *16*—аккумуляторы, *17*—торпедные аппараты, *18*—запасные торпеды, *19*—цистерна высокого давления (средняя), *20*—труба для подачи воздуха в лодку, *21*—перископ, *22*—вертикальный руль, *23*—кормовые горизонтальные рули, *24*—привод складывающихся к борту носовых горизонтальных рулей, *25*—топливные цистерны, *26*—подводный якорь, на к-рый П. л. может становиться в подводном положении, *27*—штурвал носовых горизонтальных рулей, *28*—штурвал кормовых горизонтальных рулей, *29*—шпиль, *30*—главный балластный насос, *31*—упорный подшипник гребного валопровода, *32*—вентилятор, *33*—резервуары для хранения сжатого воздуха, *34*—подводная звуковая сигнализация, *35*—WC, *36*—умывальник, *37*—каюты, *38*—магнитный компас, *39*—носовое торпедное и жилое помещение, *40*—жилые помещения, *41*—центральный пост, *42*—машинное отделение.



Фиг. 1.

Главным и наиболее распространенным вооружением П. л. являются *торпеды* (см.). Кроме того П. л. обычно имеют еще артиллерию. Некоторые подводные лодки принимают на себя мины заграждения для постановки их в подводном положении (подводные заградители).

Погружение. Для обеспечения необходимых мореходных качеств П. л. должны иметь значительный запас плавучести, благодаря к-рому они, не зарываясь, могли бы хорошо держаться на волне. Для обеспечения лучших мореходных качеств желательно

иметь возможно больший запас пловучести, но наличие такового вызывает значительное увеличение водоизмещения в погруженном состоянии. Последнее невыгодно из-за утяжеления электромоторов и аккумуляторов, потребных для достижения заданной подводной скорости. Поэтому запас пловучести, удерживающий П. л. на поверхности, колеблется у различных П. л. от 20 до 30% от надводного водоизмещения. Для погружения под воду необходимо поглотить этот запас пловучести приемом воды в так наз. балластные цистерны (1-я фаза), причем вес погруженной под воду П. л. должен быть весьма близким к весу вытесненной ею воды. Таким образом подводное водоизмещение П. л. больше надводного на величину запаса пловучести. Обычно водоизмещение П. л. записывается в виде дроби, у к-рой числитель—надводн. водоизмещение, а знаменатель—подводное, напр. $\frac{460}{598}$ m. После приведения пловучести П. л. к нулевой или к небольшой положительной или отрицательной дают П. л. ход и перекладкой горизонтальных рулей, подобно тому, как это делается на летательных воздушных аппаратах, создают диферент на нос и ходом уводят ее на глубину (2-я фаза). При создании горизонтальными рулями диферента на корму П. л. будет всплывать. С переходом П. л. на заданную глубину, горизонтальные рули устанавливаются в среднее положение. У современных П. л. прием воды в балластные цистерны продолжается около 30 ск., причем вода в цистерны поступает из-за борта самотеком. Т. к. для погружения П. л. приходится принимать в цистерны большое количество воды, напр. у П. л. надводного водоизмещения в 1 000 m при запасе пловучести в 30%—до 300 m, то для ускорения процесса заполнения и уменьшения размеров забортных отверстий делают 10—12 балластных цистерн и даже больше. В среднем емкость отдельных цистерн порядка 30—40 m. Разбивкой водяного балласта по отдельным цистернам разрешается и вопрос остойчивости во время приема воды, т. к. большая, свободно переливающаяся поверхность воды в одной цистерне или в малом количестве их дала бы отрицательную остойчивость, и П. л. могла бы перевернуться. Величину забортных отверстий (кингстонов затопления) определяют по ф-ле

$$Q = \mu F T \sqrt{2gh_m},$$

где Q—емкость цистерны в $м^3$; F—площадь отверстия кингстона затопления в $м^2$; T—время затопления цистерны в ск.; h_m—средняя высота напора воды; μ—коэф. истечения, к-рый для прямоугольного дискового запора равен 0,65, а для клапана без корпуса, но с направляющими—0,57. Кингстоны затопления размещаются в самой нижней части цистерны, так как через эти отверстия производится и удаление воды из цистерны сжатым воздухом. Одновременно с затоплением цистерн из них должен совершенно свободно выходить воздух. Закрываемые клапанами отверстия для выпуска воздуха из цистерн, носящие название вентиляций, размещаются в самых верхних частях цистерн, чтобы тем самым обеспечить возможно совершенное заполнение цистерн. Размер отверстия вентиляции цистерны выбирается в зависимости от размера кингстона. Johow и Foerster рекомендуют брать площадь вентиляции в $^1/_{10}$—$^1/_{15}$ площади кингстона. На большинстве П. л. управление открыванием вентиляций выводится гидравлическим или пневматическим устройством в центральный пост, откуда производится управление как погружением, так и подводным ходом. Открывание кингстонов производится обычно ручными приводами непосредственно у мест расположения кингстонов. Выведенное в центральный пост управление вентиляциями цистерн соединяют обычно в 3 группы: в первую группу включают серию носовых цистерн, во вторую—средних и в третью—кормовых. Управление вентиляциями каждой группы производится отдельным устройством. Такая разбивка управлением позволяет, в случае необходимости, регулировать закрыванием вентиляций равномерное затопление всех групп цистерн в случае, если какая-либо крайняя группа будет заполняться быстрее другой. Кроме того такая система дает возможность легко осуществлять затопление балластных цистерн в два периода, если на этой П. л. одновременное затопление всех цистерн вследствие образования больших переливающихся поверхностей в цистернах создает отрицательную остойчивость. В таком случае заполняют сначала напр. 1 и 3 группы, а затем 2, или же наоборот. Порядок заполнения цистерн регулируется вентиляционным устройством. Очевидно, что заполнение балластных цистерн должно происходить без нарушения диферента П. л., частичное же заполнение больших балластных цистерн вследствие образования свободно переливающихся поверхностей было бы большой помехой при погружении, так как с изменением диферента вода в цистернах переливалась бы и лишала возможности управлять П. л. под водой. Вместе с тем очевидно, что нагрузка (вес) П. л. неодинакова не только во время различных походов, но даже во время одного и того же похода, значительно меняясь в зависимости от расходования принятых грузов: топлива, смазочного масла, торпед, снарядов, провизии, питьевой воды и т. д. Для того чтобы вес П. л., а следовательно и ее пловучесть, можно было довести до желательной величины кроме указанных выше балластных цистерн, которые носят название цистерн главного балласта, на П. л. имеются еще специальные цистерны, приемом воды в к-рые возможно отрегулировать для погружения и подводного хода не только пловучесть, но и диферент П. л. Такими цистернами являются а) уравнительная *12* (фиг. 1), расположенная в середине П. л. по ее длине; приемом воды в эту цистерну изменяется лишь пловучесть, и б) две диферентных *13*, расположенных у обеих оконечностей П. л., от изменения количества воды в к-рых изменяется диферент П. л. Емкость уравнительной цистерны 1—2% от водоизмещения, а диферентной для среднего тоннажа (500—1 000 m)—10—20 m. При больших запасах переменных грузов уравнительная и диферентные цистерны не всегда могут решить вопрос пловучести и диферента, и в таком случае на некоторых П. л. устраивают еще

дополнительно специальные заместительные цистерны для различных грузов, размещая эти цистерны в местах хранения грузов, напр. торпедозаместительные цистерны, заместительные цистерны для провизии, пресной воды, артиллерийских снарядов. В эти цистерны принимается вода по мере расходования соответствующих грузов. Израсходованное на работу двигателей топливо заменяется в тех же топливных цистернах приемом воды в объеме, равном объему расходования топлива. Т. к. уд. в. топлива меньше уд. в. воды, то это замещение вызывает увеличение веса П. л. Избыток веса от замещения топлива покрывается частично тем, что расходуемое смазочное масло не замещается вовсе. Если П. л., уравновешенная в отношении нагрузки для погружения в воде одной солености, перейдет для погружения в воду большей солености, то естественно в нее придется принимать больше балласта. На этот случай у тех П. л., к-рые предназначаются для погружений в водах различной солености, имеются т. наз. заместительные цистерны на соленость, емкость к-рых 2—3% от водоизмещения. На нек-рых П. л. вместо устройства такой заместительной цистерны соответственно увеличивают емкость уравнительной цистерны. При использовании П. л. иногда оказывается необходимым быстро всплыть так, чтобы над поверхностью воды оказалась лишь наиболее возвышенная часть П. л. (рубка) *2* с выходным люком *10*. Для этой цели служит т. н. с р е д н я я ц и с т е р н а *19*, от удаления воды из к-рой П. л. всплывает так, что над водой оказывается рубка и прочие выступающие над палубой устройства. Средняя цистерна размещается в середине П. л., и от удаления из нее воды диферент не изменяется. Емкость средней цистерны 1—2% от водоизмещения. Вода из этой цистерны удаляется сжатым воздухом высокого давления. При погружении на большой волне вследствие оголения выступающих частей (рубки, орудия) бывает трудно оторвать П. л. от поверхности, почему для ухода под воду приходится сообщать ей временно большую отрицательную пловучесть. Для четкого проведения этой операции на нек-рых П. л. имеется ц и с т е р н а б ы с т р о г о п о г р у ж е н и я, заполнением к-рой о т р ы в а ю т П. л. от поверхности, а по уходе ее на глубину эту цистерну продувают воздухом. Емкость цистерны бывает 0,5—1,0% от водоизмещения. Так. обр. как крайний минимум совершенно необходимо для каждой П. л. иметь цистерны: главного балласта, уравнительную и диферентные. Необходимость же прочих цистерн определяется в зависимости от условий погружения и нагрузки П. л.

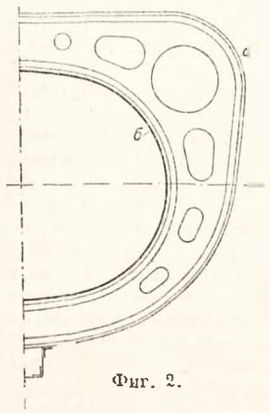
Перечисленные выше цистерны обеспечивают первую фазу погружения. Для обеспечения второй фазы погружения П. л., т. е. ухода на глубину, на П. л. обычно имеются 2 пары горизонтальных рулей: одна пара размещается в носовой оконечности лодки, а другая—в кормовой. Каждая пара рулей состоит из двух перьев, расположенных по разным бортам П. л. Управление перекладкой рулей производится из центрального поста. На некоторых П. л. носовые горизонтальные рули делаются убирающимися к борту, а кормовые для увеличения их эффективности размещаются сзади винтов так, что струи воды, отбрасываемые винтами, попадают как-раз на перья рулей. Площадь перьев горизонтальных рулей зависит от площади горизонтального сечения П. л., но отношения этих площадей значительно разнятся друг от друга у различных типов П. л. Здесь имеет значение не только удаление рулей от середины П. л., но и метод использования их на подводном ходу. Если на герм. П. л. для носовых рулей отношение площади их перьев к площади максимального горизонтального сечения П. л. 0,014—0,023, то на франц. П. л. оно 0,032—0,036. Соответствующее отношение для кормовых рулей у герм. П. л. ~0,015, а у французских П. л. ~0,025. Величина вертикальной силы, действующей на горизонтальные рули площадью S, при скорости П. л. v и при перекладке рулей к горизонту на угол α определяется по ф-ле

$$F = k \cdot Sv^2 \sin \alpha.$$

М. Карэ дает следующие средние значения для коэф-та k: для носовых рулей $k = 0{,}25$, для кормовых рулей $k = 0{,}54$, причем в случае расположения кормовых рулей сзади винтов в приведенной выше ф-ле v должно обозначать не скорость П. л., а относительную скорость движения кормовых рулей в воде с учетом скорости струи воды, отбрасываемой винтами. Максимальный угол перекладки горизонтальных рулей бывает 20—30° на каждую сторону. П. л., находясь в районе возможных встреч с неприятелем, д. б. готова к быстрому уходу под воду, а следовательно ее нагрузка д. б. отрегулирована так, чтобы погружение можно было произвести без помех. Поэтому еще до выхода на операцию П. л. производит т. наз. п р о б н о е п о г р у ж е н и е, целью к-рого является отрегулирование как пловучести, так и диферента П. л. для подводного хода. Перед выходом на пробное погружение П. л. принимает и размещает все грузы так, как они будут размещены во время похода. Процесс пробного погружения сводится к следующему. Сначала заполняются цистерны главного балласта, отчего П. л. должна погрузиться так, что над поверхностью воды едва будет выступать верхняя палуба. Если при этом окажется, что П. л. имеет диферент, то он должен быть уничтожен приемом воды в диферентную цистерну более приподнятой оконечности. В случае же если диферент П. л. после заполнения цистерны главного балласта окажется значительным, то во избежание излишней перегрузки водой диферентной цистерны переносят из более погруженной оконечности в противоположную часть твердого (чугунного или свинцового) балласта, специально погруженного для этой цели в трюмы П. л. После выравнивания диферента заполняют среднюю цистерну, после чего над поверхностью должна оставаться еще значительная часть рубки. Далее принимают по равному количеству воды в обе диферентные цистерны. Эта вода в диферентных цистернах необходима для изменения под водой диферента, появившегося по каким-либо причинам; в таком случае вода из одной диферентной цистерны перегоняется в другую. После перечисленных операций рубка еще не должна

уйти под воду, ее топят приемом воды в уравнительную цистерну. Воду в уравнительную цистерну принимают до тех пор, пока пловучесть П. л. станет нулевой или близко к таковой. Затем дают ход и горизонтальными рулями уводят П. л. на глубину. На подводном ходу убеждаются в том, что пловучесть и диферент П. л. позволяют ей легко управляться под водой. Всплывая после пробного погружения, удаляют воду только из цистерн главного балласта и из средней. Воду же из уравнительной и диферентных цистерн не удаляют. Для следующего погружения достаточно заполнить полностью цистерны главного балласта и среднюю, и П. л. окажется вполне уравновешенной для подводного хода. Очевидно, что это погружение м. б. выполнено быстро и без помех. Вес расходуемых за время похода грузов (провизия, пресная вода и т. п.) замещается по мере расхода приемом воды либо в соответствующие заместительные цистерны, где таковые имеются, либо в уравнительную и диферентные цистерны.

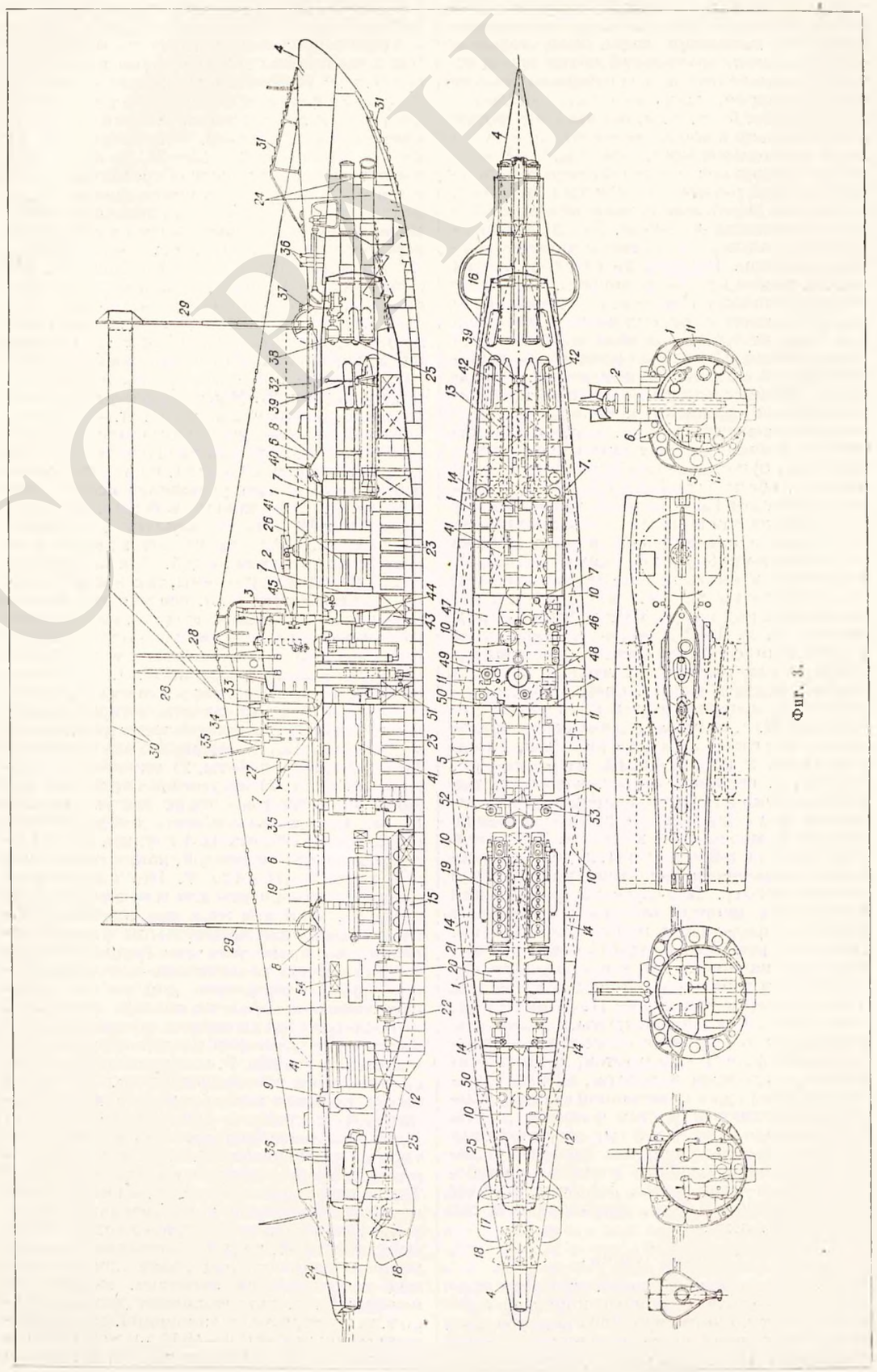
Всплывание. Для всплывания подводят П. л. горизонтальными рулями к поверхности и продувают среднюю цистерну. После этого открывают рубочный люк, давая тем самым доступ наружному воздуху внутрь П. л., и пускают турбокомпрессор, к-рый, подавая сжатый воздух в цистерны главного балласта, удаляет из них воду через открытые кингстоны затопления. Турбокомпрессор подает воздух давления 0,50—0,75 *atm*. Обычно на П. л. бывает 2 турбокомпрессора, которые, работая одновременно, могут осушить все цистерны главного балласта примерно в 5 мин. В случае аварии под водой, когда в П. л. поступает большое количество воды, с к-рым не могут справиться водоотливные средства, то для быстрого всплывания П. л. цистерны главного балласта продувают сжатым воздухом высокого давления, хранящимся в специальных воздухохранителях. Давление этого воздуха бывает примерно 175—225 *atm*. При продувании цистерн в этом случае воздух подается в них осторожно, с таким расчетом, чтобы давление в цистерне не превышало забортное более чем на 0,5 *atm*.


Фиг. 2.

Корпус П. л., с одной стороны, должен удовлетворять требованиям прочности в соответствии с наибольшей глубиной погружения, а с другой — д. б. возможно малого веса. По своей конструкции корпуса П. л. разделяются на три основные класса: ординарные, двойные и частично двойные. Ординарный корпус (типа Голланд) (фиг. 1) состоит из а) прочного корпуса *1*, б) рубки, расположенной по середине верхней части прочного корпуса *2*, в) легких оконечностей *4*, примыкающих к оконечностям прочного корпуса, и г) легкой надстройки, расположенной сверху прочного корпуса П. л. от одной легкой оконечности до другой, *3*. Двойной корпус, включая в себя все те же составные части, что и одинарный, имеет еще характерный для этого класса корпусов легкий наружный корпус *а*, к-рый вместе с надстройкой и легкими оконечностями полностью окружает прочный корпус *б* (фиг. 2). Частично двойной корпус отличается от двойного корпуса только тем, что наружный корпус его лишь частично окружает прочный корпус, оставляя его одинарным обычно в нижней части (фиг. 3). На этом чертеже показан разрез и план германской П. л. типа UB-48 водоизмещения $\frac{576}{665}$ *т*, длина 55,3 *м*, ширина 5,76 *м*, осадка 3,17 *м*; скорость над водой 14 узлов, под водой 8 узлов, вооружение 10 торпед и одна 10,5-*см* пушка. Главные части П. л. приведены на фиг. 3, где

1—прочный корпус, *2*—рубка, *3*—рубочный люк, *4*—легкие оконечности, *5*—наружный корпус, *6*—надстройка, *7*—водонепроницаемые переборки, *8*—люки для погрузки торпед, *9*—выходные люки, *10*—цистерны главного балласта, *11*—уравнительная цистерна, *12*—диферентные цистерны, *13*—торпедозаместительные цистерны, *14*—топливные цистерны, *15*—цистерны смазочного масла, *16*—носовые горизонтальные рули, *17*—кормовые горизонтальные рули, *18*—вертикальный руль, *19*—дизели, *20*—главные электромоторы, *21*—фрикционные муфты, *22*—кулачные муфты, *23*—аккумуляторы, *24*—торпедные аппараты, *25*—резервуары сжатого воздуха для стрельбы из торпедных аппаратов, *26*—орудие, *27*—автоматич. орудие, *28*—перископы, *29*—опускающиеся радиотелеграфные мачты, *30*—антенна, *31*—пилы для разрезания противолодочных сетей, *32*—шлюпка, *33*—вентиляция главных балластных цистерн, *34*—шахта, через которую вытяжной вентилятор выгонит воздух из лодки, *35*—шахта для подачи воздуха в машинное отделение, *36*—кнехты, *37*—шпиль, *38*—электромотор шпиля, *39*—ручной привод шпиля, *40*—трап, *41*—кнехты, *42*—воздухохранители для сжатого воздуха, *43*—помещение для хранения снарядов, *44*—компас, *45*—лебедка для заваливания и подъема мачт, *46*—штурвалы горизонтальных рулей, *47*—радиотелеграфная рубка, *48*—турбокомпрессор для продувания цистерн главного балласта, *49*—трюмный насос, *50*—WC, *51*—лебедка для подъема и опускания кормового перископа, *52*—масляный насос для двигателей, *53*—масляный холодильник, *54*—станция для управления главным электромотором.

Прочный корпус д. б. настолько прочным, чтобы выдержать давление воды на предельной глубине погружения; изготовляется из судостроительной стали повышенного сопротивления—врем. сопротивление разрыву 50 *кг/мм*², удлинение около 18%. Набор прочного корпуса состоит из кольцевых шпангоутов, к к-рым приклепываются листы обшивки. Форма прочного корпуса сигарообразная с обрезанными концами, сечение—круглое или эллиптическое. Для значительных глубин погружения при конструировании прочного корпуса применяют исключительно круглое сечение, так как напряжения, возникающие в наборе, будут только нормальные. При других видах сечений возникают помимо нормальных касательные напряжения, вызывающие утяжеление конструкции. Внутри прочного корпуса размещаются все механизмы и устройства за исключением только тех, к-рые по способу использования д. б. установлены снаружи корабля (артиллерия, радиотелеграфная антенна, лебедки шпилевых устройств и т. п.). Кроме того у однокорпусных П. л. внутри прочного корпуса размещаются и все балластные цистерны. У П. л. с двойным и с частично двойным корпусом цистерны главного балласта размещаются


Фиг. 3.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ

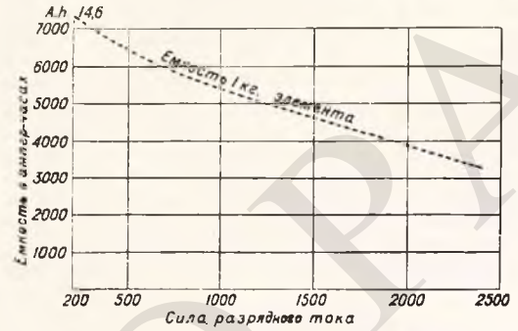
между легким и прочным корпусом. Для непотопляемости П. л., т. е. для предотвращения заливания водой всей лодки в случае аварии, внутренний объем прочного корпуса разделяется водонепроницаемыми переборками на отдельные отсеки, число которых бывает 5—8. Т. к. вес этих переборок значителен, то в большинстве случаев их делают менее прочными, чем прочный корпус, например при прочности корпуса, соответствующей глубине погружения 75—100 *м*, прочность переборок ограничивают глубиной погружения 40—45 *м*. Каждая водонепроницаемая переборка имеет водонепроницаемую дверь. Рубка по своей прочности не д. б. слабее прочного корпуса. Она имеет форму цилиндра овального сечения. Рубка изготовляется из маломагнитной стали для того, чтобы она не оказывала влияния на показания магнитного компаса, расположенного на мостике сверху рубки. Назначение рубки следующее: а) при пробном погружении служить поплавком, на котором погружающаяся П. л. могла бы достаточно остойчиво держаться во время дифферентовки, б) в случае необходимости быстро всплыть, обеспечить быстрый выход из-под воды наиболее выступающей части П. л. с выходным люком и в) дать возможность П. л. держаться в опасной зоне в погруженном состоянии по рубку и тем самым быть малоприметной и иметь возможность очень быстро скрыться под воду. Объем рубки и выступающих над палубой устройств для различных П. л. 1—2% водоизмещения. Для уменьшения сопротивления движению под водой рубка обшивается легким кожухом удобообтекаемой формы. Сверху рубки устраивается мостик, откуда происходит управление П. л. во время плавания на поверхности. Легкие оконечности, надстройка и наружный корпус придают П. л. внешнюю форму, которая должна дать возможно малое сопротивление движению под водой и обеспечить хорошие надводные мореходные качества. Прочность наружных частей корпуса П. л. должна обеспечить плавание в надводном положении в свежую погоду. В районе же размещения балластных цистерн прочность наружного корпуса определяется прочностью цистерн. Цистерны главного балласта обычно испытываются на прочность и непроницаемость внутренним давлением около 1 *atm*, так как в погруженном положении П. л. кингстоны этих цистерн всегда открыты. Набор наружных частей корпуса состоит из соответствующей формы шпангоутов, жестко связанных с прочным корпусом, обшитых снаружи тонкой судостроительной сталью; в менее ответственных местах толщина листов бывает около 4 *мм*, а в более ответственных 5—6 *мм*. В отношении веса наиболее тяжелыми являются двойные корпуса, а наиболее легкими—одинарные. Johow и Foerster дают следующую ф-лу, определяющую вес корпуса П. л.:

$$G = xD^2 \frac{\pi}{4} L_p \delta_p ,$$

где D—максимальный диам. прочного корпуса, L_p—длина прочного корпуса, δ_p—коэфициент полноты прочного корпуса, x—коэф., зависящий от типа корпуса и водоизмещения П. л. Для однокорпусных П. л. $x = 0{,}40 \div 0{,}50$. Для двухкорпусных П. л. водоизмещения до 300 *m* $x = 0{,}50$; до 700 *m* $x = 0{,}55 \div 0{,}60$; свыше 700 *m* $x = 0{,}60 \div 0{,}66$. Эти коэфициенты действительны для корпусов П. л. с глубиной погружения 45—60 *м*.

Двигатели для надводного хода (дизели легких типов специальных компактных конструкций). Современные П. л. имеют дизели весом 25—35 *кг* на силу и даже меньше 20 *кг*; число оборотов около 400 в минуту. Стесненность помещения на П. л. не позволяет устанавливать дизели бо́льших мощностей. В настоящее время наибольшая мощность дизеля на П. л. достигает 3 500 HP_{eff}. Большинство П. л. имеет по 2 дизеля, работающих на 2 винта, и только самые малые П. л. имеют по 1 дизелю. Воздух для работы дизелей подается в машинное отделение через открытые рубочные люк и двери в переборках или через специальную, закрываемую при погружении, воздушную шахту *35* (фиг. 3). Максимальная надводная скорость, достигнутая на П. л.,—21 узел. Опытная паровая турбинная установка на английской подводной лодке К-26 мощностью 10 000 HP_{eff} дала 23,5 узла, но паровая установка значительно усложняет использование П. л. Керосиновые и бензиновые двигатели для П. л. не применяются, т. к. пары топлива для них огнеопасны и вредно действуют на организм людей. Для подводного хода дизели неприемлемы, так как в погруженном состоянии П. л. невозможно обеспечить подачу к дизелям воздуха, необходимого для работы их. Кроме того отработанные газы, выходя на поверхность воды, будут обнаруживать присутствие П. л. Двигатели подводного хода—электромоторы постоянного тока (главные электромоторы)—получают энергию от батареи электрич. аккумуляторов. Для подводного хода требуется 1) бесшумность работы, 2) экономия в расходе энергии, 3) отсутствие следов над водой и 4) отсутствие порчи воздуха внутри П. л. Свинцово-кислотные аккумуляторы разбиваются обычно на 4 группы, примерно по 60 элементов в каждой, напряжение каждой группы 110—120 V. Это напряжение является нормальным для всех электроустановок П. л., и при этом напряжении работают главные электромоторы на малые мощности, но кроме того две группы каждого борта могут соединяться последовательно, давая напряжение для работы главных электромоторов на полный ход 220 V. В последнее время начали применять разбивку аккумуляторов на три группы с напряжением по 220 V, что дает возможность снизить веса электроустановок. Вес установки главных электромоторов и аккумуляторов составляет 100—120 *кг* на силу. Максимальная мощность одного электромотора у существующих П. л.—1 300 HP_{eff}, а максимальная подводная скорость—11 узлов. Так как продолжительность, а вместе с тем и район подводного хода увеличиваются с уменьшением силы разрядного тока батареи аккумуляторов, то для получения больших районов плавания под водой при высоком кпд использования электрич. энергии на нек-рых П. л. устанавливают дополнительно т. н. электромоторы экономич. хода пониженной мощности (20—40 HP_{eff}), могущие работать на те же валопроводы, что и главные

электромоторы, давая подводную скорость ~3 узлов. Насколько емкость батареи аккумуляторов увеличивается с уменьшением силы разрядного тока, видно из фиг. 4, где дана кривая емкости батареи аккумуляторов, отнесенная к 1 *кг* веса элемента. Для зарядки разряженной батареи аккумуляторов пользуются главными электромоторами, которые



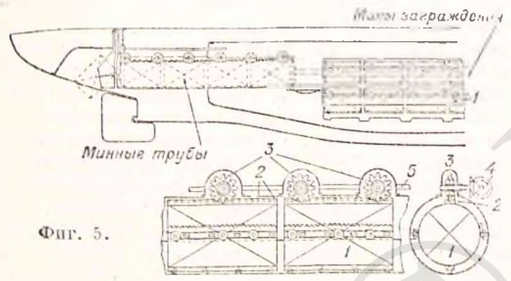
Фиг. 4.

при вращении их дизелями обращаются в динамомашины. Нужно отметить, что современные аккумуляторы весьма тяжелы и относительно малоемки, вследствие чего получение значительных подводных скоростей и большого района плавания требует больших затрат веса П. л. Схема соединения дизеля *19*, электромотора *20* и гребного вала видна на фиг. 3; дизель *19*, соединительная фрикционная муфта *21* между дизелем и электромотором, главный электромотор *20*, соединительная кулачная муфта *22* между главным электромотором и гребным валопроводом и гребной валопровод. Во время надводного хода обе соединительные муфты сообщены и дизель работает на винт, вращая, как маховик, главный электромотор, так как рубильники последнего разомкнуты. Для работы на зарядку фрикционная муфта сообщена, а кулачная разобщена — дизель вращает электромотор, обращая его в динамо. На подводном ходу фрикционная муфта разобщена, а кулачная сообщена—электромотор работает на винт. Зарядка аккумуляторов производится только в надводном положении П. л. Как емкость батареи аккумуляторов, так и запас топлива для дизелей определяются заданными для П. л. районами подводного и надводного плавания. Управление под водой в отношении курсов производят тем же способом, как на надводных судах, пользуясь картами, компасами, лагами и пр. Приборы управления сосредоточены в центральном посту, занимающем середину П. л. под рубкой. Магнитные компасы под водой внутри прочного корпуса «застаиваются» при поворотах П. л. Картушка медленно принимает надлежащее положение, поэтому применяются жироскопы-компасы, напр. Сперри. Обычные морские карты, с показанием глубины и характера дна, дают достаточно указаний, до какой глубины можно доходить безопасно. Неоднократные случаи попадания на глубине на камни не опасны, т. к. вполне погруженная подводная лодка при ударе отходит вверх также легко, как в бок, не ложась на камень подобно надводному кораблю.

Водоотливные средства состоят из главных балластных и трюмных электрических насосов. Главные балластные насосы служат резервным средством для осушения главных балластных цистерн в случае выхода из строя турбокомпрессоров и кроме того для удаления воды из внутренних помещений П. л. в случае большого накопления в них воды. Число таких насосов на П. л. бывает не более трех. Как максимум к ним предъявляется требование осушить все цистерны главного балласта при одновременной работе всех насосов в течение 20—30 мин. Эти насосы обыкновенно бывают центробежные большой производительности при малых противодавлениях. Для работы на больших глубинах крылатки насосов соединяются последовательно, что обеспечивает работу при больших противодавлениях с пониженной производительностью. Трюмные насосы, обычно поршневые, служат для удаления воды из трюмов, они могут работать на предельной глубине погружения. Производительность трюмного насоса 10—20 *m*/*ч*. Иногда трюмные насосы приводятся от главного валопровода. Система сжатого воздуха высокого давления состоит из нескольких, размещенных в разн. отсеках П. л. групп воздухохранителей, в к-рые обычно 2 компрессора нагнетают воздух до 175—225 *atm*. Компрессоры приводятся от специальных электромоторов или от главных электромоторов. Воздух высокого давления служит для аварийного продувания цистерн главного балласта, для нормального продувания средней цистерны, для стрельбы из торпедных аппаратов, для пуска в ход дизелей и т. п. Общая емкость воздухохранителей 3—4% от емкости цистерн главного балласта. Производительность компрессора 6—9 *л*/*мин*. при максимальном давлении воздуха в воздухохранителях. Система вентилирования внутренних помещений состоит из вытяжных и вдувных электровентиляторов, связанных с вентиляторным трубопроводом и могущих практически совершенно провентилировать все помещения не более чем в 5 минут. Этой же системой пользуются для перемешивания воздуха внутри П. л. при ее продолжительном пребывании под водой, что облегчает условия требования личного состава в П. л. Однако без удаления из воздуха CO_2 и обогащения его кислородом продолжительное пребывание под водой становится для личного состава невозможным. Для восстановления качества воздуха на П. л. применяется система регенерации, заключающаяся в том, что вентиляторы прогоняют воздух, богатый CO_2, через специальные патроны, набитые химическими реактивами, поглощающими CO_2. Такими реактивами являются KOH, NaOH и CaOH. Поглощенный же из воздуха при дыхании людей кислород пополняется из специальных баллонов, где он хранится под большим давлением. Запас патронов и сжатого кислорода, принимаемый на П. л., обычно обеспечивает непрерывное пребывание под водой в течение 72 ч. один раз за поход. Выделяющиеся из аккумуляторов во время их зарядки гремучий газ и пары серной к-ты удаляются специальной системой вентилирования батарей аккумуляторов. На большинстве П. л. эта система состоит в том, что от каждого аккумулятора отходит отросток в общую магист-

раль, из к-рой специальные вытяжные вентиляторы отсасывают пары и газы наружу. На некоторых же П. л. газы и пары выходят из аккумуляторов непосредственно в изолированное помещение аккумуляторов, откуда они удаляются специальными вытяжными вентиляторами. В устранение случаев отравления людей парами топлива применяется топливо с высокой $t°$ вспышки (порядка 130°). Гребные винты д. б. рассчитаны на надводный ход при больших числах оборотов при частичном погружении и на подводный ход при пониженных оборотах—при полном погружении. Наивыгоднейший для наибольшего надводного хода винт неудовлетворителен и неэкономичен для подводного экономического, что неприемлемо для П. л. Рациональнее поэтому рассчитывать винты, наиболее подходящие для крейсерских скоростей, напр. 12 узлов надводного и 5 узлов подводного. Запас пресной воды для питья и приготовления пищи определяется по числу личного состава и продолжительности похода из расчета 6—8 *л* в день на человека. Пресная вода хранится в цистернах, покрытых изнутри слоем цемента. Во время продолжительного пребывания П. л. в море, напр. 1 месяц, взятая с базы вода может испортиться, почему на некоторых П. л. устанавливают электрические опреснители воды. В таком случае запас принимаемой воды м. б. значительно сокращен.

Торпедные аппараты располагаются в носовой и кормовой частях П. л. В носу обычно 3—4 аппарата (редко 6), в корме 1—2. Выпуск торпед из аппаратов производится сжатым воздухом. На нек-рых П. л. кроме того бывают и наружные аппараты, расположенные в надстройке. П. л. выходит в море с заряженными аппаратами, но кроме того нек-рые П. л. берут с собой внутрь прочного корпуса еще и запасные торпеды *18* (фиг. 1). Мины заграждения принимаются на подводные заградители внутрь прочного корпуса—в корму, откуда выбрасываются механич. приводом через 2 специальных минных аппарата (фиг. 5), или каждая мина *1* имеет сверху ряд стерженьков *2* для сцепления с шестернями *3* привода выбрасывания мин. Специальный электромотор вращает валик *5* привода, от к-рого через конические шестерни *4* передается вращение шестерням *3*. Вращаясь, ше-

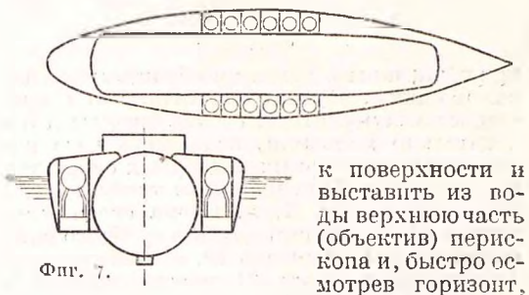


Фиг. 5.

стерни *3* своими зубцами захватывают стерженьки *2* и продвигают в аппарате все мины в сторону кормы, сбрасывая их по очереди через открытую кормовую крышку. Шестерни *3* размещены так, что расстояние между ними меньше длины мины, следовательно каждую мину всегда будут вести 2 шестерни. После того как будут выброшены все мины из аппарата, последний вновь заряжается минами со стелажей. На фиг. 6 показаны мины заграждения, загруженные в минные шахты, расположенные в корме П. л. На


Фиг. 6.

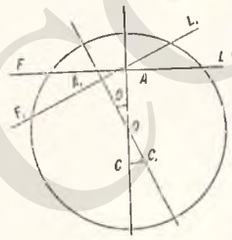
фиг. 7 расположение минных шахт находится в междубортном пространстве. Артиллерия на П. л. как дополнительное вооружение состоит из 1—2 орудий 75—100-*мм* и иногда еще и одного 37-*мм* орудия. В большинстве случаев эти орудия служат и как противоаэропланные. Для наблюдения за поверхностью моря П. л. должна всплыть


Фиг. 7.

к поверхности и выставить из воды верхнюю часть (объектив) перископа и, быстро осмотрев горизонт, опять скрыть перископ. Обыкновенно на П. л. устанавливаются два перископа: один командирский, которым пользуются при атаке неприятеля, и другой—почной и зенитный для общего осмотра горизонта и воздуха. Длина перископа обычно 7—9 *м*, диам. трубы 180—150 *мм*, увеличение 1,1—1,5, поле зрения около 40°. Для лучшего рассмотрения деталей увеличение переставной линз доводится до 6,0 при поле зрения до 10°. При проходе через сети перископ на подводном ходу опущен вровень с поручнями мостика. Для осмотра горизонта перископ поднимают на 3—4 *м*. На нек-рых П. л. устанавливают еще перископ-дальномер для определения расстояния до цели. Подъем и опускание перископов производятся специальными лебедками. Для связи на П. л. устанавливают специальные, принятые для П. л. радиоустановки и звуковые приемники и передатчики. Безопасность плавания. П. л. настолько технически совершенна, что плавание на ней нередко безопаснее, чем на надводных судах. Причиной гибели служат столкновения с получением пробоин в прочном корпусе. Работы морского департамента США в 1928/29 г. в отношении спасания людей из затонувших П. л. позволяют разрешить вопрос спасения даже с глубин свыше 100 *м*, недоступных пока водолазам в мягких скафандрах (*см. Водолазное дело* и *Судоподъем*). **А. Кузаев и Белецкий.**

Водоизмещение П. л. вычисляется по тем же ф-лам, к-рые применяются в этих случаях для надводных кораблей. При погружении П. л. на глубину пловучесть ее изменяется от следующих причин. 1) Увеличение плотности воды от давления. При увеличении глубины на каждые 10 *м* плотность воды увеличивается на 0,005%, вслед-

ствие чего пловучесть П. л. увеличивается. 2) Увеличение плотности воды от изменения ее $t°$. При понижении с 20 до 10° плотность воды увеличивается на 0,14%, а при дальнейшем уменьшении до 4° увеличивается на 0,03% и в этом случае пловучесть П. л. увеличивается. 3) Сжатие корпуса вследствие понижения $t°$. Т. к. $t°$ воды при погружении понижается, то корпус П. л. сжимается, вследствие чего пловучесть уменьшается, объемный коэф. сжатия стал равен 0,004%. 4) Обжатие корпуса вследствие давления. При погружении П. л. на глубину давление на стенки корпуса увеличивается пропорционально глубине, вследствие чего уменьшается пловучесть. Обжатие равно ~0,13%. Суммарное действие указанных причин невелико; так, для П. л., объем пробного корпуса к-рой равен 650 $м^3$, при погружении на 50 *м* получается добавочная пловучесть 0,092 *т*; тем не менее с их действием приходится считаться. Пока П. л. плавает на поверхности, к ней применимы все выводы относительно остойчивости, какие имеют место для надводных кораблей. Для изучения остойчивости при погружении рассмотрим для простоты П. л., имеющую круглые сечения. У нее метацентр при любой осадке в надводном положении и при любом угле крена сохраняет свое место. Действительно, предположим, что



Фиг. 8.

П. л. получила крен в $\theta°$ (фиг. 8); ватерлиния F_1L_1, соответствующая углу крена в $\theta°$, отсечет такой же по форме и водоизмещению объем, как и начальная ватерлиния FL. Центр величины, находившейся при ватерлинии FL в точке C и в диаметральной плоскости, будет лежать и при ватерлинии F_1L_1 также в диаметральной плоскости в точке C_1 на таком же расстоянии от ватерлинии F_1L_1, как и точка C от FL. Точка пересечения O этих двух направлений AC и A_1C_1 будет находиться в центре круга шпангоута, т. е. метацентр будет совпадать с центром круга, образующего шпангоут. При изменении углубления метацентр своего положения не изменит. Центр величины при крене будет описывать окружность, радиус которой с увеличением углубления все время будет уменьшаться, так что в погруженном состоянии (пренебрегая влиянием рубки) радиус обратится в точку и центр величины совпадет с метацентром. Для остойчивости такой П. л. необходимо, чтобы как в надводном, так и подводном положении ц. т. лежал ниже оси, на к-рой расположены центры кругов. Если это условие не будет выполнено, то П. л. перевернется. Момент выпрямляющей пары для П. л. на поверхности воды определяется ф-лой

$$M = P(\varrho - a)\sin\theta,$$

где P—вес П. л., ϱ—метацентрич. радиус, a—расстояние между ц. т. и центром величины и θ—угол наклонения. По мере заполнения балластных цистерн при погружении П. л. центр величины будет подниматься. Выгодно помещать балластные цистерны возможно ниже, тогда при их заполнении ц. т. будет понижаться. При нек-рой ватерлинии ц. т. и центр величины совпадут. При этом расстояние между ними $a = 0$, а момент восстанавливающей пары

$$M = P\varrho\sin\theta.$$

При дальнейшем погружении центр величины, повышаясь, будет находиться выше ц. т., так что величина a станет отрицательной, а момент восстанавливающей пары

$$M = P_1\varrho - (-a)]\sin\theta = P(\varrho + a)\sin\theta.$$

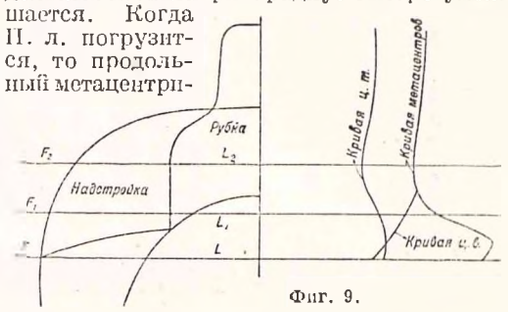
Когда П. л. совершенно погрузится, то площади действующей ватерлинии не будет, метацентрич. радиус сделается равным нулю, а центр величины совпадет с метацентром. При этом при любом крене форма П. л. меняться не будет, точно так же центр величины менять своего положения не будет. Момент восстанавливающей пары

$$M = Pa\sin\theta$$

и при дальнейшем погружении остается без изменения. Если принять во внимание рубку, то центр величины будет лежать несколько выше оси, по к-рой располагаются центры кругов шпангоутов. При форме шпангоутов, отличающейся от круговой, изменение остойчивости будет происходить таким же путем, если только в надводном положении ц. т. лежит выше центра величины. Графически изменение *остойчивости* (см.) приведено для одной из П. л. на фиг. 9. Диаграмма Рида для вполне погруженной П. л. изобразится синусоидой, где каждое плечо восстанавливающей пары определится выражением

$$GH = a\sin\theta.$$

Изменение продольной остойчивости происходит так. В надводном положении продольный метацентрич. радиус велик и колеблется от L до 1,5 L, где L—длина П. л. По мере погружения момент инерции действующей ватерлинии резко уменьшается, а подводный объем возрастает, вследствие чего продольный метацентрич. радиус быстро уменьшается. Когда П. л. погрузится, то продольный метацентри-



Фиг. 9.

ческий радиус делается равным нулю, и продольный метацентр сольется с центром величины, а также с поперечным метацентром. Следовательно продольный метацентрический радиус уменьшается от величины, определяемой сотней *м*, до 2 десятков *см*. Отсюда понятно, что в погруженном положении П. л. весьма чувствительны к диференту: достаточно по длине П. л. переместиться незначительному грузу, чтобы она получила ощутимый диферент. По заполнении балластных цистерн П. л. с помощью горизонтальных рулей (рулей глубины) может итти на желаемой глубине. Действие

Подводные лодки флотов различных государств.

Название П. л. (тип)	Год постройки	Количество	Водоизмещен., т: над водой / под водой	Длина, м	Ширина, м	Осадка, м	Мощн. двигат. Е, Р: диселей / электромоторов	Максим. скорость, узлы: над водой / под водой	Запас топлива, т	Район плавания, мили	Торпедное вооружение	Артиллерийское вооружение	Мины заград.	Численность экипажа
Англия														
Thames	в постр.	1	1 800 / —											
Swordfish	в постр.	2	650 / —											
Rainbow	в постр.	4	1 475 / 2 015								6 нос. 2 корм.	1—4″ или 4,9″		
Parthian	1930	6	1 475 / 2 040	79,3	8,51	4,12	4 400 / 1 300	17,5 / 9			6 нос. 2 корм.	1—4″		
Odin	1929	6	1 475 / 2 030	79,3	8,54	4,12	4 400 / 1 320	17,5 / 9	200		6 нос. 2 корм.	1—4″		
Oberon	1927	1	1 311 / 1 805				2 950 / 1 300	15 / 9	200		6 нос. 2 корм.	1—4″		
X1	1921	1	2 780 / 3 600	106,75	9,07	5,18	6 000 / 2 600	19,5 / 9			4 нос. 2 корм.	4—5,2″ и 2—автом.		110
M2 и M3	1920	2	1 470 / 1 950	90,3	7,47	4,8	2 400 / 1 600	15,5 / 9,5	76		4 нос.	1—3″ 2—автом.		60
L52—71	1924	6	845 / 1 150	71,67	7,16	4,13	2 400 / 1 600	17,5 / 10,5	78		6 нос.	1—4″		40
L11—33	1926	16	845 / 1 080	72,74			2 400 / 1 600	17,5 / 10,45	76		4 или 6 нос.	1—4″	16	36
K26	1923	1	1 710 / 2 770	107,2	8,54	5,12	10 000 / 1 400	23,5 / 9	300		4 нос. 2 корм. 4 траверз.	3—4″ и 2—авто.		65
США														
V7—9	в постр.	3	1 560 / 2 215	97,3	8,24	3,28		17 / 8			8	1—4″		
V5—6	1930	2	2 760 / 3 960	112,15	10,14	4,88	5 447 / —	17 / 8,5			6	2—6″		88
V4	1930	1	2 680 / 4 080	116,3	10,2	4,62	3 175 / —	14,3 / 8			4	2—6″	60	85
V1—3	1923	3	1 910 / 2 506	101,15	8,78	4,73	6 500 / —	19,25 / 8		10 000 (11 узл.) / —	4 нос. + 10 зап. торпед 2 корм.	1—5″ 2—автом.		86
T1—T2	1932	3	1 106 / 1 487	81,9	6,83	4,32	4 000 / 1 520	20 / 11		7 000—9 000 / —	4 нос. (у T1—2 в надстройке) + 12 зап. торп.	2—4″		54
S48—S50	1922	3	993 / 1 230	73,6	6,7	4,14	2 000 / 1 500	14,5 / 11			4 нос. + 1 корм. + 9 зап. торпед	1—4″		38
S43—S47	1925	6	905 / 1 126	68,6	6,3	4,88	1 200 / 1 500	14,5 / 11		8 000 (10 узл.) / —	4 нос. + 8 зап. торп.	1—4″		38
S10—S13	1923	10	876 / 1 092	70,4	6,61	4,0	2 000 / 1 200 / 1 400 / 1 200	15 / 10,5		5 000 (11 узл.) / —	4 нос. + 1 корм. + 9 зап. торпед 4 нос. + 8 зап. торп.	1—4″		38
S14—S17	1921	4	854 / 1 092	70,4	6,61	3,98	2 000 / 1 200	14 / 12,25		5 000 (11 узл.) / —	4 нос. + 8 зап. торп.	1—4″		38
S2	1920	1	800 / 977	64,2	5,95	4,88	1 800 / 1 200	15 / 11		5 000 (11 узл.) / —	4 нос. + 8 зап. торп.	1—4″		38
S18—S41	1924	24	854 / 1 052	66,87	6,3	4,88	1 200 / 1 500	14,5 / 11		5 000 (11 узл.) / —	4 нос. + 8 зап. торп.	1—4″		38
S1	1920	1												
Япония														
J35—J69	в постр.	5	1 638 / 2 220								6	1—3,9″		
J61—J64. J53—J60, J63	1929	12	1 635 / 2 100	97,66	7,95	4,88	6 000 / 1 800	19 / 10			6 нос.	1—4,7″		
J52	1925	1	1 700 / 2 000	100,65	7,62	5,18	6 000 / 1 800	19 / 10	свыше 100		6 нос. + 2 корм.	1—4,7″		57
J51	1925	1	1 400 / 2 000	91,5	8,24	4,65	5 200 / 1 800	17 / 9	свыше 100		6 нос. + 2 корм.	1—4,7″		60
J21—J24	1928	4	1 150 / 1 750	85,4	7,54	4,42	4 000 / —	19 / 10			4	1—4,7″		
J1—J5	1929	5	1 955 / 2 500	97,6	9,0	4,88	6 000 / —	17,5 / —			6	1—3″ 2—4,7″		
Ro60—Ro68	1926	9	998 / 1 300	76,25	7,32	3,96	2 400 / 1 600	16 / 10	75		4 нос. + 2 корм.	1—3″		48
Ro51—Ro59	1923	9	900 / 1 082	70,60	7,16	3,96	2 400 / 1 200	17 / 10	65	7 500	4 нос. + 2 корм.	1—авт. м. 1—3″		48
Ro29—Ro32	1925	4	665 / 1 000	74,26	6,1	3,66	2 400 / 1 200	— / 10	60		4 нос. + 1 корм.	1—4,7″		43
Ro26—Ro28	1924	3	750 / 1 000	70,15	6,1	3,66	2 600 / 1 200	16 / 10	65/75		4	1—3″ 1—3″		
Ro16—Ro24	1922	9	740 / 986	70,15	6,1	3,66	2 600 / 1 200	17 / 10	75	11 000	4 нос. + 2 корм.	1—3″		40—45
Ro13—Ro15	1921	3	740 / 986	67,1	6,1	3,73	2 600 / 1 200	17 / 10	65/75		4 нос. + 2 в надстр.	1—3″		
Ro3—Ro5	1922	3	689 / 950	66,56	6,1	4,05	2 600 / 1 200	18 / 9,5	59/65	3 000	4 нос. + 1 корм.	1—3″		40
Ro1—Ro2	1920	2	689 / 1 043	65,64	6,1	4,05	2 600 / 1 200	18 / 9,5	59/65	3 000	4 нос. + 1 корм.	1—3″		40
Франция														
Surcouf		1	2 880 / 4 304	120	9	7,01	7 600 / 3 400	18 / 10		10 000 (10 узл.) / —	14	2—8″		150
Saphir		5	669 / 935	66,03	7,16	4,11	1 300 / —	12 / 9		—	4	1—3″	32	
Rédoutable		31	1 374 / 2 060	92,26	9,3	4,72	5 000 / 2 600	18 / 10		8 000 (10 узл.) / 100 (5 узл.)	11	1—3,9″ 1—37 мм 1—автом.		60
Requin	1927	9	974 / 1 410	78,23	6,55	4,57	2 900 / 1 800	16 / 10		7 000 (9 узл.) / 105 (5 узл.)	4 нос. + 2 корм. 4 надстр.	1—3,9″ 2—автом.		48
M. Callot	1921	1	840 / 1 298	75,56	6,76	3,76	2 900 / 1 840	16,5 / 10,6		2 800 (11 узл.) / 118 (5 узл.)	4 нос. + 2 в надстр. + 2 зап. торп.	1—3,9″	27	44

ВСЕОБУЧ

Подводные лодки флотов различных государств. (Продолжение.)

Название П. л. (тип)	Год постройки	Количество	Водоизмещен., *т* над водой / под водой	Длина, *м*	Ширина, *м*	Осадка, *м*	Мощн. двигат. Е, HP дизелей / электромоторов	Максим. скорость, узлы над водой / под водой	Запас топлива, *т*	Район плавания, мили	Торпедное вооружение	Артиллерийское вооружение	Мины заграждения	Численность экипажа
P. Chailley . .	1923	1	798 / 1 181	70,04	8,0	3,96	1 800 / 1 200	14 / 9		2 800 (13,7 узл.) / 80 (9 узл.)	2 нос.+2 в надстр.	1—3,9″	48	44
Joessel	1920	2	838 / 1 200	74,05	7,13	4,42	2 900 / 1 650	16,5 / 11		4 200 (10 узл.) / 115 (5 узл.)				47
Lagrange	1924	4	830 / 1 317	75,25	6,37	4,02	2 600 / 1 650	16,5 / 11		4 200 (10 узл.) / 115 (5 узл.)	2 нос. 6 надстр.+2 зап. торпед	2—4″		47
Diane	20		571 / 809	67,01	5,49	4,27	1 420 / 1 000	14 / 9		3 000 (10 узл.) / 73 (5 узл.)	8	1—3″ 1—автом.		39
Odine	1927	11	552 / 765	66,03	4,88	3,43	1 300 / 1 000	14 / 9,5		3 500 (10 узл.) / 90 (5 узл.)	1 нос. 6 надстр.	1—3″		39
Fournier	1920	2	310 / 513	53,03	4,69	2,3	1 000 / 460	14 / 8,5		1 070 (12 узл.) / 63 (5 узл.)	2 нос. 2 надстр.	1—3″		24
Италия														
Squalo	1928	4	885 / 1 094	64,8	5,78	4,75	3 000 / 1 400	16,5 / 9			4 нос.+4 корм.	1—3,9″ 2—автом.		
Menotti	1927	6	890 / 1 095	69,8	5,78	4,75	3 000 / 1 400	17,5 / 9			8	1—4″ 2—автом.		
Balilla	1927	4	1 390 / 1 904	86,01	7,47	4,27	4 900 / 2 200	18,5 / 9,5			4 нос.+2 корм. +10 зап. торп.	1—3.9″ 2—автом.		
Mameli	1927	4	780 / 1 010	65	6,51	4,13	3 000 / 1 000	17 / 9			4 нос.+2 корм.	1—3,9″ 2—автом.		
Vittor Pisani .	1928	4	857 / 1 057	68,2	5,70	4,27	3 000 / 1 000	17,5 / 9			4 нос.+2 корм.	1—4″ 2—автом.		
Corridoni	1929	2	862 / 1 068	70,5	5,65	4,28	1 500 / 1 000	14 / 8			4	1—4″ 2—автом.	24	
Ettore Fieramosca	1929	1	1 453 / 1 788	84,0	8,3	5,11	5 500 / 2 000	19 / 10			10	1—3,9″		

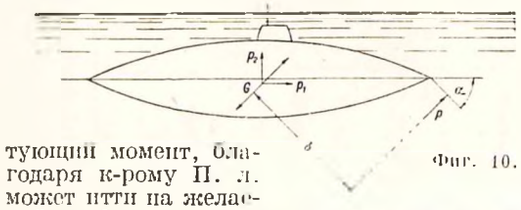
Германия [1]

U27—U30	1914	4	680 / 870				2 000 / 1 . 0	16,7 / 9,9		5 520 (8 узл.) / 85 (5 узл.)	2 нос.+2 корм. +6 зап. торп.	2—8,8 см	—	39
U63—U65	1916	3	810 / 930				2 200 / 1 100	16,9 / 9,6		5 620 (8 узл.) / 60 (5 узл.)	2 нос.+2 корм. +4 зап. торп.	1—10,5 см	—	39
U135—U138 . . .	1918	4	1 180 / 1 530				3 400 / 1 780	18 / 8,5		2 780 (8 узл.) / 50 (4,5 узл.)	4 нос.+10 зап. торпед	1—15 см	—	46
U139—U141 . . .	1918	3	1 930 / 2 480				3 500 / 1 780	17,7 / 8,1		4 000 (8 узл.) / 53 (4,5 узл.)	4 нос.+15 зап. торпед	2—15 см	—	62
U151—U157 тип. «Deutschland»	1918	7	1 510 / 1 870				800 / 800	12,4 / 5,3		13 130 (5,5 узл.) / 65 (3 узл.)	2 нос.+16 зап. торпед	2—15 см	—	56
UB1—UB17 . .	1915	17	127 / 142				60 / 120	6,7 / 6,0		650 (5 узл.) / 45 (4 узл.)	2 нос.	1 пулемет	—	16
U117—U121 . . .	1918	5	1 160 / 1 510				2 400 / 1 200	14,7 / 7,1		6 080 (8 узл.) / 60 (4,5 узл.)	4 нос.+20 зап. торпед	1—15 см	42 2 корм. трубы	40
UC1—UC15 . . .	1915	15	168 / 183				90 / 175	6,4 / 5,5		850 (5 узл.) / 50 (4 узл.)	—	1 пулемет	12	14
UC49—UC79 . .	1917	31	420 / 500				600 / 610	12 / 7,2		8 000 (7 узл.) / 59 (4 узл.)	2 нос. в надстр. +1 корм.+4 зап. торпеды	1—8,8 см	18	26

[1] Подводного флота на основании Версальского договора не имеет. В таблице приведены лишь наиболее характерные типы П. л., построенных во время империалистической войны.

СОВЕТСКОЕ ПРАВО

рулей глубины заключается в том, чтобы прежде всего создать силу, поглощающую остаточную пловучесть, а затем создать диферен-

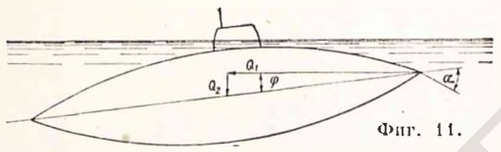


Фиг. 10.

тующий момент, благодаря к-рому П. л. может итти на желаемой глубине или менять ее. Сила давления P на руль м. б. разложена на 2 составляющих (фиг. 10):

$$P_1 = P \sin \alpha \quad \text{и} \quad P_2 = P \cos \alpha.$$

Сила P_1 будет направлена обратно движению П. л., т. е. производить тормозящее действие. Сила P_2 в зависимости от положения руля будет топить лодку или поднимать ее. Положим, что П. л. погрузилась с остаточной пловучестью q и диферентом в 0°, а руль отклонен на угол α. Производя разложение сил, получим пару, производящую дифферент на нос, силу P_2, к-рая совместно с остаточной пловучестью заставит П. л. всплывать, и силу P_1, противодействующую движению. П. л. примет положение, показанное на фиг. 11. Разложим движущую силу винта, направленную по оси вала, на Q_1 и Q_2. Когда угол диферента φ станет таким, что Q_2 будет равна $P_2 + q$, то лодка скроется под водою и в таком положении будет двигаться параллельно уровню воды. Если при дифференте от действия пары Pb получится сила $Q_2 > P_2 + q$, то П. л. станет погружаться и м. б. доведена до любой глубины. Если П. л. имеет первоначальный дифферент на нос, то сила Q_2 и без диферентующего момента будет направлена вниз и противодействовать остаточной пловучести (фиг. 11). Т. о. при погружении П. л. можно ей дать такую остаточную пловучесть и такой дифферент, что под действием хода она скроется под поверхность воды без помощи рулей погружения. Следовательно, чтобы не класть рулей погружения на большой угол, нужно П. л. погружать с дифферентом на нос. Последний будет тем больше, чем больше остаточная пловучесть.



Фиг. 11.

При отклонении вниз носового руля погружения сила P_2 будет уменьшать остаточную пловучесть. Дифферент для приведения П. л. на глубину будет в этом случае меньше, чем у П. л. с кормовым рулем погружения. Если П. л. имеет 2 пары рулей погружения—носовые и кормовые, причем каждая из них действует самостоятельно, то на глубину приводят носовыми рулями, а кормовые ставят на определенный угол на всплытие или погружение. Как ставить эти рули—на всплытие или на погружение, показывают опыт плавания. При установке двух пар рулей погружения носовые рули делают по площади больше кормовых.

Характеристики П. л., находящихся на вооружении флотов различных государств, даны выше в таблице на ст. 27—34.

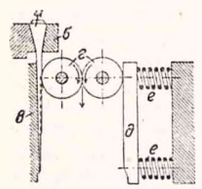
Лит.: Johow-Foerster, Hilfsbuch für den Schiffbau, 5 Aufl., B. 1—2, B., 1922; Laubeuf M. et Stroh H., Sous-Marins, torpilles et mines, P., 1923; Rabeau G. et Laurens A., Les submersibles, Paris, 1925. **Л. Белецкий, А. Кузаев и С. Яковлев.**

ПОДКОВНЫЕ ГВОЗДИ. Материалом для П. г. служит квадратная проволока из лучшего мягкого сименс-мартеновского литого железа (около 0,06% C, 0,25—0,3% Mn и ≤0,02% P и S) с сопротивлением на разрыв ок. 35 *кг/мм²* при удлинении ≥ 30%. Главными условиями являются гомогенное, плотное, мелкозернистое строение металла и большая пластичность его. Предпочитается шведское, чешское, а также верхнесилезское железо. Размеры проволоки соответствуют наибольшим размерам головки гвоздя; она доставляется обычно в кругах по 80—90 *кг* весом. Различные формы П. г. приведены



Фиг. 1.

на фиг. 1: а, б, в, г—П. г. для ковки лошадей, д—для ковки ослов, е—П. г. для ковки скаковых лошадей, ж—П. г. для зимней ковки, з—для ковки волов. Первой операцией является отжиг проволоки при 760° в горшках или муфелях; последнее гораздо экономичнее, так как продолжитель ностьотжига при этом составляет лишь 3 часа против 8 в горшках, и кроме того муфели не так скоро прогорают. Недостатком отжига в муфелях является жесткость проволоки от быстрого охлаждения при вынутии ее из печи. Поэтому для гвоздей особо трудной выделки проволоку, несмотря на удорожание, отжигают в горшках. Муфели делаются из лучшего шамота (держатся гораздо дольше, чем чугунные), а горшки—из сварочного железа. Печи применяются с полной или полугенераторной топкой. После отжига проволоку перематывают на ребро (т. е. ◇), чем достигается устранение всегда имеющихся после волочения перекручиваний, могущих вызвать впоследствии остановку и даже поломку машин; одновременно проволока механически очищается от части окалины. Для окончательного удаления последней проволоку травят в 15—20%-ном растворе серной к-ты (66° Bé), который нагревается паром до 45° в течение 1—2 ч. (при холодном травлении—6—8 ч.). Протравленную проволоку промывают водой, после чего последние следы к-ты нейтрализуют погружением в кипящую известковую воду. После этой подготовки проволока идет в гвоздильные прессы, в к-рых стержень гвоздя отковывается начерно при помощи четырехщечного пресса (см. *Гвоздильное производство*), а головка расклепывается штампом, приводимым в движение эксцентриком или кулачковой шайбой. Машина делает 80—90 гвоздей в минуту, причем один рабочий обслуживает обычно две машины. Высокие требования, предъявляемые к точности размеров П. г., требуют постоянного контроля производства, для чего каждый рабочий снабжается калибрами, которыми он от времени до времени проверяет форму и размеры гвоздей. О всяком уклонении от нормы он немедленно сообщает слесарю-установщику (один на 8—10 станков), к-рый приводит машину в порядок. Для каждого сорта и № гвоздей необходим набор инструмента, состоящий из 4 щек для отковки стержня, одной двух- или четырехдольной матрицы и штампа для головки. Щеки и матрица делаются из твердовязкой, закаливаемой в воде инструментальной стали (0,45—0,50% C), а штемпель—из твердой, закаливаемой в масле инструментальной или легированной стали. Полученный на гвоздильных прессах полуфабрикат отличается большой твердостью и д. б. отожжен для дальнейшей обработки. Отжиг производится в железных горшках вместимостью 80—100 *кг* при 760° в течение 2—3 ч., после чего гвоздям дают остыть, не вынимая их из горшков. После отжига гвозди полируются во вращающихся барабанах (см. *Гвоздильное производство*) и затем поступают в специальные машины для оттягивания и обрезки (цвиковки) острия. Вытягивание острия производится прокаткой (фиг. 2): гвозди *а* кладутся в гнезда вращающегося магазина *б*, который подводит их поодиночке к наковальне *в*, снабженной вырезом, где помещается стержень гвоздя, причем поверхность наковальни по обеим сторонам канавки в точности воспроизводит профиль наружных очертаний гвоздя и служит направляющей для вальцов *г—г*, прижимаемых к наковальне сильными пружинами *е—е* с помощью стальной плиты *д*. Вальцы прокатываются сверху вниз и вытягивают при этом стержень гвоздя, придавая ему точный профиль. Получающийся при этом излишек материала по сторонам стержня обрезается затем особым штампом, который одновременно выдавливает фаску на передней поверхности гвоздя. Прокатная и обрезная машина обслуживается одной работницей, вкладывающей вручную гвозди в магазин (производительность 75—85 шт. в минуту); попытки заменить ручной труд машинным не привели до сих пор к положительным результатам, причина чего лежит в несимметричной форме гвоздей. После обрезки гвозди еще раз слегка полируют в барабанах, выбраковывают (эта работа производится малоквалифицир. рабочими) и пакуют. Потеря материала при правильной организации работы, включая угар, потери при травлении, обрезки, брак и т. д., не должна превышать 12%.



Фиг. 2.

Лит.: Börner M., Draht-Welt Buch, 2 Aufl., Halle a/S., 1929; «Stahl und Eisen», 1913, 1916 u. 1924; «Engineer», L., 1924; «Iron Age», N. Y., 1925, v. 114; «Z. d. VDI», 1906 u. 1913; «Werkstattstechnik», Berlin; «Anzeiger f. die Drahtindustrie», Berlin; «Draht-Welt», Halle a/S.; «Jahrbücher für die Drahtindustrie», Halle a/S.; «Ztschr. für die gesamte Draht- u. Bahneisenindustrie». Bochum. **Л. Павлушков.**

ПОДОГРЕВАТЕЛЬ ВОДЫ, см. *Экономайзер*.

ПОДОШВА, элемент низа обуви, прикрепляемый к стельке или деревянной шпилькой, или пряжей, или проволокой с винтовой нарезкой. То же название применяется и для подошвенной кожи, из к-рой выкраиваются П., подметка и набойка. По характеру дубления подошвенная кожа бывает растительного дубления (красное дубление) и хромового. Всесоюзный стандарт на подошвенную кожу—ОСТ 1773, 1774, 1775—различает для кож растительного дубления два вида: подошвенные кожи для деревянношпилечной и винтовой обуви и подошвенные кожи для рантовой обуви. Характерным отличием для обоих видов является свойство стойкости, до сего времени не выраженное объективным численным показателем и являющееся проявлением упругих свойств кожи. Первая подошвенная кожа д. б. более стойкой, чем вторая. Точно так же первая подошвенная кожа д. б. в силу характера скрепления со стелькой более вязкой, чем вторая. С другой стороны, ткань П. для рантовой обуви д. б. более мягкой, дабы не перетирать нитки стежа. Хим. состав и физико-химич. свойства для обоих типов П. установлены ОСТ в следующем виде (табл. 1).

Табл. 1.—Стандарт на подошву красного дубления (данные в %).

Состав и свойства подошвенной кожи	Для винтовой и дерев.-шпилечн. обуви	Для рант. обуви
Влаги не более	18	18
Золы » »	1,5	1,2
Жира » »	3,0	5,0
Вымываемых водой не более	14,0	12,0
Дубильного вещества не менее	38.0	40,0
Число продуба не более	80	65,75
Намокаемость через 2 часа не более	25	45
Намокаемость через 24 часа не более	35	55

Среднее сопротивление разрыву для обоих видов подошвенной кожи по партии не менее 2 *кг/мм²*, по коже не менее 1,75 *кг/мм²*. Руководствуясь минимально допускаемой для различных типов обуви толщиной П., подошвенная кожа делится на 3 категории по толщине в чепраковой части кожи (см. *Кожевенное сырье*): легкая подошвенная кожа толщиной не менее 3 *мм*, средняя не менее 3,5 *мм* и тяжелая не менее 4 *мм*. Соответственно приблизительный вес одной кожи определяется—для легкой подошвенной кожи для рантовой обуви до 13 *кг*, средней 13—16 *кг*, тяжелой 16—18 *кг* и для подошвенной кожи винтовой—соответственно 13,5 *кг*, 13,5—16 *кг* и более 16 *кг*.

Пороки подошвенной кожи делятся на пороки выделки и пороки сырья. К первым относятся непродуб, рыхлость, плохое мездрение, ломкость; последняя определяется появлением разрывов в лицевом слое при сгибании полоски кожи на 180° на валиках различного диаметра: для подошвенной кожи винтовой легкой—диаметр валика 75 *мм*, для средней—100 *мм*, для тяжелой—150 *мм*; для подошвенной кожи рантовой—соответственно 30 *мм*, 40 *мм*, 50 *мм*. Ко вторым относятся обычные пороки кожевенного сырья. Каждый порок при сортировке расценивается баллами, и суммой их определяется сорт подошвенной кожи. Установленные для подошвенной кожи три сорта в целых кожах характеризуются следующим предельно допустимым числом баллов: 1-й сорт 4—5 баллов; 2-й сорт 10—12 баллов; 3-й сорт 24—28 баллов (первая цифра для легкой и средней категории, вторая—для тяжелой).

Подошвенная кожа хромового дубления (в общежитии называется лосевой) употребляется преимущественно для спортивной обуви и лишь частично для обыкновенного гражданского рантового ботинка. Без так называемой импрегнации подошвенная кожа хромового дубления не может держать винта или деревянной шпильки и обладает способностью быстро пропускать воду и разбухать. Носкость подошвенной кожи хромового дубления значительно выше таковой растительного дубления. Среднее время износа по последним опытным носкам (1929/30 г.) для подметки растительного дубления составляло 63,8 дня, для подметки хромового дубления импрегнированной—132 дня. По американским данным носкость хромовой П. неимпрегнированной в 2 раза, а импрегнированной в 1,3 раза превышает носкость лучшей подошвенной кожи растительного дубления. Сырьем для производства подошвенной кожи винтовой и тяжелой и средней рантовой служат преимущественно бычьи кожи, для легкой рантовой может итти и яловка. Тяжелые шкуры свиней и конские хазы (первые—при соответственной импрегнации) могут быть использованы также для этих целей. Развес сырья определяется развесом готового товара и выходом.

Соответственно вышеприведенным физико-механич. свойствам и хим. составу строится и методология выделки. При выделке П. для винтовой и деревянношпилечной обуви, требующей минимальной намокаемости, большой вязкости и стойкости, все стремления д. б. направлены к максимально возможному сохранению гольевого вещества и разделению пучков волокон на отдельные волокна только в мере, необходимой для проникания дубильных растворов. Для подошвенной кожи рантовой, требующей большей мягкости, необходимо более полное разделение пучков волокон, и отсюда несколько большая потеря гольевого вещества. Нормальная потеря белковых веществ при выделке подошвенной кожи (включая и потерю в мездре) для подошвенной кожи винтовой составляет ок. 17,5%, для подошвенной кожи рантовой ок. 21%. Этим определяется и выбор способов проведения подготовительных операций.

Отмока по возможности короткая (от 6 до 24 часов—в латных или подвесных барабанах, от 1 до $1^1/_2$ суток—в чанах). Сильного механич. воздействия при отмоке стараются избегать. Обезволашивание для подошвенной кожи рантовой можно вести золением при обычной темп-ре или при темп-ре не свыше 27°, с продолжительностью в последнем случае не свыше трех суток. Для винтовой подошвы ранее пользовались преимущественно методом обезволашивания смесью сернистого натра с известью, уничтожая шерсть и давая после этого при ускоренных методах дубления короткий раззол (обжор) в чистом известковом зольнике. Стремление сохранить шерсть заставило и для этого вида товара перейти к методу теплой золки с предварительной обработкой сырья раствором 0,1% сернистого натра, причем все старания направлены к максимально возможному сокращению времени пребывания в теплом зольнике (обычно не свыше 2 суток). Мездрение, обычно выполнявшееся после сгонки волоса, теперь стремятся проводить после отмоки. Потеря белковых веществ при мездрении определяется в среднем от 6 до 8,5%. Обеззоливание, соответственно допускаемому содержанию золы и требованию в отношении ломкости для подошвенной кожи рантовой, д. б. проведено более тщательно, чем для подошвенной кожи винтовой. Как обеззоливающие средства применяются минеральные кислоты (серная, соляная), бисульфит и бисульфат и иногда патока (картофельная или меласса). Обеззолкой операции приготовления голья обычно заканчиваются. Вес производственной партии для подошвенной кожи всех категорий за исключением легкой рантовой установлен для СССР 3 600 *кг*, считая на парной вес. Этот вес соответствует 3 000 *кг* голья машинного мездрения с содержанием 25% абсолютно сухого гольевого вещества. Для подошвенной кожи рантовой легкой вес партии установлен 2 500 *кг* парного веса, соответствующий 2 100 *кг* голья. Размеры аппаратуры отмочно-зольного отделения при выделке подошвенной кожи устанавливаются на основе следующих объемных (о. к.) и жидкостных (ж. к.) коэфициентов (см. *Кожевенное производство*). Отмочные чаны: о. к. = 5, ж. к. = 4; латные барабаны: о. к. = =4—4,5. ж. к. = 3,5—4; зольные чаны: о. к. = 5, ж. к. = 4. Обычный агрегат машин и аппаратов отмочно-зольного отделения: латные барабаны, отмочные железобетонные чаны, зольные чаны, мездрильная машина типа Турнер № 250-XI, шерстогонная машина Лейдген № 110-IX. Вместо латных барабанов на некоторых заводах применяются барабаны типа дубильных (барабаны Гигант).

Дубление. Требующаяся для подошвенной кожи винтовой повышенная стойкость м. б. технологически достигнута двумя способами: 1) дублением голья в состоянии кислого *нажора* (см.), причем этот нажор не должен исчезать до тех пор, пока кожа не будет прокрашена насквозь; 2) обработкой прокрашенного насквозь голья в барабане при повышенной темп-ре (37—38°). Поскольку при работе с кислым гольем применение соков с большим содержанием дубящих приводит к задубу лица и ломкому лицу, то технич. формой для этого типа дубления явилось сыпное дубление. Продолжительность дубления при этом способе доходит от двух лет до 100 дней. В настоящий момент этим методом вырабатывает подошвенную кожу ограниченное количество з-дов за границей (сев.-герм. способ). В СССР на 1 января 1931 г. этот способ не применялся ни на одном з-де. Распространенное мнение, что подошвенная кожа сыпного дубления носится лучше кожи, выработанной ускоренными методами, проведенными специально организованной в 1923 г. при Всесоюзном кожевенном синдикате подошвенной комиссией, опытами не подтвердилось. Носкость для нек-рых партий сыпочной подошвенной кожи оказалась хуже подошвенной кожи соково-барабанной. Практически выполняется сыпной метод дубления или с предварительным нажором или с постепенным нажором в процессе самого дубления. Предварительный нажор обычно давался в сернокислотном растворе (применение уксусной и молочной кислот широкого распространения не получило). Концентрация раствора ок. 0,6% H_2SO_4; $P_H = 1,7$. Время пребывания голья в нажорном чану 8—12 ч. После нажорной ванны обычно дается в течение 10—12 дней соковой ход с целью закрепить наружные слои кожи настолько, чтобы при последующей сыпне кожа могла противостоять давлению вышележащих кож и не потерять нажора. Затем даются 2—3 сыпни на плаву и 2 сыпни насухо. Общая длительность сыпен при концентрированных дубильных материалах 80—100 дней. Для получения хороших результатов при этом способе букет дубильных материалов д. б. подобран с наименьшим содержанием нетанидов, оказывающих нажоропонижающее действие. Наиболее употребительными являются квебраховая стружка, мимоза, мангрова в небольшом количестве (до 10% от веса таннидов); к ним подмешивают ель, дубовую кору, валонею, миробаланы. Второй вариант—постепенного нажора—использует естественные к-ты дубильных соков и строится на применении богатых сахарами таннидов (ива, ель, дубовая кора, миробаланы). Технич. выполнение аналогично первому варианту: соковой ход и ряд сыпен, но т. к. нажор здесь идет одновременно с дублением, то крепости соков во избежание образования морщин на лице кожи (мерея) необходимо держать более низкими; продолжительность дубления здесь значительно возрастает и при применении дубильных материалов, не богатых таннидами (ель, ива), доходит до года и выше. Выходы, получаемые в сыпном дублении, вопреки распространенному мнению могут варьировать в самых широких пределах: от 105 до 80% для америк. сырья (считая на мокро-соленый вес) и от 56 до 80% для русского сырья, считая на парной вес. Расход таннидов брутто составляет 58—65% от веса готового товара. Расход рабочей силы—2 чв-д. на 100 *кг* готового товара. Аппаратура для сыпного способа состоит из четырехугольных соковых чанов и обычно круглых сыпных чанов: жидкостный коэф-т для соковых чанов равен 8, для сыпных на плаву 2,5, для сыпных насухо 2; объемный коэф-т: для соковых 10, сыпных на плаву 5, сыпных насухо 3,3.

Переходом к более ускоренным методам дубления является сыпочно-барабанный (иногда называется комбинированным) способ дубления. Он выполняется в виде сокового хода от 6—10 дней, 2—3 сыпен на плаву продолжительностью 1—2 месяца и дубления в барабане в течение 2 суток. В некоторых случаях (франц. рецепты) после барабана дается сыпня. Аппаратура и характеристики аналогичны сыпному способу. Соково-барабанный способ, который принят в СССР как нормальный способ выделки подошвенной кожи—как винтовой, так и рантовой—характеризуется соковым ходом, не дающим видимого нажора (имеет место некоторое утолщение голья), с продолжительностью в зависимости от букета дубителей от 12 до 28 дней, с темп-рой самого крепкого (головного) сока 35° и предельной плотностью сока для подошвенной кожи винтовой 12—14° Bé (ок. 130 *г* таннидов на *л*) и 6—10° Bé для подошвенной кожи рантовой. Как правило головной чан подкрепляется ежедневно соком, для чего из последнего (хвостового) чана часть сока уходит в канализацию и по всей системе устанавливается переход определенной части сока из чана в чан. Затем следует дубление в барабане в продолжение $2—2^1/_2$ суток при предельно допускаемой крепости сока в барабане—для подошвенной кожи винтовой от 14—16° Bé и рантовой 12° Bé и предельной темп-рой 38 и 35°. Жидкостный коэф. по отношению к голью для соковых ходов рекомендуется 8 для барабанов, для подошвенной кожи винтовой 3, рантовой 3,5. В практике встречаются 2 системы работы в барабанах: с подкреплением соков или без подкрепления. В последнем случае все количество таннидов, необходимое для выделки партии, вводится в барабан в начале дубления. Дубление идет при все понижающейся плотности соков и по окончании дубления сока из барабана полностью идут в головной чан. В этом случае плотность головного чана д. б. выбрана на 0,2—0,3° Bé ниже плотности выливаемого из барабана сока. Последняя строго определяется степенью необходимой додубки в барабане (поглощение таннидов) и начальной плотностью соков, каковая является, если не усложнять систему отбора части барабанного сока на разваривание экстракта, также величиной, точно определенной. Т. о. эта система является менее гибкой, но имеет за собой преимущество в отношении простоты учета расхода таннидов. Работа с подкреплением ведется путем загрузки кож в барабан от предыдущей партии и внесения в барабан время от времени сока большой плотности (подкрепления). При этом, в целях сохранения постоянного объема жидкости, из барабана отливается равное по объему приливаемому соку количество отработанного сока, идущее в головной чан сокового хода. Если содержащиеся в этом соке таннины не покрывают потребности сокового хода, то в головной чан вводится еще нек-рое количество свежих соков, приготовляемых из экстракта. Сок, находящийся в барабане, после прохождения через барабан определенного количества партий подвергается очистке путем отстаивания и фильтрации и снова идет в барабан. На основе этих положений и производится расчет

сокового хода. После барабана товар обязательно складывается в кучу на срок до двух суток.

Одним из видоизменений соково-барабанного метода дубления является экстракционно-фильтрационный способ инж. Басса, сущность к-рого состоит в работе на меньших плотностях в сковом ходу (6° Bé). Необходимое количество таннидов, к-рое при такой плотности м. б. введено в головной чан только за счет больших объемов жидкости, протекающих через систему сокового хода, в этом способе вводится путем протекания сока при переходе его из одного сокового чана в последующий через чан с корьем, обогащающим сок таннидами. Одновременно происходит фильтрация сока от взвешенных частиц. Время дубления при этом способе ~ 23 дней, и расход таннидов меньше обычного соково-барабанного. Расход таннидов в соково-барабанном способе составляет, включая и потерю на экстрактовых з-дах при приготовлении экстракта, ок. 48% для подошвенной кожи винтовой и 40% для рантовой; расход таннидов нетто 40,5% для винтовой и 35% для рантовой. Расход рабочей силы 1 чв-д. на 100 *кг* готового товара. Выходы готового товара в СССР колебались в пределах: для подошвенной кожи винтовой—63—73% для русского сырья, считая от парного веса, и 81—89% для америк. сырья, считая от мокро-соленого веса; для подошвы рантовой—46—62% для русского сырья, от парного веса.

О т д е л к а. Операции отделки подошвенной кожи состоят из следующих процессов: подвяливание или прессовка, жирование, разводка на разводной машине, сушка, отбелка, разволожка и прокатка. Различие в отделке подошвенной кожи винтовой и рантовой состоит: 1) в количестве и составе жирующей смеси; 2) темп-ре сушки; 3) степени разволожки; 4) степени прокатки. Кроме того в большинстве случаев подошвенной коже рантовой дается после пролежки промывка в чистой воде. Для подошвенной кожи винтовой количество жирующих материалов берется меньше и можно ограничиться применением одного минерального масла с эмульсификатором (сульфированная ворвань, «контакт», олеаты); для подошвенной кожи рантовой желательно нек-рое количество ворвани или в крайнем случае мездрового сала. Темп-ра сушки для подошвенной кожи винтовой от 22° в начале сушки до 45° в конце; для подошвенной кожи рантовой 22—40°. Разволаживание ведется для подошвенной кожи винтовой более тщательно и доходит до 2 суток, для рантовой ограничиваются 5—6 часами. Прокатка подошвенной кожи винтовой производится под большим давлением катка. Применяемая аппаратура и машины: для подвялки—гидравлич. пресс с давлением до 15 *кг/см*², разводная машина типа Турнер № 125-IX, вальц-катки типа Шлягетер № 340. Сушилки применяются самых разнообразных систем, исключительно камерные. Из систем сушилок можно отметить систему Винкельмюллера (Ленинград), проф. Грум-Гржимайло (Москва, Таганрог), Чернова-Алферова (Москва), Укркожтреста (Васильков).

Х р о м о в а я П. (табл. 2) вырабатывается обычно в чепраках. Подготовку голья для хромовой П. ведут с максимальным сохранением гольевого вещества (как и для П. винтовой), обеззолка м. б. исключена и заменена п и к е л е м. Однако многие практики считают, что пикель при выделке хромовых П. вреден, давая менее плотную и

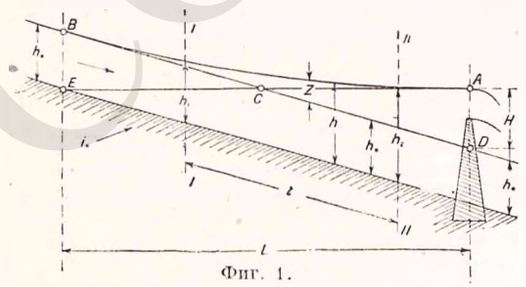
Табл. 2.—Стандарты на подошву хромового дубления (данные—в %).

Химический состав и физико-механич. свойства кожи	Неимпрегнированной (на влагу 18%)	Импрегнированной
Зола	5,01	3,98
Жир	3,3	24,00
Гольевое вещество	68,19	51,44
Окись хрома в пересчете на гольевое вещество	5,08	5,63
Намокаемость через 2 часа	84	0,9
Намокаемость через 24 часа	101	15,2
Сопротивление разрыву в *кг/мм*²	ок. 3	ок. 3

стойкую кожу. Технически дубление проводится в чанах или в барабанах. При чанной системе дубления последнее начинают в сильно кислых соках и заканчивают в сильно щелочных. Продолжительность дубления 10—14 дней. Кислые сока приготовляют, растворяя 10 ч. хромовых квасцов в 50 ч. воды и прибавляя 0,3 ч. серной к-ты. Голье вносится сначала в отработанные кислые сока, а затем в свежеизготовленные по указанному рецепту; в этих соках голье остается 2 дня. Затем насквозь прокрашенные кожи поступают в отработанные сока и после двух дней переводятся на свежие основные сока, где остаются до тех пор пока проба «н а-к и п» не покажет окончания дубления. Сильно основные сока приготовляются растворением 10 ч. хромовых квасцов в 100 ч. воды и добавкой 1 ч. кальцинированной соды к этому раствору. Барабанное дубление ведут на хромовых соках, содержащих 100 *г* хрома в *л*. Сока в количестве 12% от веса голья дают в один прием. Через 2 часа, если кожа прокрашивается насквозь, повышают основность экстракта добавкой раствора кальцинированной соды в количестве по характеру имеющегося в данный момент в барабане сока. Через 12 ч. от начала дубления кожи готовы. Как в случае чанного, так и барабанного дубления, кожи выдерживают в штабеле 12 ч., после чего производят нейтрализацию кальцинированной содой. Затем следует барабанная жировка. Сушка ведется обязательно на рамах при $t°$ 25—35°. Для неимпрегнированной П. после сушки следует прокатка, и процесс выделки заканчивается. Для импрегнированной П. производится дополнительная сушка при $t°$ ок. 50—60°, и затем чепраки погружаются на 30—40 мин. в расплавленную импрегнирующую смесь с $t°$ 75—80°. Состав импрегнирующих смесей разнообразен: парафин, различные высокоплавящиеся воски естественные и искусственные, канифоль и т. п. После импрегнирования чепраки подвергаются отволаживанию (увлажнению до нормального содержания влаги), избыток импрегнирующей массы на лице удаляется промывкой щелочами или бензином, и кожи поступают в прокатку.

Лит.: З а в а д с к и й А. А., Кожевенное производство, ч. 2, Н.-Новгород, 1924; Б а б у н В., Кожевенное производство, Тула, 1929; Сборник трудов научно-технического совета кожевенной пром-сти Украины, вып. 1, 1929; Резолюции Киевского съезда по нормализации, 1930; «Вестник кожевенной промышленности и торговли», Москва, 1928—30; B o r g m a n n J. und K r a h n e r O., Die Lederfabrikation, B. 1, B., 1923; J e t t m a r J., Handbuch der Chromgerbung, 3 Aufl., Lpz., 1924. **Н. Чернов.**

ПОДПОР воды, случай неравномерного движения потока жидкости вследствие его преграждения плотиной или запрудой, изменения уклона ложа, наличия препятствий на дне потока и сильного его сужения. Если точка A (фиг. 1) есть начало и H высота П. воды у плотины или превышение свободной поверхности воды в этом месте над нормальной глубиной воды h_0 при равномерном движении, то по мере подъема вверх по течению высота П. воды Z постепенно убывает до нуля, где П. воды кончается (точка B). Линия AB подпертого уровня называется кривой П. воды. Горизонтальное расстояние L от начала до конца П. воды называется его гидростатич. длиной. Подпор воды, особенно для равнинных рек со слабыми уклонами, распространяется вверх по течению на далекое расстояние. Теоретически кривая П. воды асимптотически приближается к прямой



Фиг. 1.

равномерного течения воды BCD. Практически за длину П. воды принимают расстояние от его начала до сечения, в котором величина Z не превышает 3—5 *см*. В первом приближении, считая кривую подпора воды за параболу с вертикальной осью, имеющей вершину в точке A, получим длину П. воды равной $L=\frac{2H}{i_0}$, где i_0—уклон дна или бытового уровня при равномерном режиме. Приближенно, графически, длину П. воды можно определить, проведя горизонтальную прямую от точки A до пересечения с дном водотока в точке E. Вследствие переменных величин живых сечений и скорости движение воды в подпертом русле будет неравномерным, поэтому для более точного определения длины и высоты П. воды исходят из ур-ния установившегося неравномерного движения:

$$i=i_0-\frac{dh}{dl}=\alpha'\frac{d}{dl}\left(\frac{v^2}{2g}\right)+\frac{v^2}{c^2\cdot R}. \qquad (1)$$

где i—переменный уклон свободной поверхности воды, поднятой плотиной; α'—коэф. учета влияния неодинаковости скоростей на увеличение живой силы; v, R и c—средняя скорость, гидравлич. радиус сечения и коэф. ф-лы Шези, g—ускорение силы тяжести.

Приведенное ур-ие дает возможность нахождения изменения глубины dh вдоль водотока для русла любой формы. Однако даже и при дальнейших его преобразованиях путем введения одной переменной h и выражения через последнюю других неизвестных i, R и c интегрирование его затруднительно и возможно лишь постепенным приближением. Поэтому в практике ограничиваются лишь рассмотрением русла призматического, с неизменной формой вдоль водотока, когда ур-ие (1) приводится в частных случаях к квадратуре. Для случая широкого прямоугольного русла, с глубиной незначительной по сравнению с шириной потока, решение дано Брессом и уравнение для участка между двумя глубинами h_1 и h_2 приводится к виду:

$$\frac{i_0\cdot l}{h_0}=\eta_2-\eta_1-(1-j)\,[B(\eta_2)-B(\eta_1)], \qquad (2)$$

где $\eta=\frac{h}{h_0}$; $j=\frac{\alpha'\cdot i\cdot c^2}{g}$; $B(\eta)$ есть ф-ия, полученная Брессом при интегрировании. Для того же случая Дюпюи, а затем Рюльман, вводя отношение $\frac{z}{h_0}$ и пренебрегая j, дают ур-ие:

$$\frac{i_0\cdot l}{h_0}=D\left(\frac{z_2}{h_0}\right)-D\left(\frac{z_1}{h_0}\right). \qquad (3)$$

Толкмитт для параболич. русла, принимая $j=0$ и $\eta=\frac{h}{h_0}$, получает ур-ие вида (3), в к-ром $D\left(\frac{z}{h_0}\right)$ соответственно заменяется $T\left(\frac{h}{h_0}\right)$. Значения ф-ий $B(\eta)$, $D\left(\frac{z}{h_0}\right)$ и $T(\eta)$ даются в виде таблиц, приводимых в курсах гидравлики. Ур-ия 2 и 3 выведены, пренебрегая изменением коэф-та c с глубиной, и справедливы лишь только для тех видов призматич. русел, для которых они даны. Наличие к ним таблиц, значительно ускоряющих вычисления, приводит к их широкому распространению в практике и для русел, сильно отличающихся от приведенных частных форм. Из способов, пригодных для любых форм призматич. русел, получили распространение приемы Бахметева и Батикля. Прием Бахметева основан на указанной им эмпирич. зависимости:

$$\left(\frac{h}{h_0}\right)^2=\left(\frac{h}{h_0}\right)^x, \qquad (4)$$

выражающей, что квадраты модулей расходов данного русла относятся, как нек-рые степени x соответствующих им глубин наполнения h и h_0. Величина x называется г и д р а в л и ч е с к и м п о к а з а т е л е м р у с л а и имеет значение для разных форм русел от 2 до 6; $k=\omega\cdot c\cdot\sqrt{R}$ есть модуль расхода и ω—площадь живого сечения. Пользуясь зависимостью (4), интегрируя ур-ие (1), Бахметев получил его в конечном виде по форме, не отличающейся от ур-ия Бресса (2), но в к-ром ф-ия имеет другое значение. Для нек-рых значений x составлены таблицы этих ф-ий. Применимость для любых русел неизменного сечения, наличие таблиц и учет изменения коэф. c с глубиной обусловливают важное значение и широкое применение приема Бахметева. Батикль, вводя линейный параметр $z=\sqrt[5]{\omega^2\cdot R}$, зависящий от размера сечения, дает ур-ие кривой П. воды в виде:

$$\frac{i_0\cdot l}{a\cdot z_0}=F\left(\frac{z_2}{z_0}\right)-F\left(\frac{z_1}{z_0}\right), \qquad (5)$$

где $a=\frac{h_2-h_1}{z_2-z_1}$; z_1, z_2 и z_0—значения параметров в сечениях *I—I*, *II—II* и при глубине h_0. Способ Батикля дает возможность приближенно находить границу занесения

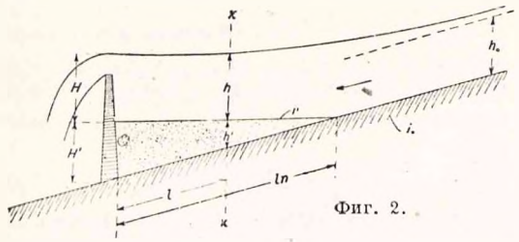
наносами русла при П. воды, знание к-рой необходимо для определения полезных объемов водохранилищ при решении многих задач водного хозяйства. Длина «твердого подпора» l_n (фиг. 2), на которую распространяется занесение русла, по Батиклю равна:

$$l_n = \frac{a \cdot z_0 F\left(\frac{Z}{z_0}\right) + H'}{i_0}, \qquad (6)$$

где

$$a = \frac{H - h_0}{Z - z_0};$$

Z и H—параметр и глубина воды у плотины, H'—высота заиления перед плотиной. Ве-



Фиг. 2.

личина l_n по (6), находимая последовательным приближением, дает возможность определить уклон i' заиленного водохранилища и «твердый подпор» h' в любом сечении x—x, а также построить кривую П. воды, значительно дальше распространяющуюся при заилении, чем в обычных условиях, что необходимо учитывать при определении затоплений. Достоинством приема Батикля является возможность построения кривых П. воды, пользуясь лишь одной таблицей или графиком для любой формы призматич. русла.

Значения $F\left(\frac{Z}{z_0}\right)$.

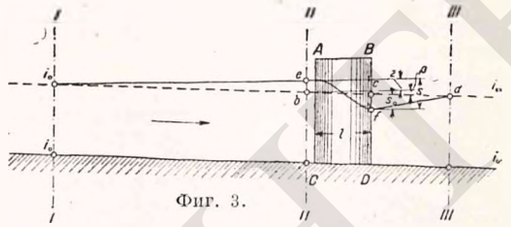
$\zeta = \frac{Z}{z_0}$	$F\left(\frac{Z}{z_0}\right)$	$\zeta = \frac{Z}{z_0}$	$F\left(\frac{Z}{z_0}\right)$
1,000	$-\infty$	1,7	1,6691
1,001	−0,1366	1,8	1,7756
1,002	+0,0026	1,9	1,8805
1,003	0,0843	2,0	1,9842
1,004	0,1424	2,1	2,0870
1,005	0,1876	2,2	2,1892
1,006	0,2247	2,3	2,2910
1,007	0,2561	2,4	2,3924
1,008	0,2834	2,5	2,4935
1,009	0,3076	2,6	2,5945
1,01	0,3293	2,7	2,6953
1,02	0,4710	2,8	2,7959
1,03	0,5612	2,9	2,8965
1,04	0,6248	3,0	2,9969
1,05	0,6757	3,2	3,1976
1,06	0,7183	3,4	3,3981
1,07	0,7555	3,6	3,5985
1,08	0,7884	3,8	3,7988
1,09	0,8183	4,0	3,9990
1,10	0,8457	4,2	4,1992
1,12	0,8950	4,4	4,3993
1,14	0,9388	4,6	4,5994
1,16	0,9786	4,8	4,7995
1,18	1,0155	5,0	4,9996
1,20	1,0499	5,5	5,4997
1,25	1,1277	6,0	5,9998
1,30	1,1999	7,0	6,9999
1,35	1,2660	8,0	7,9999
1,40	1,3288	9,0	9,0000
1,50	1,4474	10,0	10,0000
1,60	1,5601	∞	∞

В естественных водотоках постоянно изменяется как форма русла, так и уклон дна. В этом случае для определения П. воды пользуются приемом последовательного суммирования, для чего разбивают реку на отдельные небольшие участки, для которых можно принять некоторые «средние» значения поперечных сечений и поверхностных уклонов воды. Задавалсь глубиною в конце участка, находят приведенными приемами глубину в начале и сравнивают ее с заданной в проекте, продолжая подбор до их совпадения. Последовательно переходя от участка к участку, строят кривую П. воды на всем протяжении его распространения. Этим способом кривая П. воды м. б. определена с большей степенью точности, чем другими приемами. П. воды также возникает при протекании ее через мостовые отверстия, особенно при прохождении вешних и паводковых вод. Это явление аналогично случаю П. воды плотинами, и подсчеты ведутся тем же способом. Устройство в русле быков $ABDC$ (фиг. 3) вызывает П. уровня i_0e перед мостом (сечения I—I, II—II), спад ef в пределах сооружения и подъем fd за мостом до бытового уровня (сечение III—III). При этом различают истинный подпор $eb=z$, т. е. подъем воды над бытовым уровнем i_0bcd, необходимый для определения затопления вышележащей местности, и кажущийся подпор s (равный сумме высот истинного П. воды—z, падения у моста $\beta = l \cdot i_0$ и понижения уровня $cf=s_0$), важный для определения перепада воды в мостовом отверстии, затрудняющего судоходство. П. воды приближенно (с преувеличением) м. б. определен ф-лой:

$$z = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}, \qquad (7)$$

в которой v и v_0—скорости между быками и выше моста.

Для определения П. воды у мостов разными авторами дано большое количество



Фиг. 3.

теоретич. ф-л, однако они не являются удовлетворительными и подсчеты по ним дают между собою значительную разницу, доходящую до троекратной. Поэтому в настоящее время преимущественно пользуются эмпирическими формулами, из которых ф-ла Ребока имеет наибольшее распространение и определяет истинный подпор z следующим выражением:

$$z = [\delta_0 - \alpha(\delta_0 - 1)] \cdot [0{,}4\alpha + \alpha^2 + 9\alpha^4] \cdot \left[1 + \frac{2k_0}{h_0}\right] \cdot k_0, \qquad (8)$$

где δ_0—коэф. формы, определенный Ребоком на основании опытов над моделями для быков разных форм; $\alpha = \frac{f}{F}$ — коэф. стеснения русла (отношение части живого сечения, занятого быками, к живому сечению при бытовой глубине h_0); $k_0 = \frac{Q^2}{B^2 \cdot h_0^3 \cdot 2g}$—скоростный напор в бытовых условиях; B и Q—ширина и расход водотока у мостов. Для приближенного определения П. воды z Ребок предлагает следующие ф-лы:

при прямоугольных очертаниях быков

$$z = 2{,}1\ \alpha \cdot k_0; \qquad (9)$$

при новых быках и плавном очертании их

$$z = \alpha \cdot k_0. \qquad (10)$$

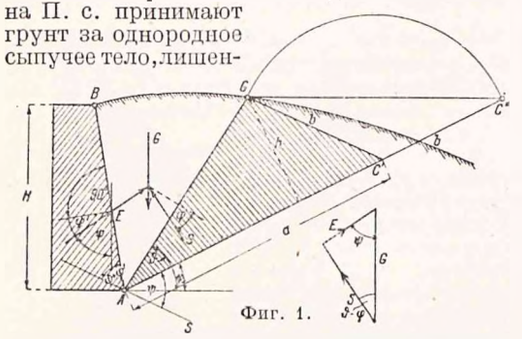
Ребоком дается ряд ф-л и графиков для П. воды в разных состояниях водотока при различных значениях δ_0. Помимо формул Ребока получили некоторое распространение также формулы Крея.

Лит.: Дейша А. В., Гидравлика для начинающих, стр. 73—76, М., 1924; Бахметев Б. А., О неравномерном движении жидкости в открытом русле, Л., 1928; Таблицы для построения кривых подпора и спада в руслах с прямым уклоном по способу проф. Б. А. Бахметева, Л., 1929; Павловский Н. Н., О новых работах по гидравлике, стр. 2—10, Л., 1925; Ахутин А., Новые методы построения кривых подпора в естественных руслах, «Гидротехнический сборник МВТУ», М., 1929, 2, стр. 107—118; Рахманова А. Н., О построении кривых свободной поверхности для естественных водотоков при установившемся движении, «Известия Гос. научно-мел. ин-та», Л., 1930, вып. 20; Франциус О., Гидротехнич. сооружения, пер. с нем., т. 1, стр. 97—99, М., 1929; Baticle, Nouvelle méthode pour la détermination des courbes de remous, «GC», 1921, 23—24, p. 488, 515; Weyrauch R., Hydraulisches Rechnen, 5 Aufl., p. 216—240, Stg., 1921; Rehbock Th., Brückenstau und Walzenbildung, «Der Bauingenieur», Berlin, 1921, H. 13; Rehbock Th., Zur Frage des Bruckenstaues, «Zentralblatt der Bauverwaltung», B., 1919, 37; Krey H., Berechnung des Staues infolge von Querschnittseinengungen, «Zentralblatt der Bauverwaltung», Berlin, 1921.

С. Каплинский.

ПОДПОРНЫЕ СТЕНКИ, стены, поддерживающие с боков земляные массы с естественным откосом или в виде искусственных насыпей. П. с. должны быть так спроектированы и построены, чтобы противодействовать в полной мере давлению опирающейся на них земляной массы и, в соответствующих случаях, временной нагрузки на последнюю. Поэтому существенную роль при проектировании П. с. играет правильное определение давления земли на нее. Когда это давление определено, то намечают размеры П. с., после чего проверяют рациональность намеченной формы ее. Наметку размеров стенки делают, пользуясь эмпирическими ф-лами, таблицами или практич. данными. Проверку производят графически — путем построения линии давления, следя за тем, чтобы последняя все время проходила в ядре сечения активной части стены и чтобы при этом не были превзойдены допускаемые напряжения каменной кладки стенки и допускаемые давления на грунт.

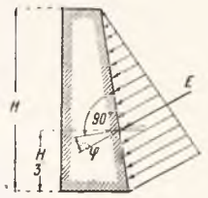
Определение давления земли на П. с. При вычислении давления земли на П. с. принимают грунт за однородное сыпучее тело, лишен-



Фиг. 1.

ное сцепления между его частицами, так что внутри земляной массы действуют лишь силы сжатия и трения. По предположению Кулона при малейшем движении (опрокидывании) П. с. в опирающейся на нее земляной массе образуется плоскость скольжения AG (фиг. 1). Вес G земляной призмы ABG должен находиться в равновесии с сопротивлением E П. с. и с сопротивлением S плоскости скольжения, образующей с горизонталью угол ϑ. Для характеристики условий трения в земляной массе служит угол φ естественного откоса, отвечающий углу трения. Наименьшая величина сопротивления E при устойчивом равновесии называется активным давлением земли. При этом предельном условии равновесия происходит скольжение земляной призмы вниз и сила от давления земли стремится опрокинуть или сдвинуть П. с. Наибольшая величина E, потребная для равновесия, называется пассивным давлением земли; земляная призма ABG скользит вверх. Этот предельный случай равновесия наступает, когда П. с. нажимает на земляную призму, стремясь выперть земляной клин вверх. В обоих случаях сила S образует с нормалью к плоскости скольжения угол трения φ.

Активное давление земли. По Ребхану плоскость скольжения AG делит пополам земляную призму, ограниченную плоскостью стенки AB, плоскостью естественного откоса AC', поверхностью земли BG и плоскостью GC'. Линия GC' параллельна линии положения AS, образующей с линией естественного откоса угол ψ, равный углу, образуемому давлением земли E с вертикалью. Величина давления земли на единицу длины стенки определяется из ур-ния:



Фиг. 2.

$$E = G\frac{\overline{GC'}}{\overline{AC'}} = G \cdot \frac{b}{a}. \qquad (1)$$

Т. к. по Ребхану площадь AGC' равна площади ABG и следовательно равна величине $\frac{G}{\gamma}$, то

$$G = \gamma \cdot \text{площ.}\ AGC' \cdot 1 = \gamma \cdot a\frac{h}{2} \text{ и } E = \gamma\frac{h \cdot b}{2}, \qquad (2)$$

где γ—вес единицы объема земли, а h—высота тр-ка AGC'. Отсюда заключаем, что величина давления E земли на П. с. длиной 1 *м* определяется площадью тр-ка давления земли AGC'. Действительное направление давления E земли остается до сего времени невыясненным; вообще оно характеризуется величиной угла трения земли по стенке и выражается углом φ', образуемым силой E с нормалью к поверхности стенки. При расчетах принимают, что величина угла φ' может изменяться лишь в пределах от 0 до значений угла φ естественного откоса земли. В большинстве случаев берут $\varphi'=\varphi$; если грунт влажный и пропитан водою, то берут $\varphi'=0$. В последнем случае давление E земли действует вертикально к поверхности стены. Распределение давления земли по поверхности AB стены, в случае прямой ограждающей плоскости и прямой поверхности земляной массы, подчиняется тому же закону, что и при давлении воды (фиг. 2). На практике поэтому принимают, что точка приложения равнодействующей E лежит на одной трети высоты стены, считая от ее основания. Построение тр-ка давления земли при плоской ограждающей поверхности стены, прямом откосе и отсутствии временной нагрузки показано на фиг. 3. Сначала проводят через точку A под углом φ к горизонтали

прямую AC, определяющую собой положение плоскости естественного откоса земли, и через точку B—прямую BN, параллельную основной линии или, что то же, образующую с прямой BA угол $\varphi+\varphi'$; затем описывают на прямой AC, как на диаметре, полуокружность, проводят $NN' \perp AC$, откладывают на прямой AC от точки A отрезок $AD = AN'$, проводят $DD' \parallel BN$ и откладывают $DD'' = DD'$. Заштрихованный треугольник $DD'D''$ и есть тр-к давления земли. Если земляной откос наклонен под углом α к горизонту, а плоскость AB стены — под углом β, то горизонтальная составляющая E_h давления E земли выразится ф-лой:

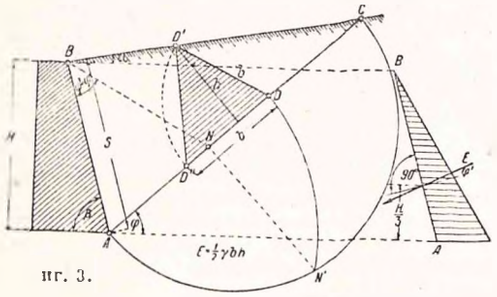
$$E_h = \frac{1}{2}\gamma s^2 \frac{\sin^2(\beta+\varphi)}{\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\varphi')\cdot\sin(\varphi-\alpha)}{\sin(\beta+\varphi')\cdot\sin(\alpha+\beta)}}\right]^2}, \qquad (3)$$

где s—длина следа AB ограждающей плоскости при $\alpha = 0$ (горизонтальный откос), $\beta = 90°$ (задняя грань стены вертикальна) и $\varphi' = \varphi$ (плоскость AB стены шероховата) или:

$$E_h = \frac{1}{2}\gamma H^2 \frac{\cos^2\varphi}{\left[1+\sqrt{2\cdot\sin\varphi}\right]^2}, \qquad (4)$$

где H—высота стенки.

При $\alpha = 0$, $\beta = 90°$ и $\varphi' = 0$ (плоскость AB



иг. 3.

стены гладкая, а грунт сыпой) давление E земли горизонтально и равно:

$$E = E_h = \frac{1}{2}\gamma H^2 \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (5)$$

В последнем случае давление земли на глубине H на единицу площади будет равно:

$$q = \frac{2E}{H} = \gamma H \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (6)$$

Если в ф-ле (5) принять $\varphi = 37°$ (среднее значение для насыпного грунта), то $E = \frac{1}{8}\gamma H^2$, а для предельного значения $\gamma = 2.0$, давление земли $E = \frac{H^2}{4}$. При $\alpha = \varphi$ (угол естественного откоса), $\varphi' = 0$ и $\beta = 90°$ получим:

$$E = E_h = \frac{1}{2}\gamma H^2 \cos^2\varphi. \qquad (7)$$

Когда задняя грань П. с. наклонена в сторону земляной массы на угол δ, считая от вертикали, и $\alpha = 0$ (горизонтальный откос), то давление земли выразится ур-нем:

$$E = \frac{1}{2}\gamma H^2 \frac{\cos^2(\delta+\varphi)}{\cos\delta\,(\cos\delta+\sin\varphi)^2}. \qquad (8)$$

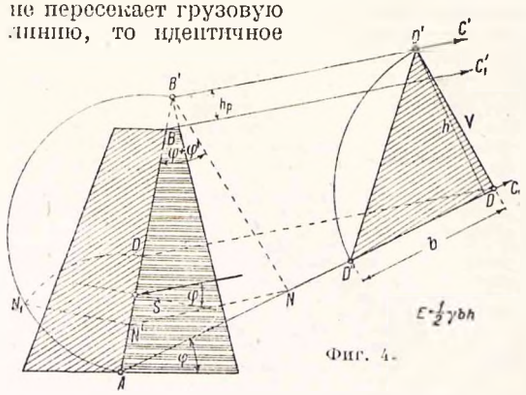
При тех же условиях, что в предыдущем случае, но при естественном откосе ($\alpha = \varphi$) давление земли выразится величиной:

$$E = \frac{1}{2}\gamma H^2 \frac{\cos^2(\delta+\varphi)}{\cos^3\delta}. \qquad (9)$$

При наличии временной нагрузки p таковую заменяют эквивалентной нагрузкой, равной весу земли, высотой

$$h_p = \frac{p}{\gamma}. \qquad (10)$$

Соответствующее построение (фиг. 4) даст новую (грузовую) линию $B'C'$, параллельную откосу земли. На этой же фиг. 4 приведено построение тр-ка давления земли при наличии указанной временной нагрузки p, причем так как линия естественного откоса не пересекает грузовую линию, то идентичное



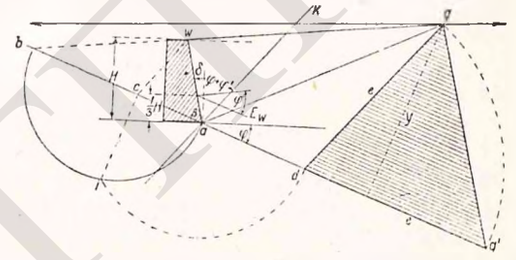
Фиг. 4.

предыдущему примеру построение сделано не на линии естественного откоса, а на прямой AB'. Точка приложения силы E лежит на одинаковой высоте с ц. т. трапеции давления земли. При горизонтальном откосе и вертикальной, совершенно гладкой задней грани стены давление земли и временной нагрузки м. б. определено по ф-ле:

$$E = \frac{1}{2}H^2\left(\gamma + \frac{2p}{H}\right)\operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (11)$$

Здесь величина E представляет собой сумму сил E_γ (давление земли) и E_p (эквивалентное давление от временной нагрузки), причем принимают, что E_γ приложена на одной трети высоты стены, считая от ее основания, а E_p—на половине высоты стены.

Пассивное давление земли. Определение пассивного давления земли (сопротивления земляной массы) производится по тому же методу, который был указан выше для активного давления земли, с теми лишь изменениями, которые связаны с переменой знаков у углов φ и φ' на обратные. На фиг. 5 показано графическое определение пассивного давления земли для случая прямого откоса wq и прямой грани wa стены, причем для построения линии естественного откоса угол φ откладывают вниз



Фиг. 5.

от горизонтали. Положение основной линии ak определяется углом $\varphi+\varphi'$, откладываемым от wa в сторону призмы выпирания. Проводим прямую wc параллельно основной линии ak. Описанная на прямой ab, как на диаметре, полуокружность пересекается вертикалью ci в некоторой точке i. Определив эту точку, откладываем $ad = ai$ и проводим $ag \parallel ak$. Прямая ag—след плос-

кости выпирания, а $dg = e$—мерило сопротивления земли. Пассивное давление земли выразится при этом величиной:

$$E_w = \frac{\gamma \cdot e \cdot y}{2}, \qquad (12)$$

где γ—вес единицы объема земли, а y—высота тр-ка dgg' давления земли. При $\alpha = 0$ (горизонтальный откос), $\beta = 90°$ ($\delta = 0$; задняя грань стенки вертикальна) и $\varphi' = 0$ сопротивление земляной массы будет равно:

$$E_w = \frac{1}{2}\gamma H^2 \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (13)$$

Если принять $\varphi = 37°$, то $E_w = 2\gamma H^2$, а принимая в последнем равенстве $\gamma = 2{,}0$, получим $E_w = 4H^2$.

Определение размеров П. с. Для предварительного определения размеров П. с. можно пользоваться следующими ф-лами и практич. данными. Стены из сухой кладки. Передней грани придают заложение в $^2/_3$ высоты; при стенках высотой свыше 10 м наружную переднюю поверхность стенки делают ломаной, придавая верхнему скату (на высоте 10 м) заложение в $^2/_3$ высоты, а нижнему—заложение в $^1/_5$ высоты. Уклон передней грани с заложением в $^1/_2$ высоты допускается лишь для стен высотой не свыше 6 м. Заднюю грань стены делают вертикальной или с наделием 6/1 в пределах насыпного грунта, а ниже его, в пределах естественного грунта,—параллельной передней грани стены. Толщина стены вверху м. б. определена предварительно по ф-ле:

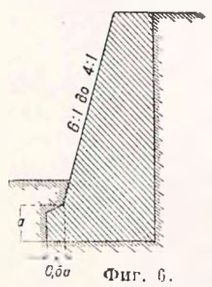
$$d = 1 + \frac{h}{10} + \frac{h_1}{12}, \qquad (14)$$

где h—высота видимой части стецы, h_1—высота насыпи поверх стены.

Стены, сложенные из бутового камня на растворе. Передней грани придают уклон с заложением в $^1/_5$—$^1/_{12}$ высоты. Заднюю грань делают вертикальной. Для стены, имеющей переднюю грань с заложением в $^1/_6$ высоты, а заднюю—вертикальной, толщина стены вверху м. б. предварительно определена из выражения:

$$d = 0.44 + 0.2h, \qquad (15)$$

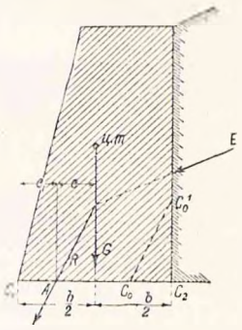
где h—высота стены. При этом высота h_1 насыпи поверх стены не должна быть более 1 м. Если $h_1 > 1$ м, то толщина d увеличивается на величину $\frac{1}{30}h_1\left(2 - \frac{h_1}{3h}\right)$; при $h_1 \geqslant 3h$ увеличение толщины делается в $0{,}1h$. По Петерсену наиболее рациональную форму имеет стена с вертикальной задней



Фиг. 6.

гранью, с падением передней грани 6/1—1/1 и с уширением фундамента в сторону передней грани на 0,6 его высоты (фиг. 6). Кирпичные на растворе П. с., по свойству материала, приходится делать с вертикальными (передней и задней) гранями при горизонтальных швах и с параллельными наклонными гранями при наклонных швах. Чрезвычайно рациональной мерой в целях придания устойчивости и уменьшения веса стенки является замена части веса массивной П. с. трапецоидальной или прямоугольной формы давлением действующей на стенку земляной массы. Получаются при этом П. с. тавровой или уголковой формы. Устойчивость такой стенки уже мало зависит от ее собственного веса, а давление земли на нижнюю полку угла само является той силой, к-рая препятствует опрокидыванию стенки. По конструкции такие стенки делают железобетонными.

Проверка устойчивости массивных П. с. Для проверки устойчивости массивной П. с. определяют построением равнодействующую R (фиг. 7) сил E (давление земли) и G (вес каменной кладки). Равнодействующая эта должна пересекать основание стены в некоторой точке A, которая лежит в средней трети активной части стены (в ядре сечения), причем напряжения нигде не должны превосходить допускаемых. Если точка A лежит в средней трети шва C_1C_2 основания, то стена испытывает у этого основания лишь одно сжатие. Наибольшие краевые напряжения определятся при этом по ф-ле:



Фиг. 7.

$$k = \frac{N}{F}\left(1 \pm \frac{6e}{b}\right). \qquad (16)$$

где N—вертикальная составляющая равнодействующей R, F—площадь рассматриваемого шва, b—ширина шва (толщина стены у основания), e—эксцентриситет. Рассматривая участок стены длиною 1 м, можно ф-лу (16) преобразовать в следующую:

$$k = N\frac{b \pm 6e}{b^2}. \qquad (16a)$$

Если точка A лежит вне ядра сечения, то давление передают на активную часть шва $C_1C_0 = 3e_1$ с тем, чтобы равнодействующая R проходила в средней трети части основания C_1C_0 (в ядре сечения). При этом наибольшее давление в крайней точке C_1 рассматриваемого шва найдется из ур-ия:

$$k = \frac{2N}{3le_1}, \qquad (17)$$

где e_1—расстояние точки A от ближайшего края шва, т. е. точки C_1, а l—длина рассматриваемого участка стены. При $l = 1$ м ф-ла (17) преобразуется в следующую:

$$k = \frac{2N}{3e_1}. \qquad (17a)$$

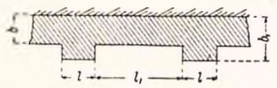
По ф-лам (16а) и (17а) обыкновенно и рассчитываются искомые напряжения. Часть стены на протяжении C_0C_2 основания, как изъятая из общей работы, м. б. подрезана параллельно наружной поверхности стены (C_0C_0'). При большой высоте П. с. требуется построение линии давления, с каковой целью профиль стены разбивают сечениями, параллельными основанию, на отдельные части, после чего находят для различных сечений центры давления, точки пересечения с равнодействующей соответственных веса и давления земли. Соединяя эти точки, получают линию давления, б. или м. близкую к кривой давления в стенке и дающую представление о характере распре-

деления давлений внутри стены. Для каждого ива определяют краевые напряжения, которые нигде не должны превосходить допускаемых.

П. с. с контрфорсами. При усилении П. с. контрфорсами таковые располагают с внешней стороны стенки. Обыкновенно руководствуются следующими соотношениями размеров (фиг. 8):

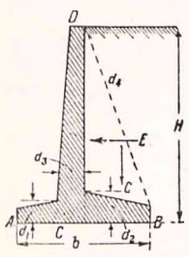
$$l_1 = 80\,b\sqrt{\frac{h}{P_h}} \quad \text{и} \quad l = b_1, \qquad (18)$$

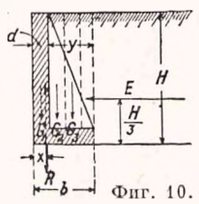
где P_h—горизонтальная составляющая равнодействующей сил E (давление земли) и G (вес участка стены без контрфорсов). P_h д. б. воспринята контрфорсами. На участок стены с контрфорсом таким образом приходятся силы $E \cdot l$, $P_h \cdot l_1$ и G' (собственный вес контрфорса). Равнодействующая этих трех сил должна проходить в пределах средней трети основания стены.


Фиг. 8.

П. с. тавровой и уголковой формы сооружают с ребрами и без таковых; они представляют собой наивыгоднейшую форму сечения П. с. в смысле наименьших количеств потребных материалов и выемки грунта. Все части таких П. с. работают на изгиб. Часть AC фундаментной плиты (фиг. 9), испытывающая давление грунта снизу, рассчитывается как консольная балка. Другая часть CB фундаментной плиты, на к-рую действует земляной груз сверху и давление грунта снизу, при наличии ребер рассчитывается как балка, частично зажатая на концах у ребер; при отсутствии ребер фундаментная плита CB рассчитывается как консольная балка. Вертикальная или несколько наклонно расположенная стенка CD при наличии ребер рассматривается как балка на опорах, за каковые принимают ребра; при отсутствии последних стенка рассчитывается как консольная балка. Ребра рассчитываются как балки Т-образного сечения. Напряжения в частях П. с. и давление на грунт нигде не должны превосходить допустимых. Жел.-бет. опорные стенки считаются более экономичными, чем таковые из трамбованного бетона, если 1 $м^3$ железобетона обходится не дороже троекратной или четырехкратной стоимости 1 $м^3$ трамбованного бетона. По Баумштарку безреберная форма стенки высотою до 4 $м$ более выгодна, чем таковая с ребрами. Расчет жел.-бет. П. с. производится по специальным ф-лам (см. *Железобетонные конструкции*). Характерным при этом расчете является то, что опрокидывающей силе давления земли противодействует вращающая в противоположную сторону сила веса массива грунта, лежащего над фундаментной плитой. Равенство обоих моментов обусловливает минимальные размеры плиты. Горизонтальное давление земли (5):

$$E = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 \operatorname{tg}^2\left(45° - \tfrac{\varphi}{2}\right) = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 \varepsilon.$$


Фиг. 9.


Фиг. 10.

Если равнодействующая сил E (давление земли) и G (вес П. с.) должна пройти через крайнюю переднюю точку ядра, то наибольшее давление на грунт будет:

$$k = \tfrac{4}{3}H\gamma. \qquad (19)$$

При $k = 2{,}5$ $кг/см^2$ и среднем значении для $\gamma = 1{,}6$ $т/м^3$ наибольшая допустимая высота П. с. получается равной $H_{max} = 11{,}7$ $м$. Толщина частей П. с., изображенной на фиг. 9, без ребер м. б. определена по следующим ф-лам:

$$d_1 = C_1\sqrt{M_1} = C_1 H\sqrt{\tfrac{12}{243}\gamma H\varepsilon}, \qquad (20)$$

$$d_2 = C_1\sqrt{M_2} = 0{,}4\,C_1 b\sqrt{\gamma H}, \qquad (21)$$

$$d_3 = 0{,}407 C_1 H\sqrt{\gamma H\varepsilon}. \qquad (22)$$

На высоте $0{,}63\,H$ толщина стенки $= \frac{d_3}{2}$. При наличии ребер надлежит d_1 вычислять по ф-ле (20), затем d_2 по след. ф-ле:

$$d_2 = C_1\sqrt{M_2} = 0{,}25 C_1 x\sqrt{\gamma H}, \qquad (23)$$

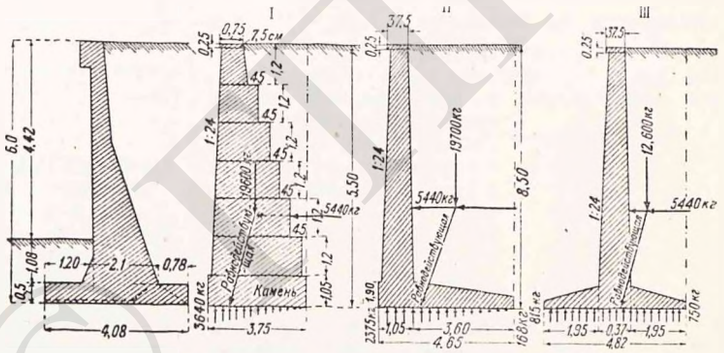
где x—расстояние между ребрами, толщина к-рых равна:

$$d_4 = 0{,}25 C_1 x\sqrt{\gamma H\varepsilon}. \qquad (24)$$

Ребра отстоят друг от друга на 1,5—2,0 $м$. По Баумштарку наивыгоднейшее расстояние между ребрами равно:

$$x = \frac{\frac{1}{4}\cdot H^{\frac{1}{2}}}{\psi^{\frac{1}{2}}\cdot\gamma^{\frac{1}{2}}},$$

где ψ—коэф., зависящий от допускаемых напряжений для бетона и железа, равный (в данном случае) 0.0039. При $\gamma = 1\,600$ $кг/м^3$


Фиг. 11.

Фиг. 12.

$x = 0{,}633 h^{\frac{1}{2}}$. О значениях коэф-та C_1 в ф-лах (20)—(24) см. *Железобетонные конструкции*, формула (13). Мессер (Messart) рекомендует брать ширину a части AC фундаментной плиты равною:

$$a = \frac{4\operatorname{tg}^2\varphi_1 - s^2\operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}{8s\operatorname{tg}\varphi_1}\cdot H, \qquad (25)$$

где s—коэф. прочности, φ—угол естественного откоса, φ_1—угол трения между стенкой и землей, H—высота стены в $м$. Для определения размеров П. с. уголкового сечения (фиг. 10) Вейске дает следующие ф-лы:

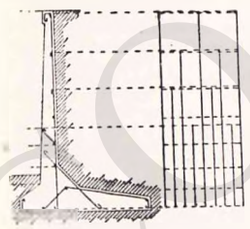
$$x = \frac{S_v - S_h + G_2 y\left(\frac{y}{2} + d\right)}{G_1 + yG_2}, \qquad (26)$$

$$y = -A + \sqrt{A^2 + B}, \qquad (27)$$

где

$$A = \frac{0{,}75pd - G_1}{0{,}75p - G_2}; \quad B = \frac{1{,}5p(S_h - S_v) + G_1^2}{G_2(0{,}75p - G_2)};$$

x—расстояние от равнодействующей до переднего ребра основания П. с.; p—допускаемое давление на грунт в $т/м^2$; d—толщина вертикальной стенки; G_1—вес стенки; G_2—нагрузка на фундаментную плиту, приходящуюся на ширину, равную единице, включая собственный вес плиты и ребер; S_v—статич. момент передней стенки относительно переднего ребра основания П. с.; S_h — статический момент горизонтальной составляющей давления земли относительно того же ребра. Длины выражают в $м$, вес—в $т$. По Шеферу (Schäfer) ширина фундаментной плиты в П. с. уголковой формы (фиг. 10) без ребер определяется по следующим ф-лам при условии, что равнодействующая проходит через крайнюю переднюю точку ядра сечения и при отсутствии временной нагрузки:


Фиг. 13.

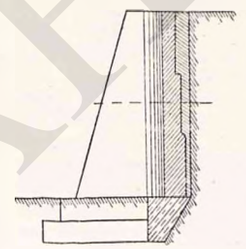
$$b = H\operatorname{tg}\left(45° - \tfrac{\varphi}{2}\right). \qquad (28)$$

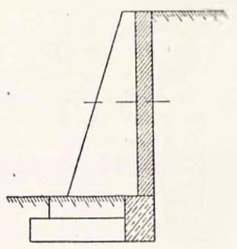
Если растягивающие напряжения не допускаются, то

$$b = H\operatorname{tg}\left(45° - \tfrac{\varphi}{2}\right)\sqrt{\frac{k}{3k - 4\gamma H}}, \qquad (29)$$

где k—допускаемое давление на грунт. В высоких П. с. устраивается для увеличения противовеса земли вторая горизонтальная плита на $^1/_2$ высоты стенки. При наличии временной нагрузки таковая учитывается в виде эквивалентного веса земляной массы. На фиг. 11 представлен профиль П. с., применяемой часто в С. Америке. Профиль этот представляет собой переходную ступень от массивного бетонного профиля к железобетонному. На фиг. 12 изображены три профиля П. с., из к-рых второй на 47,5%, а третий на 47,9% экономичнее первого при стоимости 1 $м^3$ бетона 1-го профиля 34 герм. мар., 2-го и 3-го профиля 38,25 герм. мар. и 100 $кг$ железа 28 герм. мар. На фиг. 13 представлена арматура П. с. таврового сечения.

П. с. в виде плоских вертикальных плит или сводов между контрфорсными опорами. Значительную экономию в материале против массивных стенок дает расчленение стенки на отдельные контрфорсные опоры, между к-рыми заделываются или плоские вертикальные бетонные своды (фиг. 14) или плиты (фиг. 15). Толщина последних определяется по давлению земли и величине пролета (расстоянию между контрфорсными опорами) и увеличивается книзу. Контрфорсные опоры, сооружаемые из бетона и железобетона (с вертикальной арматурой из круглого железа с хомутками), также утолщаются книзу, в виде плоских вертикальных жел.-бет. плит, поддерживаемых массивными бетонными контрфорсами. На фиг. 16а показан фасад и разрез, а на фиг. 16б план арочной П. с.

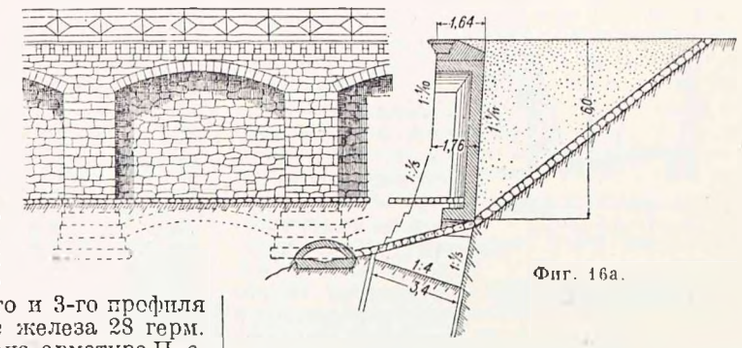

Фиг. 14.


Фиг. 15.

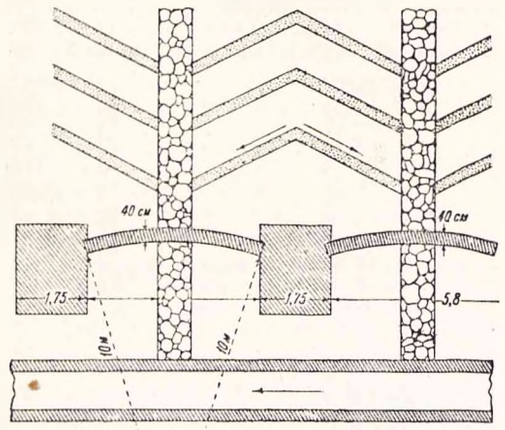
Глубина заложения фундамента П. с. Глубина заложения подошвы фундамента П. с. определяется по ф-ле Паукера:

$$h = m\sqrt[k]{\gamma}\operatorname{tg}^{\frac{1}{2}}\left(45° - \tfrac{\varphi}{2}\right), \qquad (30)$$

в к-рой: h—глубина заложения подошвы


Фиг. 16а.

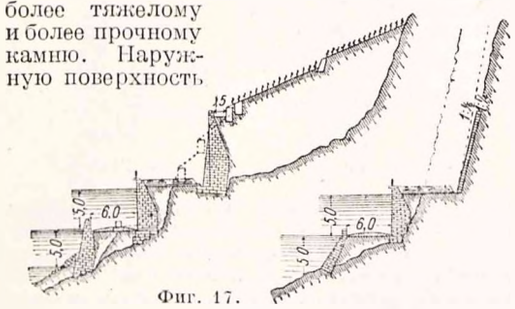
фундамента, m—коэф. устойчивости, равный 1,75, k—допускаемое давление на грунт, γ—вес единицы объема грунта, φ—угол



Фиг. 16б.

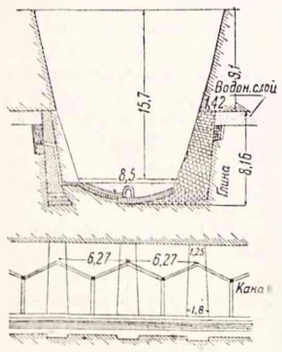
естественного откоса грунта. Другие ф-лы см. *Фундаменты и основания*.

Общие соображения по сооружению П. с. Материалом для сооружения П. с. может служить местный камень, кирпич, бетон и железобетон. При наличии камня различных пород следует, при одинаковой стоимости, отдавать предпочтение более тяжелому и более прочному камню. Наружную поверхность



Фиг. 17.

иногда облицовывают более плотным и прочным материалом (см. *Облицовка*). Наименьшей толщиной стенок считается: для бутовой кладки 0,60 *м*, для кирпичной кладки—два кирпича. Все швы надлежит расшивать цементом. В массивных П. с. верх перекрывают массивными плитами, снабженными слезниками. Толщина этих перекрывающих плит 10—15 *см*. Особое внимание должно быть уделено правильному отводу воды от внутренних поверхностей стен, прокладывая с этой целью *дренажные трубы* (см.) или дренируя земляную массу за стенкой каким-либо иным путем (см. *Дренаж*) и устраивая водоотводные канавы на *откосах* (см.). Скопляющуюся в дренах или, при отсутствии таковых, за стенкой воду отводят наружу через особые проделанные для этого отверстия в нижней части стены (фиг. 17) или выше, если имеются к тому подходящие условия (водонепроницаемый слой в нижней части стены, фиг. 18). Земляную засыпку за стену производят слоями толщиной в 0,3 *м* каждый, плотно утрамбовывая каждый слой. При этом следует избегать наклонных слоев, могущих образовать скользкие поверхности. При длинных П. с. надлежит принимать меры для парализования возникающих в стенках *t*°-ных напряжений, влекущих за собой при нерациональной конструкции поперечные трещины. Верхнюю часть стены следует сложить на цементном растворе, а позади стены на глубину 1 *м* и ширину 1 *м* надлежит делать каменную пропускающую воду наброску, чтобы таким образом устранить возможность сдвига верхней части кладки (при морозах).



Фиг. 18.

Лит.: Брилинг С. Р., Формулы и таблицы для расчета инж. конструкций, 3 изд., М.—Л., 1931; его же, Пособие для проектирования и составления смет и отчетности на строительные и дорожные работы, 3 издание, М.—Л., 1930; его же, Нормы для расчета и проектирования инженерных сооружений, М., 1927; Безухов Н. И., Подпорные стенки, М.—Л., 1930; его же, Теории сыпучих тел, М.—Л., 1931; Проскуряков Л., Строительная механика, ч. 2, Статистика сооружений, М.—Л., 1926; Белихов П., Теория инженерных сооружений, вып. 1, Москва, 1924; Прокофьев И. П., Теория сооружений, ч. 2, М., 1928; Скрыльников В., Определение давления земли на стены, «Гипротехнич. сборн.», М., 1927, 1; Baumstark, Die Konstruktion von Eisenbetonstützmauern, «B. u. E.», 1908; Boussinesq, Sur les modes d'équilibre limite les plus simples, que peut présenter un massif sans cohésion fortement comprimé, «CR», 1874; Berrer, Standsicherheitsuntersuchung von Kaimauern in weichem Lehmboden, «Bautechnik», Berlin, 1925; Coincidère, Note sur la poussée des terres, «Annales des ponts et chaussées», Paris, 1870; Cramer, Wider den sogenannten Kippsicherheitsgrad von Stützmauern, «Bautechnik», Berlin, 1925; Engesser F., Neuere Versuche über die Richtung u. Grösse des Erddrucks gegen Stützwände, «Deutsche Bauzeitung», Berlin, 1893; Franzius, Versuche mit passivem Erddruck, «Bauingenieur», B., 1924, H. 10; Freund, Neue Untersuchungen zur Erddrucktheorie, «Ztschr. für Bauwesen», B., 1921; Kármán Th., Elastische Grenzprobleme, «Verhandl. des Internat. Kongresses f. technische Mechanik», Zürich, 1926; Keppler, Erddruck auf Parallelflügel, «Bautechnik», B., 1925; Krey H., Erddruck, Erdwiderstand u. Tragfähigkeit des Baugrundes, 3 Aufl., B., 1927; Mohr O., Abhandlungen aus dem Gebiete d. techn. Mechanik, 3 Aufl., B., 1928; Mohr O., Theorie des Erddruckes auf Stützmauern, «Schweiz. Bauzeitung», Zürich, 1910; Moller, Ueber die Grösse des passiven Erddruckes, «Bauingenieur», 1924, H. 17; Mörsch E., Die Berechnung von Winkelstützmauern, «B. u. E.», 1925; Müller-Breslau H., Erddruck auf Stützmauern, B., 1906; Petermann, Neuere amerikanische [illegible]druckversuche, «Ztrbl. d. Bauverwaltung», B., 1924; Petersen R., Erddruck auf Stützmauern, B., 1924; Petersen R., Grenzzustände des Erddruckes auf Stützmauern, B., 1925; Lévy M., Essai sur la théorie nouvelle de l'équilibre des terres, «Journ. de mathém.», P., 1873; Rankine W., On the Stability of Loose Earth, «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», L., 1857, v. 147; Rankine W., Manual of Applied Mechanics, 20 ed., L., 1929; Rebhann G., Theorie des Erddruckes und die Futtermauern mit besonderer Rücksicht auf das Bauwesen, W., 1871; Reissner H., Zum Erddruckproblem, «Verhandl. des Internat. Kongresses f. techn. Mechanik», Delft, 1924; Reissner H., Theorie des Erddruckes, «Enzyklopädie d. mathem. Wiss.», B. 4, Teil 2, Abt. 2, H. 3, B.—Lpz., 1910; Ritter, Theorie des Erddruckes auf Stützmauern, «Schw. Bauzeit.», Zürich, 1910; Schmidtmann, Neuere Wege in d. Anwendung d. alten Erddrucklehre, «Bauingenieur», B., 1924, H. 15; Schultze, Erddruck auf Winkelstützmauern, «Ztrbl. d. Bauverw.», B., 1916; Streck, Beitrag zur Frage des passiven Erddruckes, «Bauingenieur», B., 1926; Szily, Beiträge zur coulombschen Lehre des Erddruckes, «Zeitschrift d. Verb. deutscher Architekten- u. Ingenieurvereine», B., 1914, 37—42; Paaswell G., Retaining Walls, Their Design a. Construction, N. Y., 1920; Terzaghi K., Die Theorie d. hydrodynamischen Spannungserscheinungen u. ihr erdbautechnisches Anwendungsgebiet, «Verhandl. des Internat. Kongr. f. techn. Mechanik», Delft, 1924; Terzaghi K., Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage, Lpz., 1925; Weyrauch J., Erddrucktrajektorien, «Ztschr. f. Arch.- u. Ingenieurwesen», Hannover, 1905; Willmann L., Stütz-, Futter- u. Staumauern, Lehrbuch d. Tiefbaus, hrsg. v. K. Esselborn, B. 1, 8 Aufl., Lpz., 1922; Winkler, Ueber Erddruck auf gebrochene und gekrümmte Wandflächen, «Ztrbl. d. Bauverwaltung», B., 1885; Prandtl L., Zur Härte plastischer Körper, «Ztschr. für angew. Mathem. und Mechanik», B., 1921; St. Venant, «CR», 1870, 1884; Otzen R., Der Massivbau, Berlin, 1926; Weiske, Standfestigkeit d. Winkelstützmauern, «Zement u. Beton», B., 1907; Weiske, Beitrag zur Berechnung d. Stützmauern, ibid., 1908.

С. Брилинг.

ПОДПРУДА, см. *Подпор*.

ПОДСОЛНЕЧНИК (Helianthus annuus), летнее травянистое растение из семейства сложноцветных (Compositae) с высоким (ок. 2 *м*), мало ветвящимся стеблем, несущим очередные довольно крупные черешковые листья; на вершине стебля и его ветвей сидят крупные (диаметр 10—25 *см*) соцветия в виде корзинок с яркожелтыми краевыми язычковыми цветами и большим числом серединных трубчатых цветов; плод-семянка заключен в нераскрывающуюся оболочку. П. родом из Центральной и Ю. Америки, где он и сейчас растет дико (Мексика, Перу); оттуда он был ввезен во Францию и Испанию, где разводился как декоративное; занесенный в Россию во второй половине 18 в., он позднее стал возделываться как масличное (первый маслобойный з-д был организован в 1833 г.). В довоенной России площадь посевов под П. составляла 894 тыс. *га* (1914 г.); в 1925 г.—уже 2 294 тыс. *га*, в 1930 г.—3 462 тыс. *га*, а на 1931 г. составляла около 5 млн. *га* (~60% урожая приходилось на обобществленный сектор). Основные районы культуры П. в СССР—Центрально-Черноземная область, Северо-Кавказский, Нижне- и Средневолжский край, южная часть УССР, в меньшей мере Западносибирский край, сев. часть Казахстана и Приуралье. Важность культуры П. в СССР видна из того, что он дает 80—85% всего масличного сырья. Кроме СССР на зерно П. возделывается также, в значительно меньших размерах, в Венгрии, Италии, Британской Индии. П.—прекрасное медоносное растение. Семена П. содержат ок. 25% хорошего невысыхающего масла (см. *Подсолнечное масло*), используемого как в пищу, так и для технич. целей (мыловарение и др.); у селекционных сортов П. масличность повышается до 30% и выше. Масличность П. повышается к Ю. и понижается к С. (см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 84 и 85), состав масла также изменяется (на С. повышается количество непредельных к-т и иодное число); по используемости зерна все сорта П. делят на масличные и грызовые, промежуточные называются межеумками. Две эти группы сортов различают по следующим признакам:

	Грызовые	Масличные
Средняя длина в *мм*	17,4	8,4
» ширина » »	10,4	5,4
Вес 100 зерен в *г*	100—200	40—100
% ядра от всего семени	41—46	52—53

Окраска семян служит также признаком для классификации сортов; различают сорта с семенами белыми, серебристо-белыми, коричнево-полосатыми, темносеро-полосатыми, грязнокоричневыми или черными. У нек-рых типов П. оболочка семян содержит внутри особый твердый (панцырный) слой. Торговая классификация семян П. основана на высоте их натуры, степени чистоты и сухости (см. ОСТ 423).

Вегетационный период у П. длится ~4 мес. П. мирится с различными почвами за исключением сильно песчаных или, наоборот, слишком тяжелых; на влажных почвах (особенно заливных лугах) дает повышенный урожай; питательных веществ с 1 *га* уносит довольно много (65,3 *кг* N, 361,1 *кг* K_2O, 133,5 *кг* CaO), зола П. богата калием (зола стеблей содержит ~36,3% K, зола шелухи—24,4% K) и употребляется для *удобрения* (см.) и получения *поташа* (см.). По расходу воды П. стоит ближе к зерновым хлебам—пшенице, овсу и значительно превосходит кукурузу; тем не менее вследствие своей разветвленной, идущей глубоко в почву корневой системы П. хорошо переносит засуху. Обработка почв под П. должна производиться с осени, особых требований к глубине обработки по сравнению с зерновыми хлебами П. не предъявляет, посев возможно ранний, т. к. к утренникам П. не чувствителен. Посев широкорядный, рядовыми или специальными сеялками; норма высева от 5 *кг* (при посеве без дальнейшей прорывки) до 15 *кг*. Расстояния между рядами делаются в 60—70 *см*, между растениями в рядах 35—45 *см* (площадь питания ~ 2 000 *см*²). Уход за П. заключается в его прорывке и междурядной обработке, производимой в механизированных совхозах и колхозах при помощи особых тракторов, например типа «Фармол» с тракторными прицепками, или с прицепкой к трактору орудий конной тяги, в мелких хозяйствах вручную или орудиями конной тяги. Окучивания П. производить не следует; пасынкование (обрывка лишних ветвей) дает сравнительно небольшой эффект и в условиях механизированного хозяйства не применяется. Уборка П. производится срезыванием целых растений или только корзинок, причем последние натыкаются по одной или по нескольку на стебли. Механизация уборки и молотьбы П.—одна из актуальнейших задач при культуре П. в крупных совхозах и колхозах. Производимые в 1930 г. в обобществленном секторе опыты показали полную возможность производить уборку П. обычными комбайнами, обходясь очень небольшими дополнительными приспособлениями. Молотьбу П. производят специальными молотилками или приспосабливают для этого обычные молотилки. Средние урожаи П. 8—10 *ц* с *га* (на опытных участках до 15, а на С. Кавказе до 20 и выше *ц* с *га*). По урожайности масла с *га* П. занимает первое место из всех масличных культур. После выделения масла из семян П. остается *жмых* (см.), к-рый весьма ценится как кормовой продукт; средний состав его: 30,6% белков, 19,0% углеводов, 22,9% клетчатки, 8,0% жира, 8,2% золы и 11,3% воды.

Из вредителей П. наибольший вред приносит подсолнечная моль-метлица (Homoeosoma nebulella); ее гусеница прогрызает отверстие в еще мягкой оболочке семени П. и выгрызает это последнее. Меры борьбы: удаление растений, пораженных вредителем, подбор сортов, неповреждаемых вредителем вследствие наличия в оболочке семян пан-

цырного слоя. Из болезней П. чаще других встречается ржавчина (Puccinia helianthi), образующая ржавые пятна на листьях, которые вследствие этого засыхают, уменьшая ассимилирующую способность растения и тем снижая его урожай. Меры борьбы: протравливание семян в растворах медного купороса и извести, сжигание стеблей после уборки урожая, севооборот. Кроме того опасный враг П.—паразитное растение заразиха (Orobanche cumana), поселяющаяся на его корнях и вызывающая гибель растения. Меры борьбы: правильный севооборот и подбор заразихоустойчивых сортов П.; последнее несколько затрудняется вследствие того, что, как показал опыт, заразиха имеет два типа, распространенных каждый в определенном районе, при этом сорта, не поражаемые одним типом заразихи, повреждаются другим. Вследствие этого оказалось напр., что саратовские селекционные сорта П., совершенно не повреждающиеся в Нижнем и Среднем Поволжьи, поражались ею на Северном Кавказе, где распространен другой тип ее. В севообороте П. помещают чаще всего между зерновыми хлебами, т. к. пропашная культура П. хорошо очищает поле от сорняков; после П. обычно сеют яровые; так как П. убирают сравнительно поздно, то сеять озимые после них можно лишь в районах с теплой и поздней осенью (б. Кубанский район). Селекционная работа с П. в СССР ведется на повышение его урожайности, масличности и устойчивости против повреждения молью, заразихой и ржавчиной. Лучшие селекционные сорта П.: саратовский 169 (Нижнее и Среднее Поволжье, Приуралье, Зап. Сибирь, засушливые районы ЦЧО, УССР и Сев. Кавказ), воронежский и харьковский «Зеленки» (ЦЧО и УССР), «Круглик А 41» и «Круглик А 631» (Сев. Кавказ, часть УССР), омский селекционный (Зап. Сибирь), «Фукеника» (ЦЧО). Все эти сорта масличные; селекционных грызовых сортов не имеется. Посев П. на силос стал применяться в СССР лишь в течение последних лет; он вполне возможен и в нечерноземной полосе (опыты последних лет в обобществленном секторе с. х-ва); культура эта представляет очень большой интерес, т. к. зеленая масса П. (свыше 10—15 *т* с *га*) отличается высокой питательностью и по урожайности сухой массы в 1½ раза выше, чем кукуруза. Некоторые специальные сорта П. разводят как декоративные растения. Использование отбросов П. при обработке (подсолнечная лузга) см. *Фурфурол*.

Лит.: Прянишников Д. Н., Частное земледелие, 8 изд., М.—Л., 1931; Вавилов Н. И., Полевые культуры Юго-Востока, М., 1922; Плачек Е. М., Подсолнечник, 2 изд., М., 1925; Купцов А. И., Подсолнечник, М.—Л., 1931; Anthony E. a. Henderson H., «Agr. Exped. Stat.». Wsh., 1920, Bull. 22. **Н. Соколов.**

ПОДСОЛНЕЧНОЕ МАСЛО добывается из семян *подсолнечника* (см.). Содержание масла в цельных семенах 24—34%, в очищенных ядрах 42—55%; при холодном прессовании получается 18—20%; последующее горячее прессование дает еще 12—14%. Масло светложелтого цвета, приятного запаха и вкуса, благодаря чему очищенное П. м. является в СССР наиболее распространенным пищевым маслом; неочищенное идет для технич. целей, выжимки—на корм скоту. Уд. в. $D_{15}^{15} = 0{,}920 \div 0{,}927$; показатель преломления n (60°) 1,4611; $t°_{заст.} \sim -17°$; число омыления 186—199; ацетильное число 14,5—16,6; иодное 118—144; $t°_{заст.}$ жирных к-т 17—18°; иодное число находится в тесной зависимости от климатич. условий: так, для П. м. средней полосы СССР (Воронеж) оно равно 126—130, для С. Кавказа (Краснодар) — 118 — 122, Сибири (Омск) — 140,4 — 144. См. *Спр. ТЭ*, т. III, «Животные и растительные масла». Несмотря на то что П. м. имеет особенно высокую пищевую ценность, точных анализов его крайне мало. Твердых к-т указывают 9%—смесь пальмитиновой, стеариновой, арахидиновой и лигноцериновой; жидких доходит до 85,3%, из них ~ 39% олеиновой, ~ 46,3% линолевой. Масло принадлежит к полувысыхающим. Максимальный привес при поглощении кислорода из воздуха в тонком слое по Эйбнеру 13—16% через 19—21 день. Пленка легко растворяется в эфире. Кислотное число пленки быстро возрастает у свежего масла с 1,9 до 59 через два месяца. В последнее время П. м. стали применять в олифоварении; оно было также испробовано в мыловарении как добавление к саломасу, но мыло вследствие этого вскоре приобретало дурной запах и покрывалось пятнами прогорьклых островков. Технич. условия пищевого и технич. П. м. указаны в ОСТ 81, 82, 87 и 1305; о производстве П. м. см. *Маслобойное производство, Маслоэкстракционное производство*.

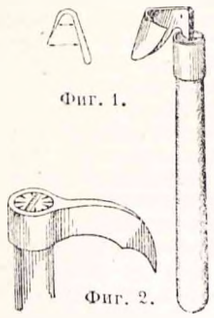
Из СССР экспортируется П. м. в Германию и другие страны.

Лит.: Кардашев К. П., Растительные масла, М., 1917; Иванов С. Л., Климаты земного шара и химич. деятельность растений, «Журн. прикл. химии», Л., 1928, *6*; Grün A. u. Halden W., Analyse d. Fette, B. 2, B., 1929; Elsdon G., The Chemistry a. Examination of Edible Oils a. Fats, 1926. **С. Иванов.**

ПОДСОЧКА, нанесение ранений на живорастущем дереве с целью извлечения его соков. В отношении П. хвойных пород промышленный характер имеет П. гл. обр. разных видов сосны для получения живицы (см. *Живица* и *Смолы*), служащей исходным сырьем для *канифоли* (см.) и *терпентинного масла* (см.). Живица образуется в особых, находящихся в древесине ствола смоляных ходах или каналах, но она м. б. извлечена из живого дерева путем П. только из смоляных ходов заболони, соответственное нанесение к-рой ранений и является целью П. С ростом дерева увеличивается диам. смоляных ходов, что вместе с увеличением количества их в зрелом возрасте объясняет повышение выходов живицы с увеличением диам. ствола; кроме того по Мюнху имеется прямая пропорциональность между числом смоляных ходов и шириной годичного кольца, и число их в несколько раз (2—3) увеличивается под влиянием наносимых ранений сравнительно с нормально растущим деревом, что влечет за собою увеличение выходов живицы как следствие П. При производстве ранений (вздымок, подновок) находящаяся в смоляных каналах живица, испытывающая в нормальном состоянии осмотич. давление эпителия выстилающих клеток (турресценция) и внутреннее секреторное давление, исчисляемое проф. Л. А. Ивановым до 20 *at/m*, вытекает наружу, что продолжается до тех пор, пока она, быстро густея на воздухе, не закупорит вскрытых каналов, после чего дальнейшее истечение прекращается, что у разных видов сосны и при разных климатич. и других условиях происходит в различные сроки—от нескольких часов до 7 дн.; тогда снова начинается накопление живицы в смоляных каналах дерева. Количество живицы, выделяемое сосной, надо считать высоким: при П. русской сосны (Pinus silvestris) количество живицы, извлекаемое в среднем за сезон работы, в весовых единицах равняется по расчету Л. А. Иванова приросту всего количества древесины в год. Т. к. нижняя часть ствола дает бо́льшие выходы живицы, чем верхняя (до 50%), то практически только она и используется для П., тем более что и в технич. отношении это гораздо удобнее. Физиологич. влияние действия П. при употреблении умеренных, т. н. консервативных методов не дает неблагоприятных показаний; известны случаи долголетнего (свыше 100 лет) подсачивания во Франции без прекращения роста и плодоношения дерева; вообще же влияние подсочки на прирост в высоту почти не проявляется. Прирост по диам. отражает на себе действие П. несколько больше: по наблюдению Мединсоновской лаборатории на америк. соснах на 2,5—2,7 *м* вдоль ствола и 5—7,5 *см* в сторону от места ранения (карры) механич. свойства древесины остаются в общем почти без изменения. Во всяком случае П. не оказывает никакого влияния на качество сырой, образовавшейся ранее древесины, если не считать увеличения ее смолистости, в особенности ниже карры.

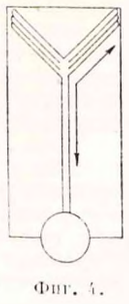
Существующие методы П., имеющие промышленное значение, сводятся к двум основным типам: П., рассчитанная на долголетнее пользование, часто называемая французской П., и П. краткосрочная, имеющая целью извлечение наибольшего количества живицы в краткий промежуток времени (американская П.); к последней примыкают способы П., имеющие характер улучшенной американской, напр. немецкий способ, применяемый в настоящее время и в СССР. В технич. отношении подсочные работы разделяются на работы подготовительного характера и работы по производству вздымок. При длительной П. эксплоатация леса носит характер целевого назначения, причем предназначенные для нее насаждения подвергаются соответственному воспитательному режиму для получения хорошо развитых основных деревьев подсачивания, что достигается применением рубок ухода с предварительным использованием удаляемых деревьев истощающей П.; основные деревья используются неопределенно долгий срок, обычно не менее 30 лет, с отдыхом в 1—2 г. через каждые 4—5 лет. Подготовительные работы состоят в снятии верхней части коры (румянка) на том месте ствола, к-рое намечено для заложения карры, и развеске или устройстве в дереве приемников для сбора вытекающей живицы. При длительной и америк. П. карры закладывают в возможной близости к корневой шейке дерева, чтобы только хватило места для установки приемника; при немецком способе высота их размещения должна соответствовать сроку пользования. Чтобы обеспечить стекание живицы в приемник, над ним, а при кривых стволах и с боков, укрепляют особую металлическую (из оцинкованного железа или цинка) или деревянную пластинку—крамину, а при немецком способе по середине карры для тех же целей проводят направляющий желобок; американцы же стали проводить его для увеличения выхода живицы, что в таких случаях делается за 1—1,5 месяца до начала регулярных задымок. Подготовительными работами открывается рабочий сезон, приурочиваемый вообще к началу и концу вегетативного периода данной местности. В С. Америке до сих пор еще вместо установки приемников частично уцелела система зарубки карманов—треугольных углублений внизу ствола емкостью до 1 *л*—система, осужденная в настоящее время и теорией и практикой. Предназначаемые для сбора живицы приемники отличаются разнообразием форм, размеров и материала, из которого они сделаны; формы некоторых приемников таковы, что делают излишним употребление крампонов и выборку живицы в течение всего сезона. От диам. дерева и срока пользования зависит и число закладываемых на дереве карр; чтобы не вызвать утомления дерева и падения выходов живицы со всеми последствиями (усыхание карры, нападение вредителей и полная гибель дерева), рекомендуется использование не свыше 65% окружности ствола с оставлением между каррами нетронутых полос коры, т. н. ремней, не уже 15 *см*. Франц. карра закладывается шириной 8—9 *см* и по мере поднятия суживается, доходя к 4-му году работы до 6—7 *см*; высота среза при обеих системах, так же как и глубина ранений не превышает 1 *см*. Обычная ширина немецкой карры 16 *см*, ширина америк. карры достигает 30—35 *см* с глубиной ранений до 2—5 *см* и высотой среза до 2 *см*. В качестве инструментов для нанесения ранений употребляются различные режущие орудия с остро отточенным лезвием: при рваной, мнистой ране смоляные каналы плохо вскрываются, и происходит более медленное их зарастание. Вздымки по франц. системе делаются вращательным движением особого инструмента с кривым лезвием (абню), дающим при срезе тонкую стружку (1—1,5 *мм*) с одновременным подновлением на такую же глубину 4—5 нижележащих старых вздымок; в результате получается вытянутая вдоль ствола карра. Америк. и немецкий способы дают поперечные срезы — первый под прямым углом, второй—под углом 70°. Употребляемый при этих способах инструмент, носящий название хака, представляет стальную пластинку, сильно загнутую на конце, с разными радиусами верхнего и нижнего сечений. Чтобы выходили гладкие срезы, вздымки движением хака наносятся в два приема на каждой половине карры; при немецкой системе—от желобка снизу вверх, а при америк.—сверху вниз, что стоит в связи с нанесением каждой новой вздымки: в первом случае—ниже ранее сделанных ранений (нисходящая карра), во втором—наоборот (восходящая карра). На фиг. 1—8 изображены необходимые инструменты и расположение карры, а именно: фиг. 1—улучшенный америк. хак; фиг. 2—абню; фиг. 3—хак, употребляемый в СССР

(ординарный и парный); фиг. 4—схема немецкого способа; фиг. 5—схема американского способа; фиг. 6—схематический разрез ствола сосны, на котором указан французский способ П.; порядок заложения карр: до 40 лет (на жизнь)—*I*, *II*, *III*, *IV*, *V*, *VI* и *VII*; в 50 лет (на смерть)—*1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, 7, *8*; фиг. 7—америк. карра (с карманом) на русской П. после одного сезона работы



Фиг. 1.

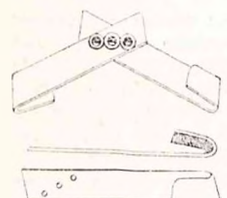
Фиг. 2.



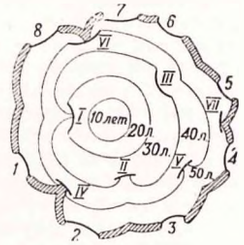
Фиг. 4.



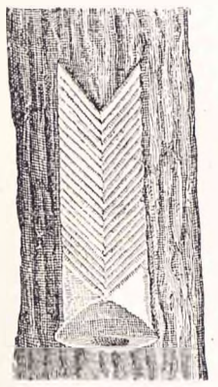
Фиг. 5.



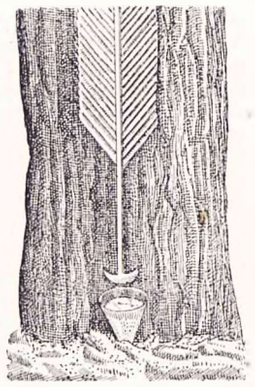
Фиг. 3.



Фиг. 6.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

и фиг. 8—немецкая карра со стеклянным приемником и крампоном. Число наносимых за сезон вздымок колеблется в пределах 35—50, так же как и интервалы между ранениями; последние наносятся или с правильным чередованием или т. о., что частота их, усиливаясь в середине сезона, ослабляется в начале и конце его. Сбор живицы производится также или регулярно или в зависимости от наполнения приемников; редкий сбор всегда ведет к качественному ухудшению живицы, а в силу испаряемости терпентинного масла—и к количественной его потере. Собираемая живица складывается сначала в ведра, опорожняемые в находящиеся тут же в лесу деревянные бочки. Сбор засохшей на карре живицы (галипота и барраса) производится обыкновенно один раз в конце сезона. Во Франции сбор живицы и барраса вместе составляет 1—7 *кг* с дерева за сезон (1,5—2 *кг* с карры), в Америке же выход живицы с одного дерева составляет в первый год 8—9 *кг* и, постепенно падая, снижается в последний (обычно четвертый) год до 5 *кг*.

П. сосны в России началась в конце 18 в. в Северном районе по почину англичан, нуждавшихся в канифоли во время англо-америк. войны; в настоящее время она выродилась в П. на смерть, гл. обр. для получения стволового осмола, идущего для местного кустарного смолокурения; под П. отводится лес, не имеющий товарного значения, от 22 *см* и тоньше; производится она в течение 5 лет с использованием дерева в высоту до 4—5 *м*; засохшие натеки живицы (сера) собирают осенью раз в год кроме первого года, когда сбор не производится вовсе; сбор с 1 *га* составляет от 80 *кг* и больше; орудия производства: топор, обломок косы, скрябка для соскабливания серы. Всего в этом районе добывается в год до 1 200 *т* канифоли и 75—80 *т* т. н. серного скипидара. Приблизительно такого же характера производится П. и на Урале, но с нанесением регулярных вздымок и более частым сбором живицы, в силу чего и выходы последней в 4—5 раз превышают выходы Северного района. За последнее время и там часть кустарей б. Вельского уезда стала применять нем. способ подсачивания, но с более узкой (в 12 *см*) каррой, с нанесением в течение сезона до 20 вздымок; выход живицы с 1 карры равняется 150—170 *г* (100—160 *кг* с 1 *га*). В 1930 г. в СССР подсочкой была охвачена площадь в 350 тыс. *га* с ориентировочным выходом до 35 тыс. *т* канифоли и удвоением этого количества в сезоне 1931 г.; нек-рые исследователи допускают возможность дальнейшего увеличения площади до 1 400 000 *га*. Существующая сейчас система пользования сосновыми насаждениями основывается на краткосрочном (до 5, иногда до 10 л.) при жизненном использовании леса до поступления его в очередную рубку и таким обр. стоит в тесной связи с эксплоатацией его в плане лесного хозяйства. Несмотря на такие относительно большие сырьевые ресурсы все же увеличивающийся спрос на канифоль и терпентинное масло ставит перед нашей промышленностью срочное разрешение проблемы организации целевых лесных хозяйств для добывания терпентина с последующим использованием подсоченной древесины. Применяемый нашими промышленными организациями в настоящее время метод является б. или м. типичным немецким способом, причем нагрузка одного рабочего-вздымщика 4 000—6 000 карр при нанесении вздымок чаще всего через 2 дня на 3-й; сборка живицы производится обычно после каждых двух вздымок отдельными рабочими; число вздымок за сезон (обыкновенно с 1 мая по 1—15 окт.) составляет в среднем ~ 35. Число карр на 1 *га* колеблется в пределах 300—500. Средние выходы живицы на карровздымку не превышают 17—20 *г*, мало разнясь в широтном направлении (в пределах 10%); наоборот, разница в сборе с 1 *га* подсоченной площади превышает пятикратное отношение, а по сбору 1 карры—двукратное. По данным треста «Лесохим» калькуляционные элементы себестоимости живицы в 1929 г. составляли: 1) зарплата рабочих 46,4%, персонала 20,2%; 2) пошлины НКЗ, налоги и сборы 7,59%; 3) оборудование, амортизация, расходы по обследованию лесов 12,1%; 4) тара, транспорт, хранение 10,1%; 5) разные расходы 3,7%.

Подсочная промышленность США до сих пор еще не изжила первоначальных экстенсивных форм. Следует отметить, что за последние 15 лет улучшению техники П. в Америке уделяется очень много внимания. П. растущей во Франции приморской сосны (P. maritima) поставлена на совершенно иных основаниях и представляет хорошо организованное терпентинное хозяйство. Подсочная древесина идет гл. обр. на крепежный материал, в рудники и шахты, на телефонные и телеграфные столбы, шпалы, частично и в качестве пиловочного материала. В настоящее время канифольно-терпентинное хозяйство Франции строго регламентировано во всех своих деталях и подчинено специальному контролю, занимая площадь свыше 1 млн. *га* искусственно насажденного леса в районе Бордо, отчасти (до 100 тыс. *га*)—в Алжире.

Статистика. Рост промышленной П. в СССР по официальным данным выражается следующими цифрами:

Годы	Площадь в *га*	Количество собранной живицы в *т*
1923/24	1 251	138
1924/25	1 259	170
1925/26	3 088	413
1926/27	13 000	1 700
1927/28	41 500	7 500
1928/29	151 000	14 600
1929/30*	350 000	50 000

* Сведения за 1929/30 г. по неокончательным данным.

Мировое производство канифоли и терпентинного масла вместе (кроме СССР) составляло в 1927/28 г. 809 710 *т*, из которых на долю США падало 70,27%, Франции (с Алжиром) 17,84%, Испании 5,08%, остальные 6,81% дали все другие страны вместе.

Из других хвойных промышленное значение имеет П. ели, пихты и лиственницы. П. ели (Picea excelsa) в виду чрезвычайной чуткости к наносимым ей ранениям производится гораздо реже, чем сосны; чаще ограничиваются сбором засохшей на коре живицы (серы), вытекшей ранее от разного рода ранений. В случае П. ей подвергаются лишь толстомерные деревья за 1—2 года до рубки, работа производится в течение 3 летних месяцев с нанесением вздымок один раз в 2—3 недели при одной карре на дереве. Выход с дерева за сезон составляет 200—400 *г*. В СССР П. ели имела место в б. Бежецком у. Тверской губ. и в районе Казани; ставились опыты по сбору серы и в Северном крае. Способ извлечения живицы из пихты (Abies balsamea в Америке, A. pectinata в Европе) сводится к прокалыванию образующихся у нее под корой вздутий от натеков живицы, откуда ее извлекают через особые трубочки. Сбор с одного дерева составляет около 200 *г*. Добывание живицы из произрастающей в СССР сибирской пихты (A. sibirica) не производится.

Старинный способ П. европ. лиственницы (Larix europaea) имеет место во Франции, Италии, Германии и других странах. Добывается лиственничная живица буровыми способами, которых известны два: тирольский и штирийский. Тирольский способ состоит в том, что в стволе дерева на расстоянии ~30 *см* от земли высверливается отверстие с наклоном к его сердцевине, закладываемое пробкой; осенью отверстие очищают от натекшей за лето живицы, к-рой таким путем получается ~200 *г* с дерева; это может производиться десятки лет без особого вреда для дерева. Штирийский способ отличается от предыдущего тем, что отверстие высверливается наклоном наружу и живица вытекает по подставленному желобку в приемник; хотя выход живицы увеличивается в 6—8 раз, зато дерево приводится к истощению за один сезон работы. Поставленные в 1926 году проф. Е. И. Любарским под Владивостоком опыты П. растущей там лиственницы (Larix dahurica) по способу, применяемому в Пьемонте, не дали благоприятных результатов: б. ч. деревьев не дала живицы вовсе; выход живицы с остальных колебался в пределах 1,4—3,9 *г* с дерева в сутки. Опыт П. сибирского кедра (Pinus cembra) показал возможность получения из него живицы, близко стоящей к живице сосны при выходах на карро-вздымку 3,5—5,5 *г*; промышленной подсочки кедра не организовано.

Из лиственных пород на первом месте по П. стоят деревья семейства молочайных, дающие *каучук* (см.). Из других лиственных для П. имеет промышленное значение *клен* (см.) с целью добывания сахаристого сока. В настоящее время в США и Канаде подсачивается до 20 млн. стволов. Сок клена выпариванием доводят до состояния сиропа с 30—70% содержания сахара. Для той же цели навлечения сахаристого сока м. б. использована и наша береза; поставленный в 1914 г. Моск. с.-х. институтом опыт установил следующие общие положения: подсочный период совпадает с периодом весеннего сокодвижения, продолжающегося ок. 1 мес.; за это время из одного ранения добывается в центральной полосе Европейской части СССР 37—59 *л*, в западной—45—65 *л*; сахаристость сока в начале сезона составляет 0,7%, затем поднимается до 1,48% и к концу сезона снова опускается; сахар березового сока—фруктоза, он не кристаллизуется и путем выпаривания доводится до состояния сиропа с содержанием 73% сахара; из 1 *л* сока получается 11 *см*³ сиропа, следовательно при 38—60 *л* сока от одной раны за сезон количество сиропа составит около 0,5 *л*. Экономика П.—см. *Живица* и *Каучук*.

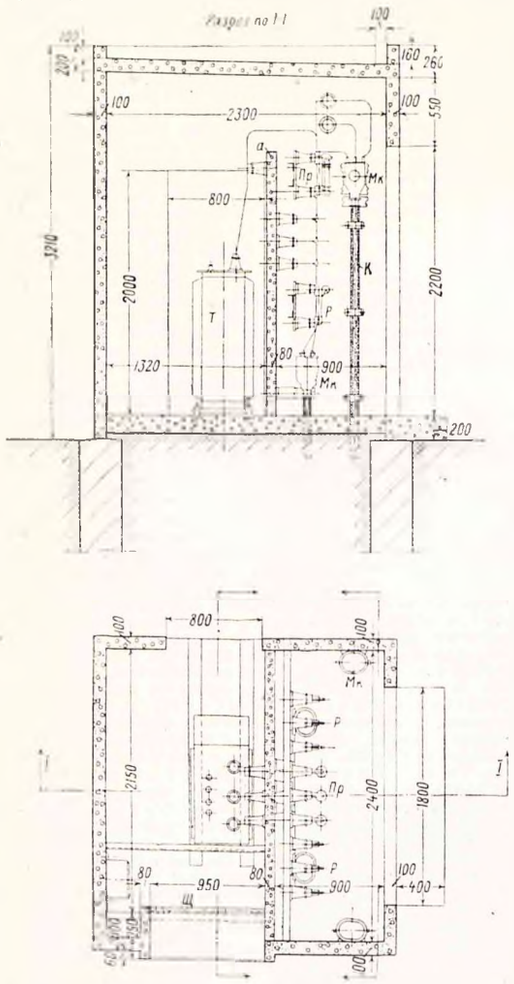
Лит.: Тищенков В., Канифоль и скипидар, СПБ, 1895; Арбузов А. Е., Об истечении и химич. составе смол нек-рых хвойных, «Технико-экономич. вестник», М., 1925, *8—9*, стр. 626—638; Иванов Л. А., Научные основания техники подсочки сосны, «Труды по лесному опытному делу», Л., 1930, вып. 1; Аустервейль и Рот, Добывание живицы хвойных и подсочный промысел, пер. с нем., Новосибирск, 1928; Шкателов В., О химич. составе смол, СПБ, 1889; Пахарь и Рогер, Опыты подсочки сосны по франц. способу в Скерневицком лесничестве, «Труды по лесному опытному делу», СПБ, 1912; Лебедев В. И., Терпентинный промысел на Севере, «Труды ин-та пром. изысканий», Архангельск, 1928, вып. 1; Любарский Е. И., Приморский венецианск. терпентин, «Производ. силы Д. Востока», Хабаровск, 1927, вып. 6; Грачев И. Д., Подсочка леса, М.—Л., 1930; Пушкин С. Л., Практика подсочки, М.—Л., 1930; Якшин М. М., К вопросу об организации терпент. хозяйства в СССР, «ЖХП», 1925, *8*; его же, Очередные научно-исслед. работы в области терпент. промышленности, Доклад лесной конференции при Госплане СССР, М., 1930; Деревягин А. А., Живица, ТЭ, т. 7; Гамсакурдия К. Р., О терпентинном промысле и о наших в нем возможностях, «Химия и хозяйство», М., 1929, *5* и *6*; Нестеров Н. С., Сахарный клен и кленосахарное производство в С. Америке, СПБ, 1895; «Лесной журнал», СПБ, 1894, вып. 6; Цитович П. В., Подсочка березы и анализ березового сока, «Лесопромышл. вестник», СПБ, 1911, *8*; Vèzes et Dupont, Resines et térébenthines, P., 1924; Gerri E., Oleoresin production, «U. S. Depart. of Agriculture Bull.», Wsh., 1922, *1064*; Wiesner, Die Rohstoffe d. Pflanzenreiches, 4 Aufl., B. 1, Lpz., 1927; Tschirch A., Die Harze u. die Harzbehälter. 2 Aufl., Lpz., 1906.

Г. Ротаст.

ПОДСТАНЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ, электрич. установка, на которой один вид электрич. энергии преобразовывается в другой. При этом меняется либо только напряжение (трансформаторная подстанция) либо и род тока (преобразовательная подстанция). П. э. первого типа бывают повысительные и понизительные в зависимости от характера изменения напряжения. П. э. второго типа служат обычно для преобразования трехфазного тока в постоянный, гораздо реже встречается обратное преобразование или связь между двумя различными системами переменного тока. Иногда приходится устраивать специальные установки, служащие только для распределения большого количества подводимой энергии на ряд менее крупных фидеров. При низком напряжении они называются распределительным пунктом. При высоком напряжении такая установка, в особенности в случае ее больших размеров, тоже называется, хотя на ней нет ни трансформаторов ни преобразователей, подстанцией, т. к. ее распределительное устройство имеет тот же типичный характер.

Трансформаторные подстанции. Простейшим типом такой подстанции является

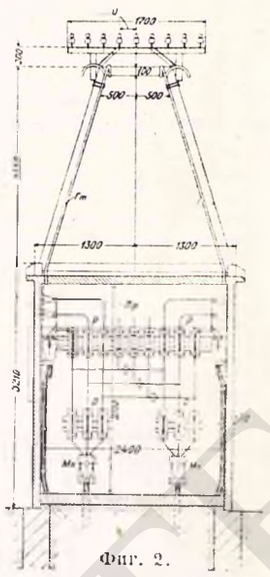
трансформаторный киоск (или будка), применяемый к высоковольтной рас-



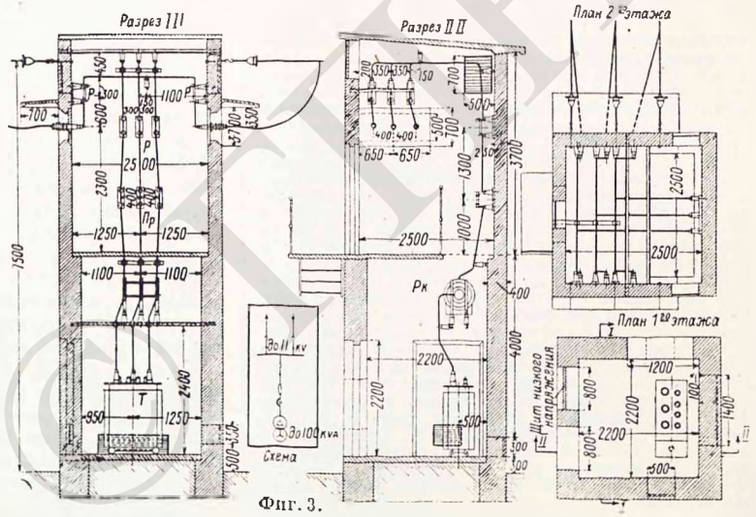
Фиг. 1.

пределительной сети (обычно 6 000 V) для преобразования небольших количеств энергии (обычно до 100 kVA) на низкое напряжение. Типичный киоск имеет один трансформатор, присоединенный к высокому напряжению через предохранители и *разъединитель* (см.), гораздо реже — через *масляный выключатель* (см.), и щиток низкого напряжения, обслуживаемый снаружи через запираемую дверцу. Размеры помещения минимальны и достаточны лишь для размещения нужной аппаратуры, входить внутрь при эксплоатации не требуется и там не предусматривается для этого места. В киосках, приключаемых к воздушной сети высокого напряжения, иногда устанавливаются приборы защиты от перенапряжения (рога, дроссельные катушки). При хорошей изоляции трансформаторов защита при помощи дроссельных катушек и роговых разрядников м. б. отброшена и заменена специальными разрядными сопротивлениями.

На фиг. 1 показан типичный городской киоск Всесоюзного электротехнич. объединения (ВЭО), сконструированный для кабельных вводов как со стороны высокого, так и со стороны низкого напряжения. Площадь его 2,3×2,4 *м* при высоте в 3,2 *м*. Аппаратура высокого напряжения размещена за бетонной переборкой *а*, доступ к ней открывается через отдельную дверь. После выключения предохранителей *Пр* высокого напряжения трансформаторная часть киоска (левая) остается без напряжения и безопасна для доступа. Щиток *Щ* низкого напряжения обслуживается снаружи через окно с дверцей. Бетонная стенка может быть заменена железной конструкцией. Пол следует засыпать слоем гравия в 20—30 *см* для впитывания масла в случае аварии с баком трансформатора *Т*. (На фиг. 1 *Р* — разъединитель, *К* — кабель, *Мк* — кабельная муфта.) Для вентиляции необходимо оставлять в двух противолежащих стенах отверстия, прикрытые жалюзи, одно над уровнем земли, другое под крышей. Если сеть низкого напряжения устраивается воздушной, то можно применить этот же тип киоска, выводя кабели низкого напряжения на ближайшие столбы сети. Для воздушных выводов непосредственно из киоска надо сделать соответствующую конструкцию на его крыше, чтобы провода находились не ниже 5 *м* над землей,



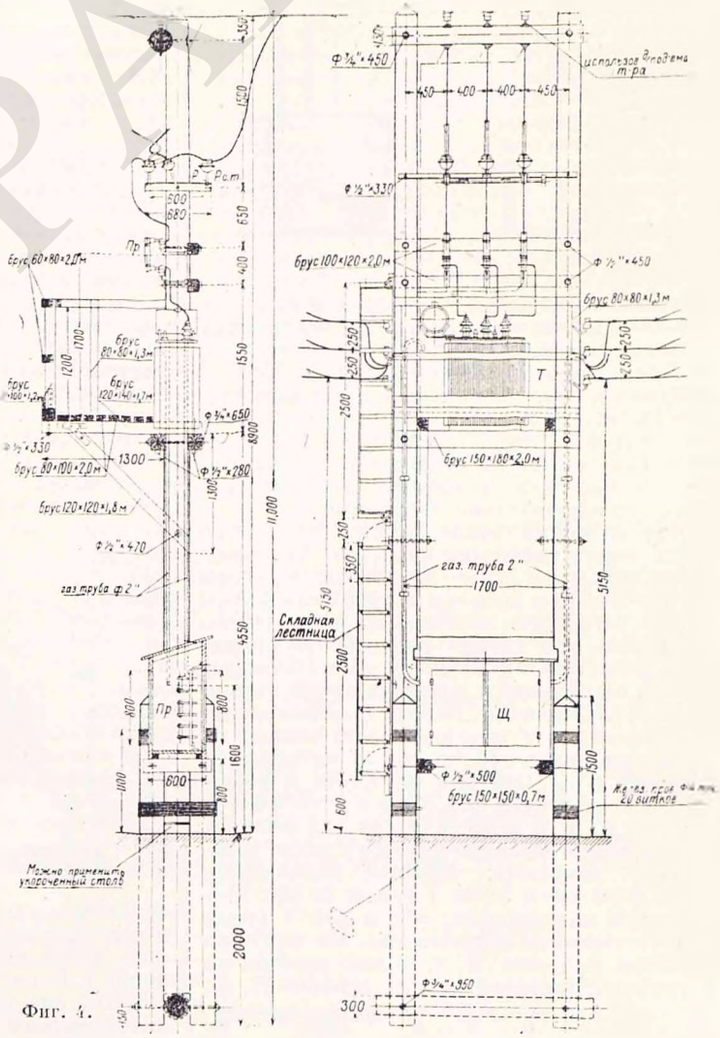
Фиг. 2.



Фиг. 3.

или же увеличить его высоту. На фиг. 2 показан пример приспособления вышеописанного киоска к воздушным выводам. Конструкция на крыше киоска представляет в плане квадрат, по всем четырем сторонам которого вверху стоят изоляторы. Провода из киоска подводятся к ним снизу в газовых трубах *Гт*. В небольших городах и поселках сеть высокого напряжения часто устраивается тоже воздушной. В этом случае киоск д. б. оборудован для воздушного ввода высоковольтной магистрали. Если, как то нередко бывает, магистраль является кольцевой, то в киоске м. б. установлены разъединители для того, чтобы разомкнуть кольцо и питать трансформатор от любой из его половин. На фиг. 3 показан киоск, отвечающий этим заданиям (ВЭО). Высота его около 8 *м*, так как линия высокого напряжения в черте города должна в своей наинизшей точке отстоять не менее, чем на 7 *м* от уровня земли. Для обслуживания разъединителей внутри киоска имеется площадка с отдельным входом. Защита от перенапряжения осуществлена с помощью *реакторов* (см.) *Рк*. В цепь трансформаторов *Т* включены помимо предохранителей *Пр* также разъединители *Р*. Щиток низкого напряжения попрежнему обслуживается снаружи через окно. Занимаемая киоском площадь примерно та же, что и на фиг. 1. В качестве строительного материала в данном случае взят кирпич, а в первом случае бетон. В сельских местностях и на строительствах делают и деревянные киоски, но, вообще говоря, это не рекомендуется. Иногда киоскам придают круглую форму и делают их из листового железа.

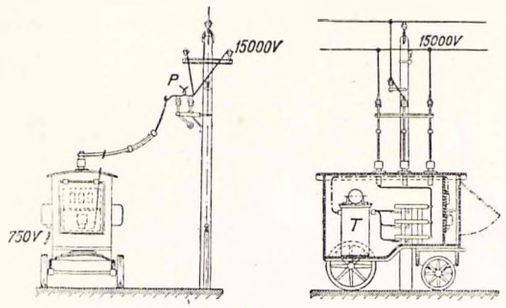
Параллельно с описанными киосками закрытого типа в сельской электрификации имеет широкое распространение открытый тип малой подстанции (м а ч т о в а я п о д с т а н ц и я), одно из исполнений которой показано на фиг. 4 (Электросельстрой). Трансформатор *Т* стоит на площадке, куда ведет съемная лестница. Разъединитель *Р* специального типа выключается при помощи привода снизу, после чего можно безопасно подняться на площадку. Щит *Щ* низкого напряжения находится в шкафу на высоте, доступной с земли. Подстанция сконструирована вся из дерева, с минимальной затратой железа. Строительная часть ее обходится значительно дешевле, чем у киоска закрытого типа. Часть этой экономии покрывается однако удорожанием аппаратуры, которая д. б. приспособлена для установки снаружи. При мощностях свыше 50 kVA мачтовая подстанция требует, чтобы противостоять движению ветра, чересчур солидной конструкции и потому не рекомендуется. В СССР, как и в З. Европе, подавляющее распространение имеют закрытые киоски, в то время как в США для сельской электрификации преобладающим распространением пользуются мачтовые подстанции. При этом



Фиг. 4.

в США применяется самый упрощенный тип установки, почти без приборов: трансформатор, который наглухо приключается к высоковольтной линии со стороны низкого напряжения, и один общий комплект предохранителей. Трансформатор (обыкновенно однофазного тока) мощностью 10 — 20 kVA устанавливается на двух брусках, которые прикреплены к нормальному столбу линии; здесь же крепится и предохранитель. Несомненно и в СССР мачтовые подстанции заслуживают более широкого применения, чем имеют его ныне, хотя америк. простота не м. б. полностью перенесена к нам ни по условиям надежности эксплоатации (США имеют специальные конструкции таких трансформаторов) ни по требованиям охраны труда.

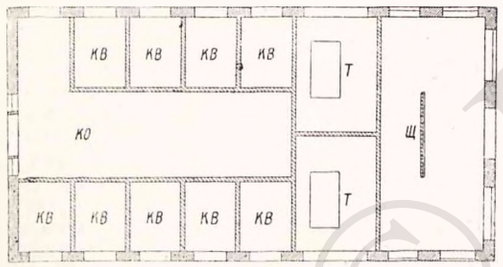
Специальным типом трансформаторного киоска является передвижная подстанция, применяемая для присоединения к высоковольтной сети (3 000—6 000 V) передвижных приемников энергии низкого напряжения: торфяных машин, бурильных станков, электроплугов, прожекторов для



Фиг. 5.

освещения открытых выработок и т. д. На фиг. 5 показана такая П. э., присоединенная к линии через специальный разъединитель *Р*. Трансформатор *Т* мощностью 50 kVA со всей аппаратурой, включая даже катушки для защиты от перенапряжения, установлен на четырехколесной тележке, все прикрыто кожухом, имеющим отдельные дверцы для сторон высокого и низкого напряжения, вводы исключительно кабельные.

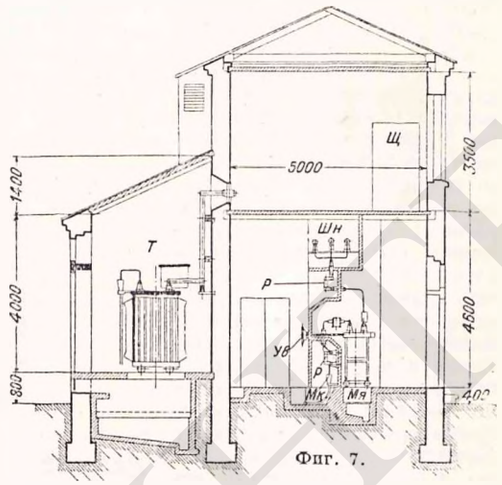
При мощности свыше 100 kVA устройство П. э. значительно осложняется, например появляются масляные выключатели, сверх того возникают вопросы о надежном резерве, об устройстве вентиляции и масляного хозяйства, щит низкого напряжения принимает значительные размеры, схема электрических соединений и конструктивное выполнение усложняются. Работа такой подстанции служит не только для осветительных по преимуществу целей, но и для питания отдельных ф-к, з-дов или их цехов и поэтому носит название фабрично-заводской П. э. Мощность ее 100—30 000 kVA при питании особенно крупных цехов (прокатных, доменных); обычные напряжения в СССР: 6 000 и 3 000 V (реже 10 000 V)—высокого напряжения; 400 и 230 V (реже 500 V)—низкого напряжения. По типу устройства фаб.-зав. П. э. можно разбить на 2 группы. К первой из них относят П. э.,



Фиг. 6.

сооружаемые при отдельных предприятиях самими станциями и находящиеся в ведении последних. На таких П. э. потребитель зачастую допускается только к щиту низкого напряжения, к-рый вследствие этого д. б. обязательно выделен в обособленное помещение. П. э. более крупных предприятий, в особенности если они присоединены к районным подстанциям или если они стоят по цехам, чаще полностью передаются в эксплоатацию предприятий. В этом случае обслуживание распределительного устройства как низкого, так и высокого напряжения целесообразно сосредоточивать в одном помещении, что часто дает при средних мощностях более компактное сооружение. На фиг. 6 дан план фаб.-зав. П. э. (ВЭО), сконструированной как самостоятельное здание: *Т*—трансформаторы, *Щ*—щит низкого напряжения. *КВ* — камеры высокого напряжения, *КО* — коридор обслуживания. Кроме того такая П. э. может быть встроена в цех и иметь только одну наружную стену.

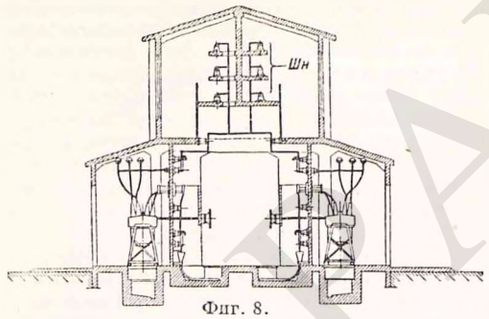
Общим для всех П. э. является выделение трансформаторов и масляных выключателей в совершенно обособленные ячейки с целью максимально локализировать последствия могущих быть аварий. Такие ячейки для выключателей имеют название взрывных камер (см. *Масляный выключатель*). Каждая камера имеет выход только наружу, кроме того—застекленные окна или легко растворяющиеся двери, чтобы при взрыве выключателя дать свободный выход обра-



Фиг. 7.

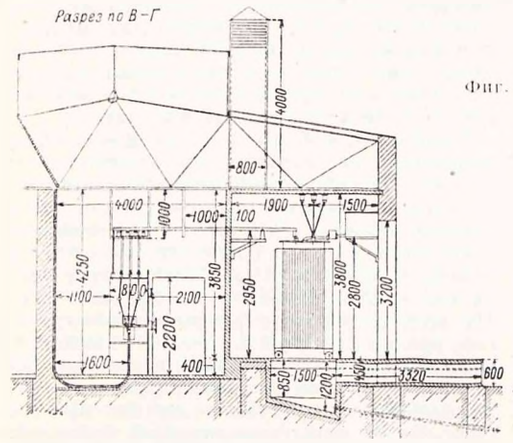
зующимся в камере газам. Взрывные камеры в том или ином исполнении имеют при больших мощностях довольно широкое применение в Европе, в особенности в Германии. В США они не применяются. В СССР они обязательны согласно требованию Народного комиссариата труда и только при самом малом типе наших выключателей (ВМ5) допускаются изъятия из этого правила. Под выключателями устраиваются маслосборные ямы, при малых типах выключателей они перекрываются решетками со слоем гравия в 20—30 *см* толщиной, благодаря к-рому при пожаре в камере масло попадает в яму охлажденным и затушенным; при больших типах (ВМ22 и выше) ямы имеют маслоотводы, могущие в течение нескольких секунд отвести масло в особые общие для всей подстанции маслосборники. В этом случае решетки с гравием излишни. Чем больше подстанция, тем целесообразнее оборудовать ее такими маслопроводами; на подстанциях порядка 2—3 тыс. kVA они устраиваются относительно редко.

Устройство маслосборных ям *Мя* хорошо видно на фиг. 7, которая дает разрез небольшой П. э. на 6 kVA Московского объединения государственных электрич. станций (МОГЭС) в отдельном здании. Щит *Щ* низ-



Фиг. 8.

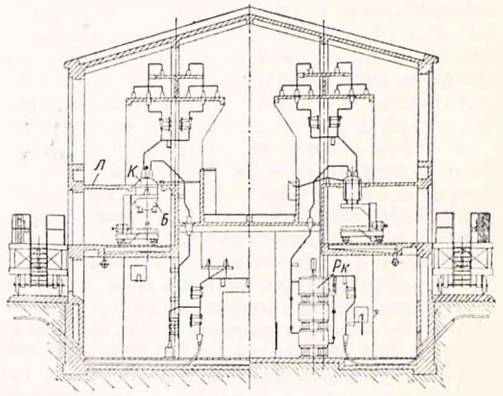
кого напряжения поднят здесь во второй этаж. Разрез дает отчетливое представление и об остальных принципах сооружения распределительных устройств средних подстанций (от 3 до 6 kV). Одноэтажное размещение всей аппаратуры высокого напряжения, ординарная система шин *Шн*, разъединители *Р* расположены прямо в коридоре обслуживания (разумеется, на недоступной высоте или за решетками), вводы высокого напряжения—кабельные, управление выключателями *Ув*—ручное, приборы для стороны высокого напряжения установлены непосредственно на передней стенке бетонных камер. Кабельная муфта *Мк* вынесена в коридор, фидерный разъединитель стоит внизу, обслуживание его несомненно стеснено, но это расположение дает минимальную кубатуру здания, если разъединители д. б. на всех фидерах. Передняя стена камеры (фиг. 7) имеет сложную, неудобную в конструктивном отношении форму. Этот недостаток легко устраним, и на фиг. 8 показаны ячейки с ровной передней стенкой (МОГЭС). Эта подстанция принципиально отличается от предыдущих тем, что имеет двойную систему шин *Шн*. Последняя устраивается на всех крупных установках и вообще на предприятиях, где бесперебойность подачи энергии является суще-



Фиг. 10.

ственно необходимой и недопустимы даже кратковременные перерывы. При двойной системе шин обычно двухэтажное расположение аппаратуры. Большое количество выключателей побуждает переходить к устройству взрывных камер по обе стороны коридора обслуживания (фиг. 8). В этом случае коридор имеет свет с верхнего этажа.

Европ. практикой разработан для установки во взрывных камерах специальный чрезвычайно удобный тип масляного выключателя; соответственная конструкция подстанции изображена на фиг. 9 (МОГЭС). Такая установка применяется при крупных и тяжелых выключателях разрывной мощности 150 000 kVA и выше. Бак *Б* выключателя так крепится к его крышке *К*, что при аварии прежде всего сдают соединительные болты. Крышка устанавливается на бетонном перекрытии *Л* взрывной камеры, внутри которой находится только бак. В помещении выключателей, между крышками и прочей аппаратурой, не надо делать никаких бетонных перегородок, достаточны легкие железные заграждения; так. образом получается много света, легкая обозреваемость всего устройства, доступность всех его частей, удешевление строительных работ, в особенности при более высоких напряжениях. Для



Фиг. 9.

снятия баков выключателей применяются специальные тележки, также показанные на фиг. 9. В северной части Союза, где очень низкие *t°* держатся продолжительное время года и м. б. опасения, что *t°* во взрывных камерах упадет ниже −20°, необходимо применять специальные сорта масел с $t°_{заст.}$ до −45° (см. *Изоляционные масла*) или устанавливать электрич. обогревательные батареи.

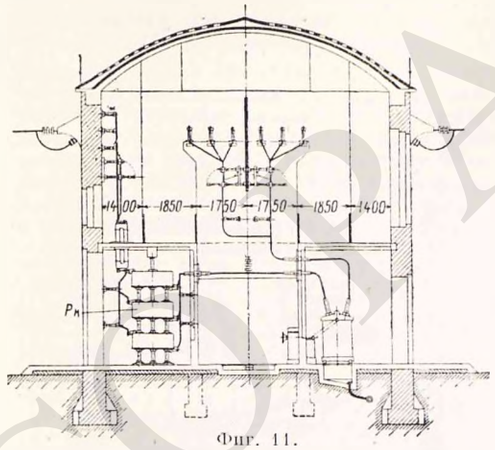
Разрез типичной трансформаторной камеры показан на фиг. 10. При больших мощностях, свыше 1 000 kVA, вокруг трансформатора оставляют свободный проход шириною ок. 1 *м*. При меньших—ограничивают ширину прохода сзади трансформатора, при мощностях порядка 200—300 kVA уменьшают и боковые проходы. Но во всяком случае со всех сторон должен иметься воздушный промежуток не менее 25—35 *см*, дабы не препятствовать свободной отдаче тепла трансформатором. Для увеличения интенсивности последней в камере д. б. обязательно устроена вентиляция. Воздух подводится под трансформатор и отводится трубой в крыше. При мощностях до 2 400 kVA обычно бывает достаточно естественной тяги. Поперечное сечение воздухопроводов зависит от их формы и высоты трубы. В среднем на каждые 100 kVA нужно сечение канала 0,12—0,15 $м^2$. При расчетах $t°$ внутри камеры следует принимать не свыше 45°. При мощностях выше 2 400 kVA каналы получаются слишком большими и обычно приходится прибегать либо к созданию искусственной тяги путем установки вентиляторов либо к охлаждению масла водой. Теплый воздух из трансформаторных камер может быть использован зимою для отопления подстанции, для этого нужно устраивать в отходящей трубе соответственные отверстия и заслонки. Последние должны автоматически закрываться в случае чрезмерного повышения $t°$ в камере, сопутствующего пожару. Если вытяжной жолоб делается деревянный, что вообще следует допускать лишь в небольших устройствах, то рационально обивать его изнутри несгораемым материалом. Во избежание аварии от капели выводную трубу надо устраивать не над трансформатором или вообще токоведущими частями. Под трансформатором кроме отверстия для притока воздуха должен быть маслоприемник. Сочетание того и другого видно выше на фиг. 10. Как и у выключателей, яма для масла м. б. прикрыта либо решеткой с насыпкой гравия либо иметь маслоотводный трубопровод. В первом случае через решетку целесообразно пропускать в одном из углов газовую трубу, через которую спущенное масло м. б. откачано переносным насосом.

Подвод воздуха в камеру осуществить гораздо проще, если пол ее поднят над уровнем земли. Высоту подъема (обычно 400—800 *мм*) следует соразмерять с высотой тех транспортных приспособлений, которые будут применены при доставке трансформатора или отправке его для ремонта. Для втаскивания трансформатора в камеру полезно вделывать в заднюю ее стенку крюк. При больших трансформаторах, если сборку их предположено производить в самой камере, необходимо предусмотреть ее нужной высоты, а в потолке иметь балку с крюком достаточной прочности. В пол камеры вделываются швеллеры для направления катков трансформатора. Устраивать трансформаторные камеры следует по возможности на сев. фасаде здания. В США трансформаторы фаб.-зав. предприятий часто устанавливаются не в камерах, но на открытом воздухе возле здания. Это, в особенности при больших мощностях, значительно уменьшает строительные затраты и устраняет заботы о вентиляции. Не надо устраивать и маслоприемных ям—трансформаторы ставятся на бетонных основаниях, подведенных под их катки, вся площадь усыпается гравием. Открытая установка трансформаторов заслуживает большого внимания и должна найти себе применение и в СССР. Для автоматич. приводов выключателей или для дистанционного управления ими на подстанциях необходимо иметь постоянный ток. Хотя имеются схемы автоматич. выключения и на переменном токе, но всем им свойственны те или иные недостатки и, за исключением случая применения выключателей с надстроенными первичными максимальными катушками (наш тип ВМ5), применение постоянного тока на подстанциях мощностью от 1 000 kVA является обычным. Если постоянный ток не должен обеспечивать также аварийное освещение фабрики или какие-либо ее механизмы, то для автоматического выключения достаточно иметь небольшую аккумуляторную батарейку на 24 V из двух стандартных ящиков стартерного типа, устанавливаемую без всякого специального помещения, просто в нише или в шкафу. Для зарядки служат либо небольшой агрегат либо заводская зарядная станция для электротележек. При соленоидном управлении 24 V недостаточно и необходима большая батарея—на 110 V. Моторные приводы у выключателей средней мощности не имеют широкого применения, а в СССР не изготовляются совсем.

Отопление трансформаторных подстанций необходимо только при наличии на них постоянного обслуживающего персонала. Гораздо более существенное значение имеют надлежащая вентиляция помещений и наблюдение за регулярным его проветриванием во избежание появления сырости и росы. Отопление иногда применяется как вспомогательное средство для вентиляции. При проектировании электрич. части подстанции необходимо учитывать токи короткого замыкания, могущие возникнуть при аварии. Установка реакторов для их ограничения на фаб.-зав. подстанциях не применяется—реакторы стоят на станциях или районных подстанциях у начала питающих фидеров. Но в схеме соединений фаб.-зав. подстанций можно привести ряд дополнительных мероприятий, сводящихся к устранению параллельного включения фидеров, параллельной работы трансформаторов, установки соответственных типов защиты.

Районная подстанция, обслуживающая не отдельное предприятие, а целый ряд их, характеризуется большой мощностью, высотой напряжения (в Союзе ССР обычно 20, 35 и 100 kV), часто—сложной схемой соединений, развитым масляным хозяйством. На фиг. 11 показан разрез одной из подстанций МОГЭС на напряжении 33 kV. На разрезе видна установка реактора *Рк*. Где его не требуется, соответственная камера занята масляным выключателем. Кроме наличия реактора общие принципы расположения аппаратуры те же, что при 6 kV (фиг. 9). Размеры помещения в связи с высотой напряжения—больше, под выключателями имеются ямы с маслоотводами, идущими в сборный бак грязного масла. На районных подстанциях обычно имеются маслоочистительная установка и резервуар для

чистого масла. Далее на них предусматривается небольшая мастерская, достаточная для вмещения в случае ремонта самого крупного из трансформаторов. Мастерскую целесообразно помещать в одном из флангов здания так, чтобы трансформаторы могли транспортироваться в нее по рельсовому пути,

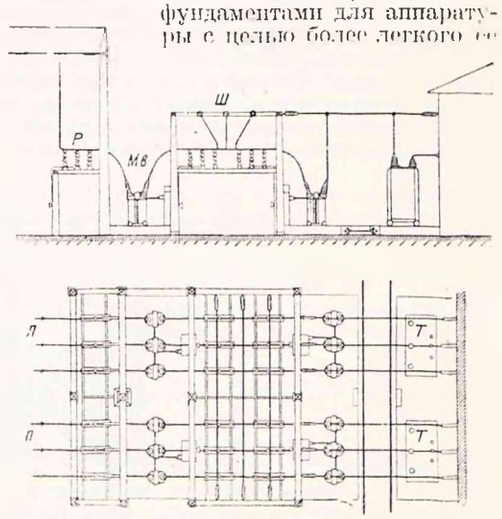


Фиг. 11.

проложенному вдоль трансформаторных камер, без всяких поворотов. На районной подстанции обычно имеются дистанционное управление выключателями, аккумуляторная батарея (обслуживающая и аварийное освещение подстанции), зарядный агрегат. Необходимы служебные помещения для дежурного персонала. Если трансформаторы взять с искусственным охлаждением масла (при мощностях порядка 3 000 kVA и выше), то на подстанции прибавляется еще соответственное водяное хозяйство. Напряжение 35 kV лежит на грани, за к-рой сооружение открытых подстанций является экономически более выгодным. Если вопрос еще недостаточно выяснен в отношении этого напряжения, то для следующих стандартных в СССР величин—60 и 100 kV—сомнений в настоящее время уже не имеется. Поэтому мы решительно вступили на путь устройства для этих напряжений открытых подстанций. США строят таковые давно, причем считают их выгодными даже для напряжений порядка 15 kV. Зап. Европа приступила к их постройке значительно позже и считает для них нижним пределом напряжения порядка 35—50 kV. Эта величина всецело зависит от местной стоимости рабочих рук, строительных материалов и аппаратуры, которая для открытых установок в процентном отношении тем дороже, чем ниже напряжение.

Типичное расположение аппаратуры на открытой подстанции показано на фиг. 12. Две подходящие слева линии *Л*, *Л* через разъединители *Р*, выключатели *Мв* и снова разъединители присоединены к ординарной системе шин *Ш*, к к-рой в таком же порядке приключены справа два трансформатора *Т*, *Т*. К трансформаторам непосредственно примыкает здание, в котором расположено нормальное распределительное устройство пониженного напряжения. В зависимости от высоты расположения шин и разъединителей (последние в целях удобства обслуживания м. б. снижены до уровня земли) открытая подстанция м. б. высокого, среднего или низкого типа. Отношение высоты сооружений составляет примерно 100 : 75 : 65. Отношение площади 100 : 130 : 200. При наличии свободной площади следует предпочитать низкий тип в виду наименьшей стоимости железных конструкций и более легкой доступности всех частей установки. МОГЭС, выстроив свои первые открытые подстанции высокого типа, в дальнейшем перешел на низкий. Дерево для устройства конструкций на подстанциях применяется редко. Мощные трансформаторы открытых подстанций берутся, если только это возможно, с естественным масляным охлаждением, так как искусственное охлаждение масла водою связано при низких $t°$ со значительными затруднениями. При мощностях порядка 20 000 kVA это еще достижимо, хотя самый трансформатор и получается при естественном охлаждении заметно дороже. При еще больших мощностях выход из положения находится в установке однофазных трансформаторов, соединенных в трехфазные группы. Америка как правило всегда употребляет однофазные трансформаторы независимо от их мощности и назначения. З. Европа ставит трехфазные трансформаторы, как и СССР.

При устройстве водяного охлаждения надо прокладывать трубы ниже линии промерзания земли, наружные части отеплять. Необходимы устройства, сигнализирующие о неправильностях в системе охлаждения. При $t°$ ниже −15° нужно применять специальные масла с низкой $t°_{заст.}$, в случае надобности в трансформаторы и выключатели встраиваются электрич. согревательные элементы. Трансформаторы тока, а в последнее время и трансформаторы напряжения встраиваются в проходные втулки масляных выключателей. Дистанционное управление последних обязательно. Между бетонными фундаментами для аппаратуры с целью более легкого со



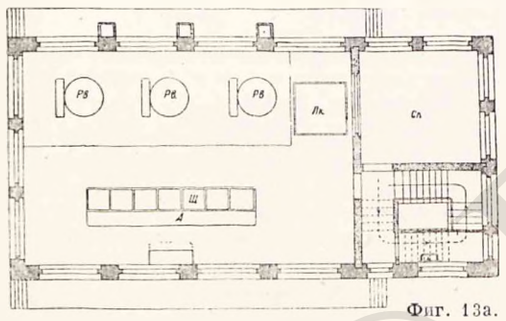
Фиг. 12.

транспортирования необходимо иметь рельсовые пути. Освещение открытых подстанций целесообразно устраивать заливающим светом (прожекторное).

Преобразовательные П. э. Наиболее распространенным типом таковых являются тяговые подстанции; затем подстанции электро-химич. з-дов. Преобразователи можно

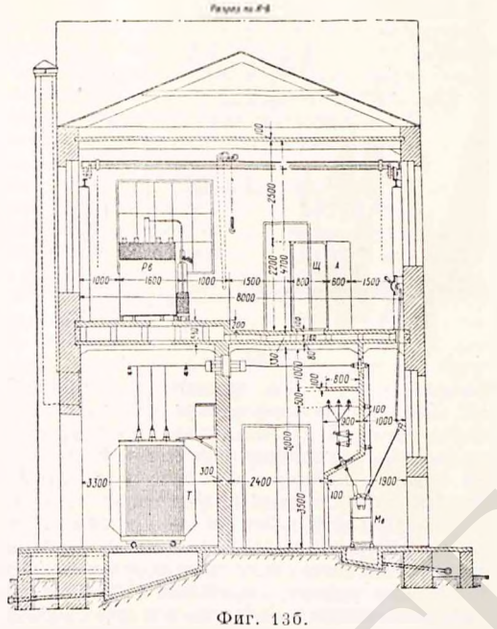
встретить и на ф.-зав. подстанциях там, где постоянный ток требуется для кранов, станков или сложных приводов. Для преобразования переменного тока в постоянный устанавливаются мотор-генераторы, одноякорные *преобразователи* (см.) и ртутные *выпрямители* (см.). В то время как в США преимущественное распространение имеют первые, в Европа предпочитала обычно установку одноякорных преобразователей, в последнее десятилетие быстро уступающих путь ртутным выпрямителям. Синхронный мотор-генератор и ртутный выпрямитель—основные машины современных преобразовательных подстанций. Все три типа изготовляются в СССР. Преимущества синхронного агрегата: возможность улучшения $\cos\varphi$, независимость вторичного напряжения от колебания первичного (важно для электро-химич. установок), приключение к сети без промежуточного трансформатора, возможность обратной отдачи энергии в сеть (важно для тяговых подстанций). При напряжении постоянного тока 230 V и ниже его кпд при $^1/_2$—$^1/_1$ нагрузках не уступает кпд ртутного выпрямителя. При более высоких напряжениях последний имеет значительно лучший кпд и именно для этих условий (600 V и выше) получает особенно быстрое распространение. Основное преимущество выпрямителя — отсутствие вращающихся частей, что делает уход за ним чрезвычайно простым. Бесшумность работы, незначительный вес (отсутствие фундаментов), малый износ частей—качества, гарантирующие его распространение. При нагрузках менее 1—1,5% напряжение выпрямителя быстро растет, что нужно иметь в виду, если агрегат питает малое количество периодически работающих механизмов (напр. кранов).

Одноякорный преобразователь, уступая место ртутному выпрямителю, является успешным конкурентом мотор-генератору в сетях с частотой 25 пер/ск., особенно распространенных в Америке. Его кпд значительно лучше, чем у мотор-генератора, но необходимость промежуточного трансформатора, зависимость напряжения постоянного тока от переменного (как у выпрямителя), затруднительность иметь опережающий $\cos\varphi$, некоторая опасность кругового огня на коллекторе (отпадающая при 25 пер/ск.) ограничивают поле его применения.



Фиг. 13а.

Преобразовательные подстанции имеют те же типичные части, что и трансформаторные, но к ним еще прибавляется машинный зал с агрегатами и щитом постоянного тока. На фиг. 13а показан план, а на фиг. 13б разрез П. э. с ртутными выпрямителями (ВЭО). Благодаря небольшому весу последних под ними м. б. установлены трансформаторы, что дает весьма компактное устройство с минимальным расходом меди (или алюминия). *Т* — трансформатор, *Рв* — ртутный выпрямитель, *Мв*—масляный выключатель, *Щ* — аппаратный щит, *А* — автоматы, *Лк* — люк для спуска ртутных выпрямителей, *Сп* — служебное помещение. Подобным же



Фиг. 13б.

образом м. б. построены и П. э. с одноякорными преобразователями. Трансформаторные подстанции не нуждаются в непрерывном наблюдении. Дежурный нужен для быстрой ликвидации аварийных выключений и для периодич. включения и выключения, если этого требует режим работы, отдельных единиц. То же относится и к подстанциям с ртутными выпрямителями. Несколько сложнее обстоит вопрос с вращающимися преобразователями, требующими более серьезного ухода. Поэтому естественно возникла мысль о полном устранении постоянного дежурства на подстанциях и лишь о регулярной их ревизии. США, где особенно дороги рабочие руки, построили целый ряд подстанций автоматических и с управлением на расстоянии, как трансформаторных, так и с вращающимися машинами. Пуск в ход, включение и выключение резервных агрегатов и отдельных фидеров, аварийные выключения, остановка—все происходит автоматически в зависимости от установленного режима работы и состояния установки. На установках с управлением на расстоянии автоматически происходит только аварийное выключение, в то время как включение и выключение любого выключателя производятся из отдаленного пункта с помощью соответствующих устройств и 1—2 вспомогательных проводов. Автоматич. установки, как показала практика, имеют громадную надежность, определяемую американской статистикой более чем в 99%. В СССР автоматических установок пока не имеется.

Кроме вышеназванных машин на П. э. иногда устанавливают работающие без нагрузки синхронные двигатели—с и н х р о н н ы е к о н д е н с а т о р ы, служащие для улучшения коэф-та мощности, а иногда и для регулирования напряжения в длинных электропередачах. В СССР такие двигатели установлены на ряде подстанций Электротока, Азнефти и др. Ничего принципиально нового в конструкции подстанции они не вводят. В Америке разработан тип синхронного конденсатора, могущий быть установленным на открытых подстанциях и разумеется комбинируемый при установках с различными реле так, что он не нуждается в постоянном наблюдении во время работы.

Лит.: Э п ш т е й н Г. Л., Районные трансформаторные подстанции, Киев, 1929; К л и н г е н б е р г Г., Сооружение крупных электростанций, пер. с нем., т. 2, стр. 278, Л., 1929; Б е р н ш т е й н М. Б., Трансформаторы и трансформаторные подстанции, М.—Л., 1927; В и д м а р М., Эксплоатация трансформаторов, пер. с нем., Л., 1929; К и з е р Г., Трансформаторные подстанции, пер. с нем., М., 1922; К р о ф т Т., Электрические станции и подстанции, пер. с англ., М., 1926; В е й к е р т Ф., Установки высокого напряжения, пер. с нем., стр. 187—227, М., 1927; Г р у д и н с к и й П. Г. и И о ф ь е в И. М., Современные высоковольтные устройства открытого типа, «Электричество», М., 1927, *10*; К о т о м и н А. А., Дешевые подстанции высокого напряжения открытого типа, там же, *7*; Г р у д и н с к и й П. Г. и И о ф ь е в И. М., Распределительные устройства 6 600 и 33 000 V подстанций Московского кольца, «Бюллетень инж.-техн. коллективов МОГЭС», М., 1928, *4* и *5*; Т е л е ш о в Б. А., С а в е л ь е в П. В. и Г о л ь д б е р г А. М., Типовые понизительные подстанции МОГЭС для первичного напряжения 6 600 V, «Электрич. станции», М., 1930, *1*; И о ф ь е в И. М., Усовершенствованный тип распределительного устройства 6 600 V, там же, *2*; С а в е л ь е в П. В. и С у с л о в а Н. А., Заземляющие устройства на высоковольтных заземляющих подстанциях МОГЭС, там же, *4*; и х ж е, Вентиляция и отопление распределит. устройств, «Электротехнич. вестник», Харьков, 1928, *6*; Ш к л о в с к и й Г., Вентиляция трансформатор. помещений, «Известия ГЭТ», М., 1928, *9*; е г о ж е, Строительная часть трансформат. подстанции, там же, *2*; Г л а з у н о в А. А., Аккумуляторные батареи на электрич. станциях и подстанциях Америки, «Электрич. станции», М., 1930, *10*; П е р е к а л и н М., Определение рационального числа трансформаторов на подстанциях, «Известия ГЭТ», М., 1928, *9*; Н а х м а н с о н Е. Е., Выбор мощности и расположения синхронных компенсаторов на подстанциях Электротока, «Известия Электротока», 1929, *9*; Р о з е н ш т е й н А., Нек-рые соображения о защите силовых трансформаторов, «Энергетич. вестник», Харьков. 1930, *3*; Р а ш к о в с к и й Л., Тяговые подстанции, «Известия ГЭТ», М., 1929, *10—11*; Б о р о л и н Н. В., Автоматич. тяговые подстанции, «Электричество», М., 1929, *3—4*; е г о ж е, Тяговые подстанции, т. 3, отд. 20, стр. 127—162; «СЭТ», Справочная книга для электротехников, под ред. А. Б. Лебедева. Ленинград, 1928.

А. Бухштаб.

ПОДТОП, подъем уровня вод, вызывающий затопление и заболачивание местности, подпор низовой воды гидравлич. установок. Причинами подтопа служат плотины, дамбы дорожных сооружений, занесение русла карчами, камнями, наносами и пр. При достаточной высоте подъема воды происходит наливной, или поверхностный, П., состоящий в непосредственном затоплении окружающей местности речной водой, вышедшей из берегов, вследствие подпруживания ее уровня. В местности же, лежащей выше района затопления, возникает подземный П., состоящий в постепенном подъеме уровня почвенных вод к поверхности земли, в зону распространения корней растений и деревьев, вызывая, если избыточное увлажнение сохраняется постоянно, падение ее с.-х. значения, смену растительности и заболачивание. Для уничтожения вредного влияния П. при небольших его величинах прибегают кроме освобождения от преграждений к спрямлению и расчистке русел, их выправлению и регулированию с целью увеличения быстроты стока. При более значительных высотах П. применяют обвалование затопляемых территорий и ряд специальных приемов осушения. При П. нижнего бьефа гидравлич. установок во время половодья и паводков низовой водой сильно понижается их рабочий напор и падает выработка энергии. Для устранения П. и обеспечения в это время снабжения потребителя электроэнергией прибегают к устройству искусственных увеличителей напора (эжекторов), которые отсасывают воду из всасывающих труб турбин, созданию истечением из-под щита отогнанного прыжка воды, понижающего низовой уровень до нормальной высоты, и наконец к установке особых полноводных агрегатов. В каждом отдельном случае необходимо нормировать предел допустимого П., определение оптимального значения коего возможно лишь при комплексном решении соприкасающихся отдельных задач водного хозяйства в целом.

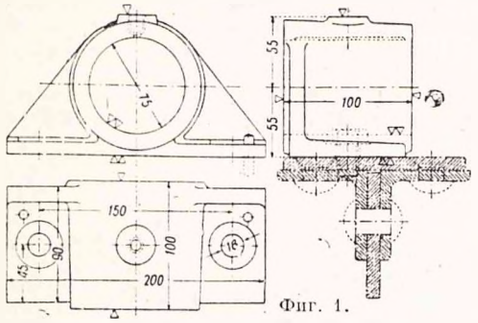
Лит.: Е с ь м а н И. Г., Водяные двигатели, стр. 156—160, П., 1917; К о с т я к о в А. Н., Основы мелиораций, стр. 638—712, М., 1927; Ф р и м а н А. Н., Водное строительство Германии, по материалам заграничной командировки 1923 г., Центральное Управление внутренних водных путей, М., 1924, вып. 3, стр. 8—12; Ф л е к с о р Д. С., Правовые, экономич. и финансовые основы водного хозяйства, «Известия научного мелиоративного ин-та», Л., 1925, вып. 10; M a t t e r n E., Die Wasserstrassen, Hafen u. Landeskulturarbeiten in Wirtschaft u. Verkehr, Lpz., 1922; S c h o k l i t s c h A., Der Wasserbau, B. 2, p. 990—1000, W., 1930.

С. Каплинский.

ПОДШИПНИКИ, опорные детали шипов *валов* (см.), *осей* (см.) и других вращающихся или качающихся частей машин. По роду трения П. подразделяются на скользящие, *шариковые* и *роликовые* (см.). В П. первой группы шип соприкасается с подшипником по поверхности обычно цилиндрической. В П. второй группы шип опирается на шарики или ролики, т. е. в этих П. соприкосновение происходит в отдельных точках или по отдельным линиям. При работе скользящих П. имеет место трение скольжения, при работе шариковых или роликовых П. имеет место значительно меньшее по величине трение качения. Особняком стоит третья группа подпятников; опоры эти в зависимости от величины передаваемого давления имеют форму острого или тупого ножа и применяются лишь при качательных движениях с малыми углами отклонения. По направлению действия нагрузки различают П., когда нагрузка действует перпендикулярно оси шипа, от подпятников или упорных П., когда нагрузка действует гл. обр. в осевом направлении (см. *Пяты и подпятники*).

При проектировании П. руководствуются следующими соображениями. 1) Размеры необходимо брать соответственно возникающим усилиям с достаточным запасом в отношении прочности, величины удельного давления и надежного отвода тепла; кроме того размеры должны обеспечить достаточную жесткость П. против вредных деформаций и сотрясений. Отвод тепла, в к-рое превращается работа трения, д. б. обеспечен достаточной поверхностью охлаждения, поскольку не возникает необходимости применять даже искусственное охлаждение

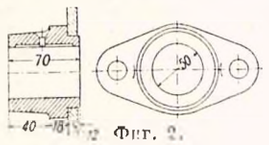
Исходными данными при проектировании П. служат размеры шипа или вала, к-рые определяются заранее. 2) Применение вкладышей к трущейся поверхности шипа д. б. обеспечено или точной пригонкой или применением самоустанавливающихся вкладышей (принцип Селлерса). 3) Изнашивание должно иметь место лишь на трущихся поверхностях вкладышей; шипы сохраняют от износа путем выбора надлежащего металла для вкладыша. 4) Вредное влияние износа вкладыша на правильное положение вала устраняется путем подтягивания вкладышей в направлении главных действующих усилий, их шабровкой или путем замены вкладышей. Плоскость разреза вкладышей не должна совпадать с направлением действующих усилий.



Фиг. 1.

5) Надежность работы д. б. обеспечена подводом достаточного количества масла и рациональным его распределением. 6) Необходимо обеспечить экономный расход масла, притом только во время работы, а также сбор отходящего масла; последнее необходимо также для содержания П. в чистоте. 7) Простое и доступное обслуживание П. Действие смазки во время работы П. должно легко проверяться. В сильно нагруженных П. температура должна контролироваться термометром. 8) Конструкции П., находящих широкое применение, д. б. проработаны в целях массового или серийного производства. Число однотипных П., отличающихся лишь размерами, д. б. ограничено нормированием.

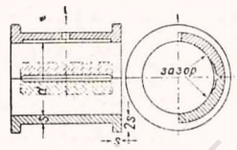
П. с к о л ь з я щ и е для нагрузок, действующих перпендикулярно оси шипа. На фиг. 1 и 2 представлены глухой и фланцевый П., отливаемые из чугуна. Эти П. надеваются на вал в осевом направлении и прикленываются или привертываются к станине машины или к ее частям. Если материал в смысле износа не является подходящим, то вставляют бронзовые, чугунные или стальные втулки, к-рые фиксируют штифтами, пружинами и т. п., чтобы предотвратить смещение втулки относительно корпуса П., что может вызвать закрытие отверстия для смазки и прекращение смазки. Наименьшее отношение длины втулки к диаметру в свету берут равным 1:1, наибольшее 3:1, для больших диаметров 2:1. В тех случаях, когда вследствие особенностей монтировки вала или по условиям изнашивания целая втулка неприемлема, делают П. разъемными. Конструкция разъемных П. состоит из корпуса, вкладышей, крышки и болтов.



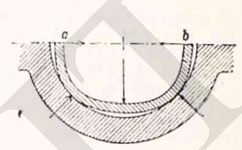
Фиг. 2.

Вкладыши. Для тех случаев, когда слой смазки отделяет шип от вкладыша, безразлично, из какого материала будут выполнены вкладыши, но так как при пуске в ход и ударах возникает трение без смазки или с недостаточной постоянной смазкой, то в зависимости от окружной скорости, величины удельного давления и назначения рабочая (трущаяся) часть вкладыша делается из соответствующего материала. Плотное прилегание вкладыша и шипа есть одно из условий относительно равномерного распределения давления на опорную поверхность; только при этом условии смазка не выжимается из-под шипа, и подшипник не будет разогреваться. Конструкция вкладышей должна быть так продумана, чтобы был обеспечен надежный подвод, распределение и отвод смазки во время работы П.

М е т а л л, п р и м е н я е м ы й д л я в к л а д ы ш е й. Для изготовления вкладышей чаще всего применяют чугун, бронзу, латунь и белый металл. Чугун дешевле других материалов и применяется при медленно вращающихся или редко работающих шипах, напр. в грузоподъемных машинах с ручным приводом, где изнашивание имеет второстепенное значение; здесь удельное давление принимают равным 25—30 *кг/см²*, а при малых скоростях даже до 50 *кг/см²*. Другое большое распространение чугун получил в П. для трансмиссий, напр. в П. сист. Селлерса. Бронза представляет собой крепкий, плотный и гладкий, но зато и дорогой металл. Бронзовые вкладыши гл. обр. применяют там, где имеет место переменная нагрузка; удельное давление на вкладыши принимают в 40—60 *кг/см²*. Крупным недостатком бронзовых вкладышей является задирание шипа



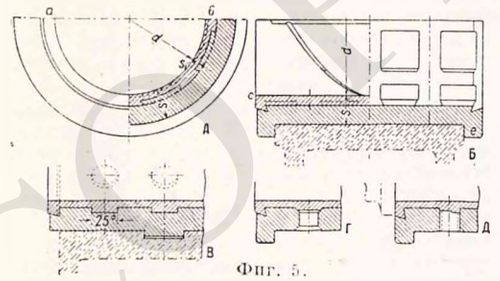
Фиг. 3.



Фиг. 4.

при нагревании. Бронза, идущая для вкладышей, в среднем имеет следующий состав: 83% меди, 17% олова, иногда содержит незначительное количество цинка; в последнем случае сплав состоит из 82% меди, 16% олова и 2% цинка. Применяется также и фосфористая бронза (присадка в 0,5—1% P). Толщину стенок вкладыша согласно обозначениям на фиг. 3 берут по эмпирической формуле $s=0{,}05d+5$ *мм* до $s=0{,}07d+5$ *мм*. Вкладыш из этих сплавов, нагретый за счет работы трения выше чем корпус П., расширяется больше его и принимает форму, как указано на фиг. 4, нажимая в точках *a* и *b* на шип настолько, что происходит его задирание. Во избежание этого вредного явления делается зазор между поверхностями шипа и вкладыша вдоль кромки последнего, как это показано на фиг. 3 заштрихованной площадью, плотное же прилегание шипа к вкладышу делают на весьма узких полосках по концам длины вкладыша. *Белый металл* (см.) получает все большее применение во вкладышах, особенно при повышенной окружной скорости шипа. Сам по себе белый металл не обладает достаточной крепостью

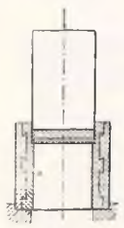
и применяется лишь как заливка вкладышей из чугуна, стального литья, бронзы и латуни. Достоинством белого металла является быстрая приработка к форме шипа, что обеспечивает хорошую смазку. Для того чтобы заливка надежно была соединена с телом вкладыша, делают в нем поперечные и продольные выемки (пазы) сечения в виде ласточкина хвоста, заполняемые белым металлом, как указано на фиг. 5, А и Б, или же делают круглые углубления (фиг. 5, В) или сверления (фиг. 5, Г и Д). Особенно важно, чтобы заливка не отставала от вкладыша на кромках *a* и *b* (фиг. 5, А) и концах *c* и *e* (фиг. 5, Б). В случае, если шип нажимает на торцевую поверхность вкладыша, надо и ее залить белым металлом (фиг. 5, Б), или же

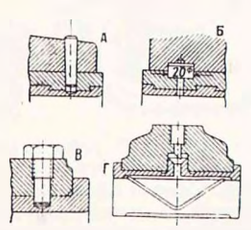


Фиг. 5.

заливку в радиальном направлении делают шире, чем опорное кольцо (борт) шипа (фиг. 5, Д). Толщина s_1 заливки (фиг. 5, А) принимается равной: $s_1=0{,}02d+2$ *мм* до $s_1=0{,}03d+3$ *мм*. Углубления в виде ласточкина хвоста берут в 2—5 *мм*. Толщину *s* вкладыша, включая толщину заливки, по Линднеру берут: для чугуна $s=0{,}12d+12$ *мм*; для литой стали $s=0{,}09d+9$ *мм*; для бронзы и меди $s=0{,}08d+8$ *мм*. Заливка из белого металла протачивается с последующей полировкой или вальцовкой. Вкладыши небольших диаметров обрабатываются пуансоном, имеющим режущие ребра, как это показано на фиг. 6. Заслуживает быть отмеченным применение вкладышей из твердого дерева в прокатных станах.

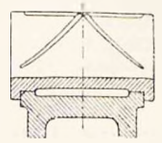
У с т р о й с т в о в к л а д ы ш е й. От сдвига в осевом направлении вкладыш удерживается бортами, плотно прилегающими к корпусу и крышке П., как показано на фиг. 5, Б. От вращения вкладыш удерживается штифтами (фиг. 7, А), закладн. кольцами (фиг. 7, Б),


Фиг. 6.

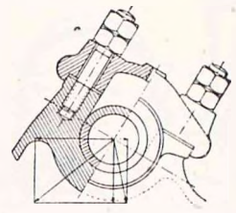


Фиг. 7.

болтами (фиг. 7, В), приливами (фиг. 7, Г). Неправильная конструкция П. показана на фиг. 8, так как здесь поверхность прилегания вкладыша к основанию П. весьма незначительна, что ухудшает отдачу тепла. Длинных относительно диаметра П. рекомендуется избегать, т. к. на кромках вкладышей при прогибах вала могут возникнуть высокие местные напряжения, или же делать вкладыши самоустанавливающимися на шаровых опорах. Стыки вкладышей, равно как и крышек П., необходимо расположить сообразно с направлением действующих нагрузок. В виду относительно малой сопротивляемости краев вкладышей необходимо, чтобы направление равнодействующей проходило возможно дальше от краев, как напр. это указано на фиг. 9, где изображен П. с косым разъемом.


Фиг. 8.

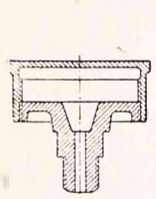
Трение в П. Хотя обыкновенный П. и называется опорой скользящего трения, но при правильной его смазке трение скольжения шипа по вкладышу не должно иметь места: коэфициент трения скольжения между металлами значителен, и при быстром вращении нагруженного шипа трение его по вкладышу выделяло бы столько тепла, что П. могбы раскалиться; кроме того и износ шипа и вкладышей при их соприкосновении был бы значительный. Во избежание этих нежелательных явлений П. необходимо смазывать настолько обильно, чтобы слой смазочного масла отделял шип от П.; тогда шип будет скользить не по вкладышу, а по маслу, увлекая его вследствие сцепления (липкости) в движение; с другой стороны, частицы масла, прикасающиеся к вкладышу, будут по той же причине почти неподвижны; в чрезвычайно тонком слое смазочного масла между шипом и вкладышем П. будет следовательно происходить внутреннее трение частиц, увлекаемых шипом, о частицы, задерживаемые вкладышем. Итак, вместо силы трения скольжения в смазываемом П. имеют место силы внутреннего трения, или силы *вязкости* (см.), в слое смазочного масла, следовательно трение в смазываемом П. есть гидродинамич. проблема. Основы гидродинамич. теории трения П. дал проф. Н. П. Петров в 1883 году. О. Рейнольдс, анализируя имевшийся в то время экспериментальный материал по этому вопросу, в 1886 г. указал, что концентрич. расположение шипа и вкладыша возможно только в том случае, когда нагрузка на шип равна нуло. А. Зоммерфельд дал наглядное изображение зависимости коэф-та трения от основных величин: уд. нагрузки, окружной скорости, вязкости масла. Теоретич. выводы Зоммерфельда были подтверждены опытами Штрибека, определявшего коэф. трения при различных нагрузках и окружных скоростях шипа, но при одной и той же $t°$ в смазочном слое (вязкость масла очень сильно изменяется при изменении $t°$). Как показали опыты, коэф. трения П. уменьшается с повышением $t°$ вследствие понижения вязкости масла, однако из гидродинамич. теории трения вытекает также, что слишком жидкое (мало вязкое) масло настолько увеличивает эксцентриситет шипа, что следует опасаться соприкосновения между шипом и вкладышем; горячий П. опасен.


Фиг. 9.

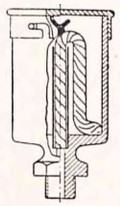
Коэф. трения зависит также от окружной скорости шипа при одинаковой $t°$ смазочного слоя; коэф. трения с возрастанием окружной скорости сначала быстро уменьшается, а затем медленно повышается. Однако поддерживать постоянство $t°$ в смазочном слое можно только в лабораторных условиях; в условиях обычной работы П. $t°$ возрастает до тех пор, пока не наступит равновесие между количеством теплоты, образующимся вследствие трения, и количеством ее, отнимаемым от П. окружающим воздухом и прочими телами. В экспериментальных исследованиях новейшего времени произведено определение толщины смазочного слоя и определена зависимость коэфициента трения от продолжительности нагрузки в таких П., где нагрузка периодически повторяется через одинаковые промежутки времени.

Смазка П. Требования, которым должна удовлетворять смазка, следующие: надежность действия, легкий и доступный осмотр, незначительный расход масла; место смазки должно быть отмечено окраской особых знаков или надписями или же отливкой специальных знаков.

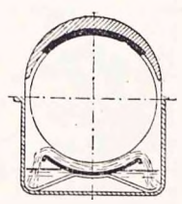
Густая смазка. В простейших П. густая смазка закладывается в особые чашки или поступает из специальных масленок. Согласно опытам Камерера рекомендуется чашку для густого масла делать расширяющейся книзу, чтобы масло могло свободно опускаться. Для густого масла наибольшее распространение получила масленка Штауфера, представленная на фиг. 10; масло за-



Фиг. 10.



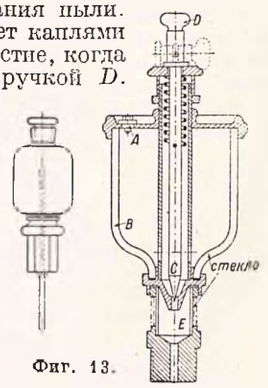
Фиг. 11.



Фиг. 12.

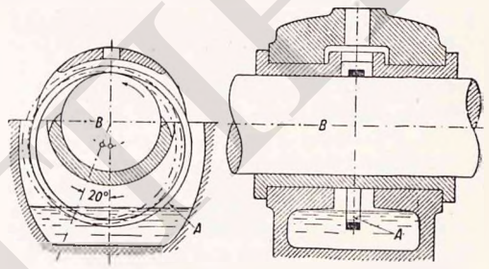
кладывается в чашкообразную крышку, повертыванием к-рой время от времени оно выдавливается в П. Для смазки осей медленно вращающихся барабанов грузоподъемных машин полость для масла высверливают в торце оси; по наполнении этой полости маслом отверстие закрывают пробкой, к-рую подвертывают по мере надобности, т. ч. смазка по радиально просверленному каналу поступает на поверхность шипа оси. Кроме описанных выше типов применяют смазку под давлением поршня, на к-рый нажимает винт. Винт приводится во вращение собачкой с храповиком, зубчатой или червячной передачей, приводимыми от вала машины; подача масла т. о. соответствует скорости вращения машины.

Смазка жидким маслом. Простейший вид смазки представляет собой масляная ванна, когда шип может непосредственно омываться маслом, однако в виду трудностей, связанных с уплотнением ванны для предотвращения вытекания масла, эта конструкция получила распространение лишь в упорных П. (подпятниках) вертикальных и наклоненных осей и валов. Устройство масленки с непрерывной подачей смазки посредством фитиля, как это представлено на фиг. 11, неэкономично в виду того, что масло подается фитилем и в то время, когда шип неподвижен. В П. подвижного состава ж. д. применяется конструкция, представленная на фиг. 12; масло, залитое в П., смазывает шерстяную подушку, прижимаемую пружиной к шипу. Масленка-капельница представлена на фиг. 13. Через отверстие A масло заливается в стеклянную масленку B, после чего отверстие закрывается во избежание попадания пыли. В П. масло поступает каплями через открытое отверстие, когда игла C приподнята ручкой D. Количество протекающего масла можно по числу капель его наблюдать через окошко E. На время остановки шипа при повороте ручки D, как показано на чертеже пунктиром, игла садится под действием винтовой пружины и закрывает проходное отверстие для масла.



Фиг. 13.

В настоящее время широкое распространение получила кольцевая смазка посредством свободно висящего или наглухо посаженного кольца. При кольцевой смазке (фиг. 14) кольцо A приводится в движение силой трения о вращающийся шип B, захватывает масло, налитое в П., и подает его на верхнюю поверхность шипа, откуда масло стекает в обе стороны в канавки вкладыша и распределяется по трущейся поверхности. Кольцо делают из ковкого железа, стали, латуни или цинка путем обточки или выгиба. Форма сечения кольца бывает различная, но т. к. кольцо прямоугольного сечения часто задерживается трением о боковые стенки и долгое время остается висеть неподвижным, то трапецевидная форма сечения кольца предпочтительнее. Если кольцо м. б. надето на шип с конца, то его делают целым, так как кольцо



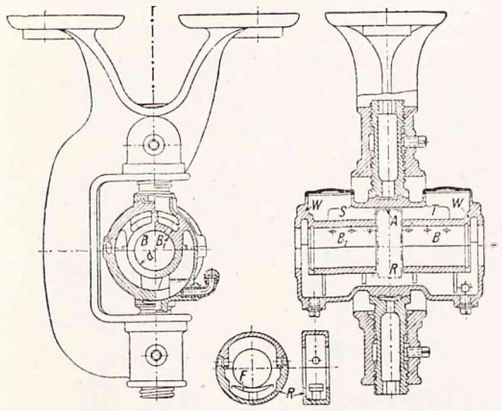
Фиг. 14.

можно хорошо проточить и отбалансировать, что очень важно для получения равномерного вращения; если же кольцо с конца шипа надеть нельзя, то его делают разъемным. Выемка во вкладыше д. б. достаточной для того, чтобы кольцо могло свободно вращаться даже при отклонении его в сторону на угол 15—20°, как показано на фиг. 14. Вместо кольца для смазки применяют также цепь, как показано на фиг. 15, к-рая дает весьма хорошие результаты, но зато требует боль-

ших выемок во вкладышах. Описанные выше свободно висящие на шипе кольца не обеспечивают непрерывной подачи масла в виду возможных временных остановок; этот недостаток устранен путем применения крепко насаженного на вал кольца в П. з-да Вильфеля в Ганновере (Германия), как это видно на фиг. 16. Разъемное, аккуратно пригнанное кольцо R прижимается к шипу пластинчатой пружиной F и приводится во вращение шипом. Масло, захваченное из нижней части П., в высшей точке снимается (соскабливается) ребром A, направляется вдоль ребер S и T и поступает через отверстия B или B_1, в зависимости от направления вращения, на трущиеся поверхности. Чтобы обеспечить непопадание масла на вал помимо вкладышей, пространство, куда масло направляется, ограничено стенкой W. В быстроходных и тяжело нагруженных шипах капельная смазка становится уже недостаточной, она должна подаваться под давлением. Границы применения смазки под давлением зависят от удельного давления на поверхности шипа, от работы трения и от рода действия нагрузок. Высокое давление масла достигается посредством масляного насоса или пресса, приводимых от главной машины. Подобная смазка под давлением применяется например в



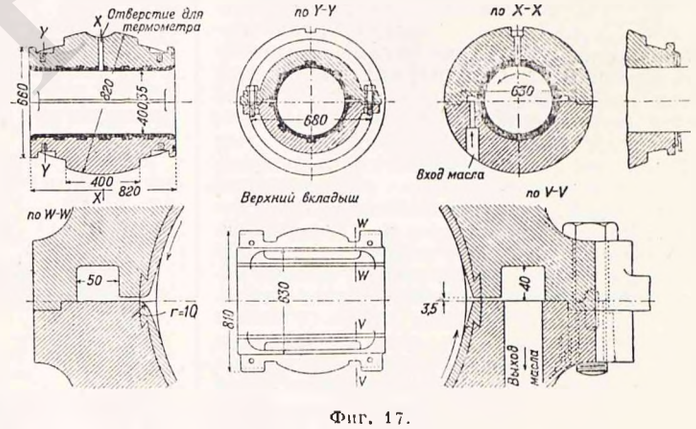
Фиг. 15.



Фиг. 16.

больших турбодинамо в виду большого количества тепла, получаемого в результате работы трения и подлежащего отводу маслом. На фиг. 17 представлена конструкция вкладышей самоустанавливающегося типа, применяемых в П. з-да AEG для паровых турбин. Масло входит через щель между вкладышами, высотой 1 *мм*, увлекается вращающимся шипом и выходит с противоположной стороны через такую же щель, высотой 3,5 *мм*.

Распределение смазки во вкладышах. Надежность смазки зависит от количества и правильного распределения масла. До последнего времени распределение смазки осуществлялось смазочными канавками, однако согласно данным новейших исследований над явлениями трения в П. необходимо различать так. наз. вполне жидкое трение, когда между трущимися поверхностями имеется сплошной, нигде не прерывающийся слой смазки, от полусухого трения, когда частично имеет место непосредственное соприкосновение рабочих поверхностей. В П., работающих при условиях, допускающих осуществление вполне жидкого трения, смазочных канавок теперь не делают, потому что они уменьшают опорную поверхность вкладыша и прерывают (разделяют) слой масла между шипом и вкладышами, внутри которого происходит трение.

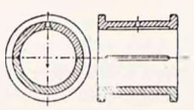


Фиг. 17.

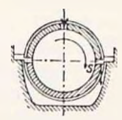
Самый простой способ подвода масла для неразъемного П., подверженного продолжительной нагрузке сверху вниз, состоит в том, что масло подводится в самой высшей точке шипа, а затем распределяется по всей длине его посредством довольно широкой канавки. В разъемных вкладышах кроется тот недостаток, что в местах их стыков кромки соскабливают масло с шипа и тем самым не только ограничивают доступ масла к наиболее нагруженным точкам, но могут совсем прекратить приток его; для того чтобы этого не было, кромки в стыках вкладышей аккуратно пригоняют, как показано на фиг. 18; если же не представляется возможным это выполнить, то кромки в стыке снимают изнутри, оставляя соприкосновение по всей толщине вкладыша только на концах его, как показано на фиг. 19; совершенно неправильная конструкция представлена на фиг. 20, где масло, снимаемое кромкой s, стекает в П.,



Фиг. 18.



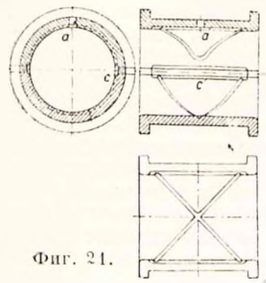
Фиг. 19.



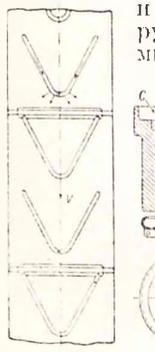
Фиг. 20.

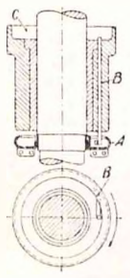
не достигая места своего назначения. Иногда для изменения расстояния между вкладышами ставят прокладки (фиг. 21). В месте входа масла во вкладыше делают продольную канавку a достаточной ширины и глубины для распределения масла. В П. длиной больше 30 *см* масло подводится через два отверстия, однако это рекомендуется делать и в П.

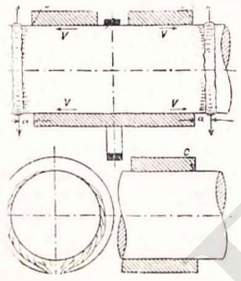
меньшей длины на случай возможного засорения одного из отверстий. Из продольных канавок масло идет по канавкам косого направления. В случае вращения шипа в обоих направлениях канавки делают крестообразно расположенными (фиг. 21), когда же направление вращения не меняется, то, чтобы масло притекало к середине вкладыша в наиболее напряженное место, канавки делают так, как это показано на фиг. 22, изображающей развертку внутренней поверхности вкладыша. Труднее выполнить смазку в П. вертикальных сквозных валов. В этом случае для тихоходных валов применяют густую смазку. При наличии же достаточной окружной скорости устраивают циркуляционную смазку, как показано на фиг. 23. Сущность устройства состоит в следующем: масло при вращении вала под действием центробежной силы отжимается к периферии кольца A, закрепленного на валу, поступает в трубку B и наполняет чашку C, из к-рой стекает по поверхности шипа; для равномерной смазки устраивают спиральные канавки.


Фиг. 21.

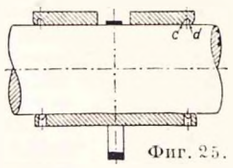
Ловители масла. Если важно иметь рациональный подвод и распределение масла во вкладыше, то не менее важно в целях экономии улавливание его при выходе из вкладышей, т. к. в результате возможного разбрызгивания уровень масла понижается и тем самым ухудшается подача его; в некоторых случаях, напр. на прядильных и ткацких ф-ках, разбрызгивание масла недопустимо, т. к. увеличивает брак товара. Также необходимо ограждать от масла и фундаменты, т. к. масло разрушает бетон; с этой целью рамы машин отливают с бортами,


Фиг. 22.

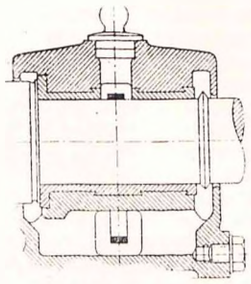

Фиг. 23.

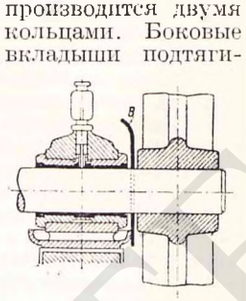

Фиг. 24.

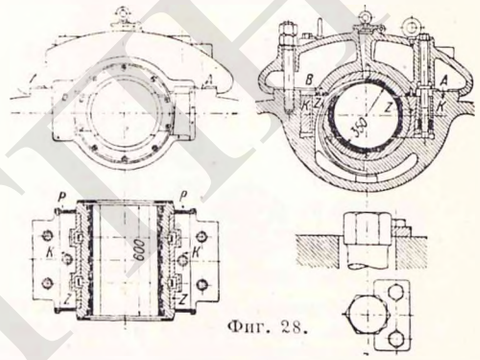
чтобы можно было собирать стекающее масло. В П. с кольцевой смазкой (фиг. 24) масло течет вдоль вала с определенной скоростью v, которая зависит от количества масла и величины зазора между шипом и вкладышем. По выходе из вкладыша на нек-ром расстоянии a от кромки образуется кольцо из масла, которое разбрызгивается в виде капель под действием центробежной силы. Для устранения этого недостатка закругляют кромки вкладышей у b и c, увеличивая т. о. постепенно проходное сечение масляного потока, в соответствии с чем скорость выхода масла постепенно падает и оно спокойно стекает у кромки вкладыша. Рациональное устройство для улавливания масла показано на фиг. 25, где имеется выточка, причем кромка c имеет плавный переход, а кромка d—острое ребро. Очень часто на вал надевают или же на нем вытачивают кольцо, как это показано на фиг. 26; масло при этом отбрасывается центробежной силой в коробку П. Часто близко сидящее колесо или шкив, создавая пониженное давление в промежутке между подшипником и шкивом, усиливает выход масла наружу, где оно затем разбрызгивается; как средство против этого устанавливают щиток B (фиг. 27). П., работающие в пыльных помещениях, д. б. защищены от возможного попадания пыли и грязи уплотняющими кольцами, изготовляемыми обыкновенно из войлока, кожи или дерева.


Фиг. 25.

На фиг. 28 представлен П. большого газового двигателя с 4 вкладышами. Смазка производится двумя кольцами. Боковые вкладыши подтягиваются клиньями K при вращении упорных болтов, проходящих через гайки, заложенные в клинья. Между клиньями и боковыми вкладышами заложены прокладки Z. Раму, прокладки Z и крышки с прокладками B протачивают вместе. Прокладки B и опорные части A исключают возможность перекосов при посадке крышки. Пластинки P предохраняют вкладыши от боковых сдвигов.

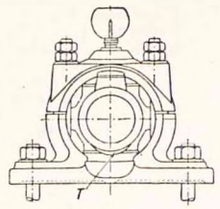

Фиг. 26.


Фиг. 27.

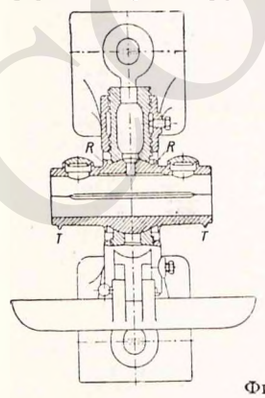

Фиг. 28.

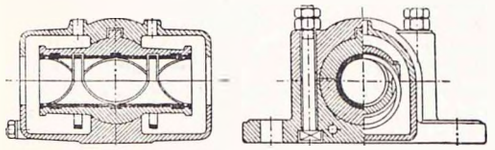
Самоустанавливающиеся П. В трансмиссионных П., где прогибы валов относительно велики, а также в тех случаях, когда чугунные вкладыши имеют значительную длину l, сравнительно с диам. d доходящую до $l=4d$, вкладыши П. (фиг. 29, 30, 31, 32)

делаются самоустанавливающимися на шаровых опорах (принцип Селлерса). Сферы вкладышей м. б. различных радиусов при одном обязательном условии, чтобы центры этих сфер совпадали в точке, лежащей на геометрической оси вала, в противном случае неизбежны сдвиги и перекос вкладышей.

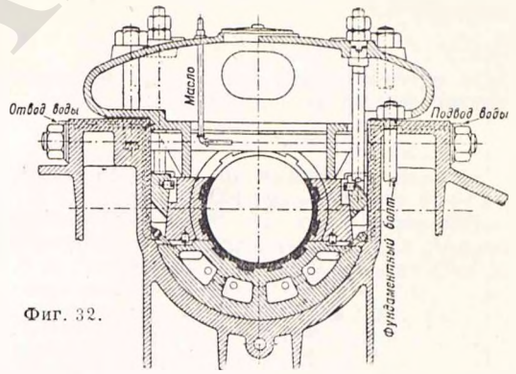

Фиг. 29.

При небольших осевых усилиях достаточно бывает сделать небольшие шаровые опоры (фиг. 29 и 30), в случае же действия больших осевых усилий необходимо шаровые опоры усилить, как показано на фиг. 31, изображающей П. з-да Piat; из чертежа видно, что сферич. опоры погружены в масло, что способствует подвижности вкладышей. Для того чтобы вал при вращении не увлекал за собой вкладыши, на вкладыше делают выступ или вокруг шаровой опоры делают кольцевой прилив R (фиг. 30). П. со сферической опорой нижнего вкладыша для кривошипного вала показан на фиг. 32. Трансмиссионный


Фиг. 30.

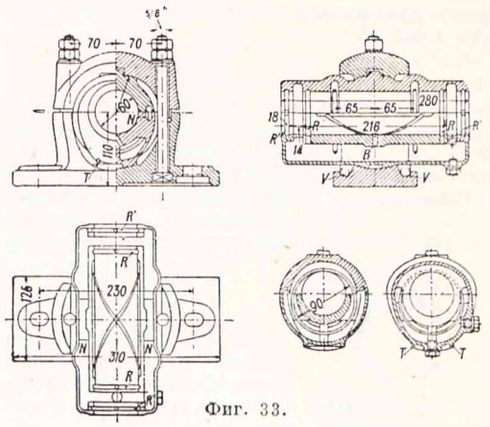

Фиг. 31.

П. сист. Селлерса с чугунной вкладкой нормального типа з-да BAMAG представлен на фиг. 29. В виду того что здесь вкладыши самоустанавливающиеся, длина их может доходить до $l=4d$; удельное давление берут равным 6—10 *кг/см²*, а потому нагрузка, воспринимаемая П., $P=6dl \div 10dl$ *кг*. Для заливки масла служат или чашки O, закрываемые крышками, или же посредине крышки вставляется масленка. Масло, вытекающее из П., стекает через приливы T в блюдечки (чашки), прилитые к основанию П. Подобная же конструкция П., прикрепляемого к колонне, показана на фиг. 30. Значительно совершеннее конструкция П. со смазывающими кольцами, к-рая и получила в настоящее время широкое распространение. На фиг. 33 представлен П. системы BAMAG, нижний вкладыш к-рого отлит заодно с масляной коробкой; в соответствующих выемках верхнего вкладыша помещены два симметрично расположенных смазывающих кольца. Масло, доставляемое кольцами, распределяется по



Фиг. 32.

всему П. и по канавкам стекает к отверстию B, а в месте образования масляного кольца R (см. выше) стекает в коробку. Канавки R' собирают масло, распространяющееся вдоль поверхности вала, и отводят его также в коробку П. От внутреннего стыка вкладыша наружный отделен довольно глубокой канавкой N. Масло, выступающее наружу, стекает с приливов T в углубления V.


Фиг. 33.

Расчет П. а) Диаметр П. определяется диаметром шипа или вала, в нем работающего. б) Удельное давление не должно превосходить допускаемого во избежание выдавливания смазки. в) Выделяющееся тепло д. б. отведено путем естественного или искусственного охлаждения. Если P—нагрузка на шип в *кг*, l—длина вкладыша в *см*. d—диаметр шипа в *см*, k—уд. давление на проекцию опорной поверхности в *кг/см²*, то $k=\frac{P}{dl}$, отсюда м. б. определено l; значения величины k можно найти в справочниках по технике. Если μ—коэф. трения, v—окружная скорость шипа в *м/сек*, t—темп-ра вкладыша, t_0—темп-ра окружающего воздуха, A_c—количество тепла в механич. единицах

(*кгм*), отводимого 1 *см*² поверхности вкладыша в единицу времени при разности температур вкладыша и окружающей среды в 1°, n—число об/м. шипа, тогда секундная работа трения $A_{mp.}$, приходящаяся на 1 *см*² поверхности вкладыша, м. б. выражена так:

$$A_{mp.}=\frac{4}{\pi}\cdot\mu\cdot k\cdot v=\frac{4}{\pi}\cdot\mu\cdot k\cdot\frac{\pi\cdot d\cdot n}{100\cdot 60}.$$

Эта же работа, с другой стороны, м. б. выражена след. обр.:

$$A_{mp.}=A_z(t-t_0),$$

а потому

$$k\cdot\mu\cdot\frac{d\cdot n}{1\,500}=A_z(t-t_0). \qquad (1)$$

По опытам Ляше: $\mu\cdot k\cdot t=2$; подставив отсюда μk в ур-ие (1), получим:

$$t(t-t_0)=\frac{d\cdot n}{750\cdot A_z}.$$

Эта ф-ла применима при $k=1\div 15$ *кг/см*², $v=1\div 30$ *м/сек* и $t=30\div 100°$.

Для нормальных П. $A_z=0{,}0016\div 0{,}0029$ *кгм/см*²; для П. с большими поверхностями охлаждения $A_z=0{,}003\div 0{,}0045$ *кгм/см*²; д. б. $t\leqslant 70—80°$, если же приведенный выше расчет дает для t значения больше указанных, то делают искусственное охлаждение.

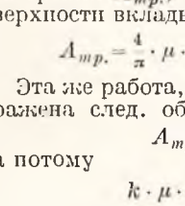
Подсчет количества масла для охлаждения П. Если c—теплоемкость масла, равная 0,288, t_e—темп-ра масла, входящего в П., t_a—темп-ра масла, выходящего из П., Q—количество пропускаемого масла в *л/сек*, то уравнение теплового баланса принимает вид:

$$\frac{d\cdot l}{427}[A_{mp.}-A_z(t-t_0)]=Q(t_a-t_e)\,c;$$

здесь принимают $t=50\div 60°$; t_0 берут меньше t на 15°;

$$A_{mp.}=\frac{d\cdot n}{750\cdot l}.$$

Расчет крышки и основания П. При указанных на фиг. 34 обозначениях и действующей нагрузке P *кг*, рассматривая крышку как балку на двух опорах, ур-ие крепости для среднего сечения крышки имеет вид:



Фиг. 34.

$$\sigma_{из.}=\frac{P\left(\frac{a}{2}-\frac{d'}{4}\right)}{2\cdot W},$$

здесь W—момент сопротивления среднего сечения, принимаемого для упрощения вычислений за прямоугольник, в *см*³; $\sigma_{из.}$—допускаемое напряжение изгиба в опасном сечении в *кг/см*². Ур-ие крепости основания П. имеет вид:

$$\sigma'_{из.}=\frac{P}{2}\cdot\frac{a-d'}{4W'},$$

здесь W'—момент сопротивления среднего сечения основания П. в *см*³; $\sigma'_{из.}$—допускаемое напряжение в этом сечении в *кг/см*².

Лит.: Бетман Г., Грузоподъемные машины, М., 1930; Берлов М. Н., Детали машин, т. 1, М., 1928; Бобарыков И. И., Детали машин, часть общая, М.—Л., 1926, часть специальная, М.—Л., 1927; Дуббель Г., Справочная книга по машиностроению, М., 1929; Жирицкий Г. С., Паровые турбины, т. 2, Киев, 1928; Петров Н. П., Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости, «Инженерный журнал», 1883; его же, Описание и результаты опытов над трением жидкостей и машин, «Известия СПБ технологич. ин-та», СПБ, 1885; его же, Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости, Практич. результаты опытов и гидродинамич. теории трения, там же, 1887, *1* и *2*; его же, Гидродинамич. теория трения до работы Зоммерфельда и сущность сделанного им шага вперед, «Вестник общества технологов», СПБ, 1905, стр. 189—194; Жуковский Н. Е. и Чаплыгин С., Теоретические основы гидродинамич. теории трения, «Известия об-ва любителей естествознания», М., 1906; Laudien K., Die Maschinenelemente, B. 1, 4 Aufl., Lpz., 1925; B. 2, 3 Aufl., Lpz., 1923; Rötscher F., Die Maschinenelemente, B. 1, Berlin, 1927, B. 2, Berlin, 1929; Hütte, Taschenbuch f. Ingenieure, 25 Auflage, B. 2, B., 1926; Stodola R., Dampf- u. Gasturbine, 6 Auflage, B., 1924; Petrow N., Neue Theorie d. Reibung, Hamburg, 1887; Petrow N. A., Theoretical a. Experimental Study of Mediate Friction, «Engineer», London, 1912, 12 March, p. 244—245; Reynolds, On the Theory of Lubrication a. Its Application to Mr. Beauchamp Towers Experiments, «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», London, 1886/7, v. 177, Part 1, p. 157; Sommerfeld A., Zur hydrodynamischen Theorie d. Schmiermittelreibung, «Zeitschrift f. Mathematik u. Physik», Leipzig, 1904, B. 50, p. 97—155; Stribeck R., Die wesentlichen Eigenschaften d. Gleit- u. Rollenlager, «Z. d. VDI», 1902, p. 1341, 1432 u. 1463; Stribeck R., «Mitt. Forsch.», 1903, *7*, p. 1—48; Lasche O., Die Reibungsverhältnisse in Lagern mit hoher Umfangsgeschwindigkeit, «Z. d. VDI», 1902, p. 1881, 1932, 1961; «Mitt. Forsch.», 1903, *9*, p. 1—59; Heimann H., Versuche über Lagerreibung nach dem Verfahren von Dettmar, ibid., 1905, p. 1161, 1224; Michell A. G., «Zeitschrift für Mathematik u. Physik», Lpz., 1905, B. 52, p. 123—137; Commentz C., Das Michell-Drucklager, «Z. d. VDI», 1919, p. 965, 1266; Petrow N. A., Abhandlungen über die hydrodynamische Theorie d. Schmiermittelreibung, Ostwald's Klassiker d. exakten Wissenschaften, Leipzig, *218*; Duffing, Reibungsverhältnisse am Gleitlager, «Z. d. VDI», 1928, p. 495—499; Klein, Reibung in Gleit-, Rollen- u. Kugellagern bei aussetzendem Betrieb, ibid., 1929, p. 1499—1502.

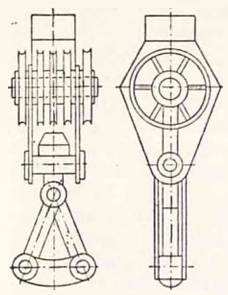
С. Кочергин.

ПОДЪЕМНИКИ, см. *Подъемные машины.*

ПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ и транспортные устройства. Описание подъемных и транспортных сооружений м. б. разбито на 6 основных разделов: 1) средства для захвата и приема разного рода грузов; 2) предохранительные приспособления для удержания груза в поднятом положении и регулирования скорости опускания; 3) подъемные машины в собственном смысле этого слова, имеющие многочисленные конструкции в зависимости от назначения; 4) транспортеры непрерывного действия; 5) подача (перемещение груза) при посредстве дорог; 6) перемещение груза в водяной или воздушной струе.

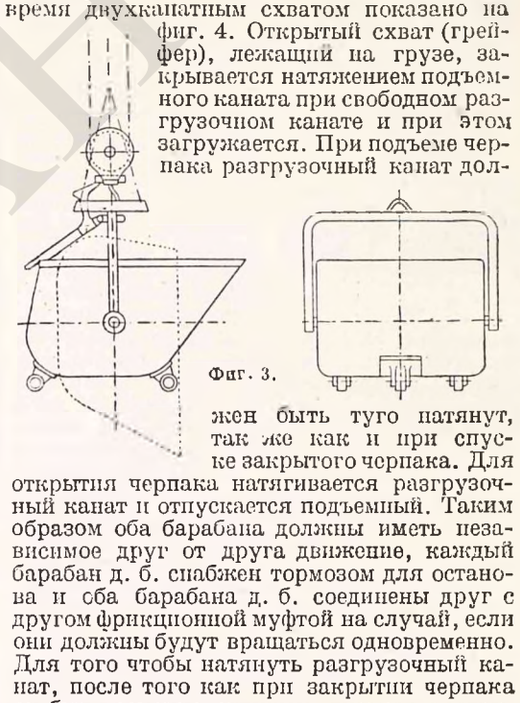
Средства для держания и захвата груза. Простые грузоподъемные крюки с открытым отверстием (см. *Крюки*, фиг. 1) применяются для подвешивания штучного товара весом до 50 m при помощи грузовых канатов и цепей. Для грузов в 50—100 m с целью уменьшения напряжения на изгиб обыкновенно употребляют двойные крюки (см. *Крюки*, фиг. 2). Для обеспечения грузов от соскакивания при первоначальном подъеме крюка и при опрокидывающих движениях часто на простых крюках приделывают над отверстием шпору (см. *Крюки*, фиг. 3). Эта шпора затрудняет соскакивание груза с крюка. Безусловная гарантия против соскакивания достигается при помощи крюков с предохранителями, у к-рых отверстие закрывается затвором, откидываемым рукой. Крюки с предохранителями употребляются в тех случаях, когда грузы поднимаются при помощи подвижного блока, позволяющего поднимать тяжести вдвое больше тех, к-рые соответствуют напряжению подъемного каната. При очень больших грузах (до 300 m) целесообразно употреблять петли с большим числом подвижных блоков (фиг. 1). Подвес петли снабжен большей частью шариковым

подшипником, позволяющим подвешенному грузу вращаться; простые крюки получают подвижность во все стороны б. ч. при помощи шарнирного соединения. Для смягчения ударов при подъеме часто пользуются пружинящей подвеской. Легкие крюки утяжеляют добавочным грузом, для того чтобы в порожнем виде они опускались своим весом—без затраты работы. Лапы для переноса штангового железа, рельсов, бревен и т. п. представляют собой крюкообразно изогнутые большие скобы, применяющиеся обычно попарно. Груз покоится на горизонтальном плече, к-рое может приводиться в наклонное положение от руки или при помощи каната, натягиваемого лебедкой (фиг. 2).


Фиг. 1.

Черпаки, лотки и ковши применяются разнообразных форм для захватывания сыпучих грузов. Черпаки употребляются в элеваторах или землечерпалках. К кранам часто прикрепляют лотки на двух канатах, к-рые можно опускать и поднимать независимо один от другого так, что лоток висит горизонтально, когда несет перемещаемый груз, и м. б. наклонен для выгрузки. Ковши применяются самых разнообразных форм и очень больших размеров для переноски расплавленных металлов. Выгрузка содержимого производится или через отверстие в дне ковша, закрытое пробкой, или при помощи опрокидывания ковша и выливания через край. Ковши изготовляются различно в зависимости от устройства крана и рода груза или в виде опрокидывающихся ковшей, у к-рых ц. т. загруженного ковша лежит выше точки подвеса, так что ковш опрокидывается, лишь только опускается удерживающее приспособление, или в виде раздвижных ковшей, опоражнивающихся вследствие раскрытия обеих половинок, вращающихся на общей оси. Опрокидывающимся ковшам зачастую дают такую конструкцию, что перемещение ц. т. после разгрузки вызывает автоматический возврат ковша в нормальное положение. Ковши для выгрузки руды, угля и т. п. снабжают маленькими колесами для передвижения по складу к месту нагрузки. Спуск удерживающего приспособления выполняется разнообразно, например при помощи кольца, висящего на кране (фиг. 3), или же разобщение происходит при посадке ковша на разгружаемую кучу. Применение раздвижного ковша требует лебедки с двумя барабанами и двумя канатами, с помощью которых ковш м. б. разгружен на любой высоте. Устройство лебедки здесь такое же, как и при работах с двухканатным схватом (см. *Грейфер*). Сочетание такой лебедки с употребляемым чаще всего в настоящее время двухканатным схватом показано на фиг. 4. Открытый схват (грейфер), лежащий на грузе, закрывается натяжением подъемного каната при свободном разгрузочном канате и при этом загружается. При подъеме черпака разгрузочный канат должен быть туго натянут, так же как и при спуске закрытого черпака. Для открытия черпака натягивается разгрузочный канат и отпускается подъемный. Таким образом оба барабана должны иметь независимое друг от друга движение, каждый барабан д. б. снабжен тормозом для останова и оба барабана д. б. соединены друг с другом фрикционной муфтой на случай, если они должны будут вращаться одновременно. Для того чтобы натянуть разгрузочный канат, после того как при закрытии черпака он был временно отпущен, диаметр разгрузочного барабана делают обычно несколько больше диаметра подъемного барабана, так что во фрикционной муфте, находящейся между барабанами, обычно получается небольшое скольжение. Конструкции черпаков (схватов) отличаются большим разнообразием в зависимости от рода груза. При помощи достаточно тяжелых схватов можно взять почти любой штучный груз, тяжелую руду и даже короткий круглый лес. При большом протяжении штабелей груза можно пользоваться опрокидывающимся ковшом (фиг. 3) с более плоской кромкой, к-рая иногда снабжается зубцами. Такой скребок захватывает груз в то время, когда он волочится вдоль штабеля. В последнее время такой способ погрузки применяется и при горизонтальной поверхности груза и при выемке из углубленных лотков при пользовании скребками.

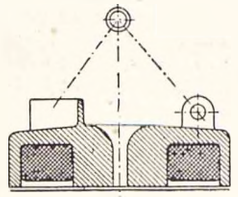

Фиг. 2.


Фиг. 3.

Фиг. 4.

Грузоподъемные электромагниты применяются для погрузки железа в виде лома, свинок, болванок, балок, рельсов и листов. В большинстве случаев они изготовляются в форме горшка (фиг. 5), причем один полюс расположен в центре, а другой по окруж-

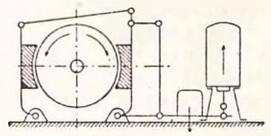
ности железной коробки, в которой лежит катушка, питаемая электрич. током. Нижняя поверхность электромагнита покрыта листом из диамагнитного материала. Силовые линии стремятся итти по кратчайшему пути от полюса к полюсу, сквозь поднимаемое железо и притягивают его. Подъемная сила тем больше, чем лучше силовые линии пронизывают однородную массу железа; поэтому например подъемная сила электромагнита составляет 25 *m* при подъеме болванок и 1,5 *m* при подъеме лома. Обыкновенно коробка электромагнита снабжается ребрами для охлаждения. Иногда устраивается особый вентилятор. Электромагниты м. б. просто подвешены к крановому крюку, но для электрич. провода нужен особый барабан либо иное приспособление для натяжения подвижного провода. Для грузов неправильной формы часто делаются подвижные полюсы. Иногда под электромагнитами приделываются лапы для предохранения груза от падения во время движения крана; для подъема стружек иногда применяют клещи для схватывания, которые при подъеме закрываются и держат груз. Недостаток электромагнитных подъемников заключается в том, что они не гарантируют использование полностью грузоподъемной способности крана при каждом подъеме, и поэтому в последнее время ими пользуются только при подъеме такого груза, к-рый трудно взять другими способами, например при подъеме лома и стружки. При разгрузке железных судов благодаря намагничиванию судовой обшивки может произойти порча магнитного устройства, и в этих случаях пользоваться магнитами можно лишь с большой осторожностью. Расход тока для электромагнита ничтожен и не оказывает большого влияния на стоимость разгрузки.



Фиг. 5.

В последнее время для захватывания и переноса листового стекла с успехом применяют всасывающие резиновые колокола. Кроме того для нек-рых грузов находит применение всасывание и перемещение при помощи водяной и воздушной струй.

Предохранительные приспособления для удержания груза в поднятом положении и регулирования скорости опускания груза. Для этой цели чрезвычайно распространено, в особенности в ручных лебедках, применение храпового колеса, закрепленного на одном из валов лебедки, и одной или нескольких собачек, укрепленных на станине и препятствующих вращению вала в направлении падения груза, пока они не выключены. При подъеме зубцы храповика свободно скользят под собачкой. Собачки во время подъема могут быть подняты во избежание шума от щелкания, для чего обычно ставят соответствующий рычажный механизм, приводимый в действие трением. При помощи тормозных устройств достигается не только удержание груза в поднятом положении, но и регулирование скорости опускания груза. Тормоза делают с колодками или ленточные. Колодочные тормоза имеют одну или две колодки, причем последние с таким расчетом, чтобы давление на тормозной барабан было с обеих сторон одинаковое и т. о. не возникло бы боковое давление на подшипник. Колодочные тормоза действуют при вращении в любом направлении. Сопротивление трения на окружности шкива $U = P\mu$, где P—сила давления колодки на барабан и μ—коэф. трения. Для увеличения трения при железных колодках устраивают клинчатые обода или делают деревянные колодки с обкладкой рабочей поверхности ферродо или другим подобным материалом. Как колодочные, так и ленточные тормоза часто делаются с электрич. питанием т. о., что, пока работает мотор на подъем, электромагнит поднимает тормозной груз и оттормаживает тормоз; если же ток случайно или намеренно прерывается, то тормоз тяжестью груза приводится в действие (фиг. 6). Тормозные электромагниты для постоянного и переменного тока делаются в виде катушек, причем в последнем случае устанавливаются три катушечных электромагнита. Только в случае потребности в большей силе вместо катушек при переменном токе употребляют маленькие электромоторы, стоящие под током после подъема тормозного груза. Катушки изготовляются обычно мощностью в 6—10 *кгм* при подъеме ок. 5 *см*, а тормозные моторы мощностью до 20 *кгм*—при подъеме около 8 *см*. Для ленточных тормозов тормозное усилие на окружности барабана определяется на основании уравнения Эйтельвейна



Фиг. 6.

$$S_1 = S_2 e^{\mu\alpha},$$

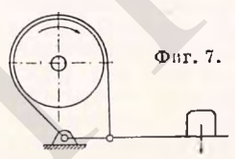
где e—основание натуральных логарифмов, равное 2,7183, и α—угол обхвата ленты в дуговом измерении. Тормозное усилие на окружности барабана

$$U = S_1 - S_2 = S_2(e^{\mu\alpha} - 1).$$

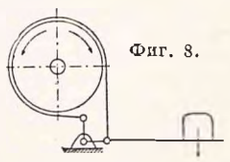
При $\mu = 0.25$ и $\alpha = 0{,}7 \cdot 2\pi$

$$S_1 = 3S_2 \text{ и } U = S_2 = 0{,}67\, S_1.$$

Устройство тормоза б. ч. таково, что натяжение конца ленты производится ничтожным усилием через соответствующую рычажную передачу. На фиг. 7 изображен простой ленточный тормоз. Он приспособлен только для торможения при вращении в одном направлении; при обратном вращении усилие, которое потребно для торможения, должно быть примерно вдвое больше. Устройство, показанное на фиг. 8, приспособлено для торможения при вращении в обе стороны. Можно уменьшить силу, потребную для торможения, при помощи многократно навитых тормозных лент или применением

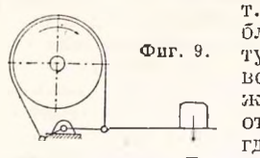


Фиг. 7.

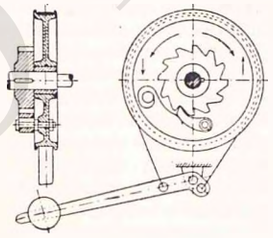


Фиг. 8.

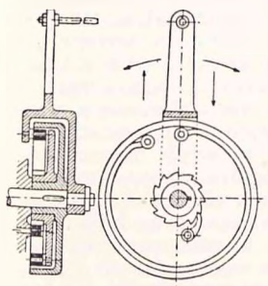
дифференциального тормоза, показанного на фиг. 9. В дифференциальном тормозе натяжение S_1 помогает усилию, необходимому для торможения, к-рое так. обр. теоретически м. б. как угодно мало. Однако практически это возможно только до некоторого предела, т. к. благодаря колеблющемуся коэфициенту трения легко может возникнуть самоторможение: не произойдет отпускания тормоза, когда действие его должно прекратиться. В электромагнитных тормозах, в случае остановки подъемного мотора, груз удерживается в поднятом положении вследствие прекращения тока в электромагните и опускания тормозного груза, но того же результата можно достигнуть и при ленточном тормозе постановкой собачки на тормозном барабане (фиг. 10). Тормозной барабан, свободно сидящий на валу, все время затянут лентой тормоза, пока последняя не будет отпущена поднятием тормозного груза. Движение в направлении подъема груза не стесняется тормозом, обратное же движение невозможно, пока не будет поднят груз тормоза, т. к. при этом собачка упрется в зубья храповика, закрепленного на валу. Особое соединение остановочного механизма с тормозом представляет безопасная рукоятка (фиг. 11), при помощи к-рой груз м. б. удержан на любой высоте и опущен при помощи небольшого поднятия рукоятки, при этом рукоятка не отскакивает и не подвергает опасности рабочих. Груз удерживается с помощью собачки. При подъеме рукоятка, соединенная с храповиком, может свободно вращаться. Гарантия против опускания осуществляется соединенным с рукояткой тормозом с разрезным кольцом. Рукоятка действует одновременно и как тормозная рукоятка при опускании груза.



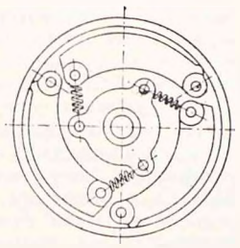
Фиг. 9.



Фиг. 10.

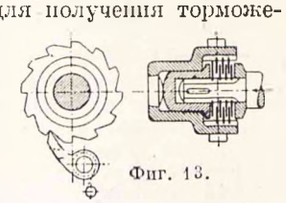


Фиг. 11.



Фиг. 12.

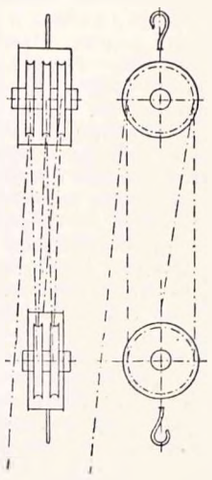
Иногда наряду с обыкновенным тормозом для держания груза (в особенности при безопасной рукоятке) применяют тормоза, ограничивающие скорость опускания груза, б. ч. в виде центробежных тормозов. При превышении определенной скорости вращающиеся вместе с валом привода тормозные колодки центробежной силой прижимаются к тормозному барабану, от к-рого при нормальной скорости они оттягиваются пружинами (фиг. 12). Но при этом тяжелые грузы приобретают бо́льшие скорости, чем легкие грузы. Этот недостаток м. б. устранен только при электрическом управлении, вносящем однако усложнение и потому редко применяемом. В тормозах, действующих давлением груза, для получения торможения против опускания пользуются тяжестью поднимаемого груза. В этом случае тормоз конструируется таким обр., что колесо, вызывающее тормозящее усилие, свободно вращается под собачкой при подъеме груза и задерживается ею при опускании груза, вследствие чего происходит торможение. Такие тормоза часто применяются в соединении с полиспастами; пример такой установки приведен на фиг. 13. Груз поднимается при помощи червяка или зубчатого колеса с косыми зубцами и вызывает продольное давление на ось, на к-рой установлен тормоз, напр. пластинчатый тормоз, диски которого прижимаются друг к другу. При поднимании груза наружный кожух тормоза может вращаться вместе с соединенными с ним дисками, и т. о. не происходит относительного перемещения валов. При опускании же наружный кожух задерживается собачкой и спуск делается возможным только при затрате энергии на преодоление тормозящего действия тормоза.



Фиг. 13.

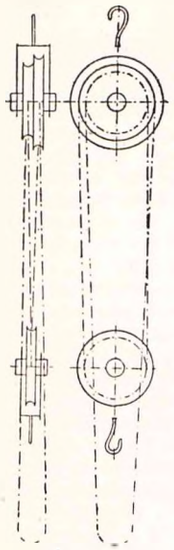
П. м. для разнообразных целей. Подъемные механизмы с простым движением груза. Подъемными механизмами для коротких подъемов являются винтовые домкраты, домкраты с зубчатой рейкой и гидравлич. домкраты (см. *Домкраты*).

Для редко повторяющихся подъемов небольших грузов на большую высоту применяют тали (полиспасты) разных конструкций. В обыкновенных сложных блоках или мультипликаторных талях, состоящих из подвижных и неподвижных блоков (фиг. 14), передача соответствует числу канатов, сокращающихся в длине при подъеме. Т. о. передаточное число, а вместе с ним и поднимаемый груз ограничены. Для ручного привода тали делают часто с пеньковыми канатами. Большую передачу дают дифференциальные полиспасты, напр. Вестона (фиг. 15). Бесконечная цепь вращается таким образом, что когда сбегает конец подъемной цепи с меньшего подвижного блока, то он набегает на больший неподвижный блок; т. к. при этом наматывается больше цепи, чем сбегает, то подвижной блок с грузом поднимается. Так, при 11 зубцах на меньшем цепном блоке и 12 зубцах на большем блоке и при одном простом подвижном блоке передача составляет $2 \cdot 12 = 24$. А т. к. разница между плечами

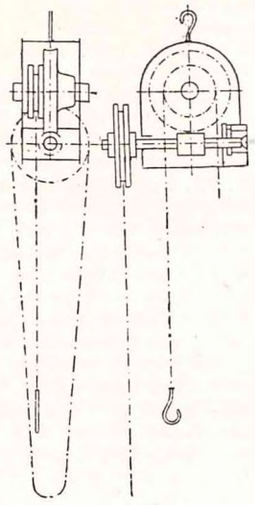


Фиг. 14.

рычага, образуемого радиусами цепных блоков, незначительна, то полиспаст является самотормозящим. Кпд вследствие длины пути цепи очень мал и едва достигает 40%. Так же работают и другие дифференциальные полиспасты. Винтовые полиспасты (фиг. 16), в к-рых б. ч. применяются червяки с двойным ходом, имеют бо́льший кпд, доходящий до 60%, и передаточное число, равное $\frac{z}{n}$, где z—число зубцов червячного колеса и n—число ходов червяка. Кроме того нужно



Фиг. 15.



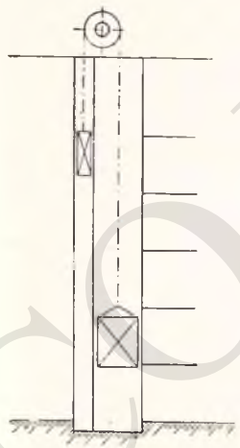
Фиг. 16.

принять в расчет передаточное число от подвижного блока и отношение диаметра тягового колеса к диаметру подъемного цепного колеса. Вызываемое червяком осевое давление используется для функционирования тормоза, действующего под влиянием веса груза. Благодаря этому груз удерживается на любой высоте и требует для спуска ничтожной затраты работы. Полиспасты с передачами цилиндрическими зубчатыми колесами имеют кпд до 80% и поэтому за последнее время пользуются распространением для грузов до 10 m и подъемов около 10 $м$. Для употребляемого при этом тормоза, действующего под давлением груза, передачу на валу тормоза делают с косыми зубцами, так что и здесь, как и в червячных полиспастах, возникает осевое давление. Полиспасты для грузов до 10 m снабжают обыкновенными цепями для подъема грузов, свыше 10 m пользуются цепями Галля, прочность которых больше, но они обладают тем недостатком, что сгибаются только в одной плоскости. Устройством электрического привода от маленького электромотора можно достигать значительно большей скорости, причем обыкновенно пользуются для подъема проволочным тросом, который наматывается на барабан. За последнее время применение таких электрич. подъемников значительно увеличилось. Они отличаются от лебедок только расположением и наличием крюка для подвески или болтов для прикрепления к тележке, передвигающейся по нижней полке двутавровой балки.

Устройство лебедок чрезвычайно разнообразно и определяется их назначением. Станины лебедок изготовляются из сортового железа. Лебедки приводятся в действие по преимуществу электричеством, реже паром, сжатым воздухом, или от привода; в последнее время используют иногда двигатели внутреннего сгорания. Барабаны лебедок б. ч. снабжаются спиральными бороздками, чем значительно увеличивается долговечность канатов. При значительной длине наматываемых канатов, например при перемещении ж.-д. вагонов, когда приходится навивать канат в несколько слоев, употребляют приспособления для направления канатов, для укладки их равными оборотами друг на друга. Направляющие ролики для каната двигаются взад и вперед перед барабаном при помощи винта с передвигающейся гайкой, автоматически меняя направление. Подъемные лебедки для катучих кранов большой мощности имеют в большинстве случаев барабаны с правым и левым винтовыми желобами на разных половинах барабанов, на которые одновременно навиваются оба конца каната. Этим устраняется движение груза вбок при его подъеме. Лебедки подвижных кранов подъемной силы свыше 10 m снабжаются часто вспомогательным подъемным механизмом с особым двигателем для быстрого подъема легких грузов. Скорость работы моторных лебедок может быть зачастую значительно увеличена тем, что опускание производится при выключенном моторе с одновременным торможением со значительно увеличенной скоростью. Подъемный барабан в этом случае при подъеме соединяется с приводом посредством механизма сцепления в виде фрикционного конуса, разрезного кольца или ленточного тормоза. При очень больших длинах навиваемого каната вместо барабанных лебедок употребляют фрикционные лебедки, в к-рых канат после одного или нескольких оборотов вокруг шпиля складывается вручную около лебедки (кабестаны) или обматывается несколько раз вокруг двух расположенных рядом барабанов, переходя с одного на другой, и затем свободно навивается в несколько слоев на вращающийся при помощи фрикционной передачи запасный барабан. Последнее устройство применяют обычно в кранах для больших и тяжелых грузов, для подъема к-рых приходится наматывать длинные канаты из-за большого числа блоков в полиспастах и большой высоты подъемов. В новейшее время и при простых подъемниках часто взамен барабанных лебедок употребляются фрикционные лебедки. В крановых установках часто применяются подвижные лебедки с электрич. приводом; в качестве рельсового пути при этом обычно служит нижняя полка двутавровой балки, к к-рой подвешивается станина лебедки. Такие рельсовые пути могут снабжаться стрелками для перевода лебедок с одних балок на другие. Для возможности соединения неподвижного пути и подвижной фермы рельсовый путь должен итти поверх несущего строения, и лебедка д. б. так подвешена к тележке, движущейся по этому пути, чтобы ц. т. лебедки и груза лежал по вертикали под рельсом. Т. о. различают однорельсовые пути с верхним и нижним движением. Если на пути

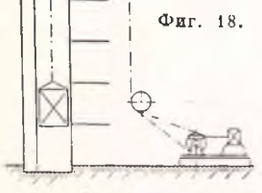
движения нет закруглений, то употребляют два параллельных рельса, по которым движется лебедка с грузом, висящим между рельсами.

Подъемниками называются такие подъемные приспособления, к-рые поднимают груз наклонно или вертикально в одном определенном направлении. Груз при этом обычно передвигается по вертикальным направляющим внутри остова подъемника в шахте или по рельсам, по к-рым поднимается вагон с грузом при наклонных подъемах. В отношении требований безопасности делается основное различие между подъемниками для людей и для грузов. Особые требования предъявляются к рудничным подъемникам, работающим с особенно тяжелыми грузами и большими скоростями. Обыкновенные лифты для жилых и служебных зданий обычно строятся грузоподъемностью примерно до 1 500 $кг$, редко для большей нагрузки. Для грузоподъемности меньше 500 $кг$ при небольшой высоте подъема и редком пользовании часто применяют ручной привод, причем или просто тянут подъемный канат рукой или совершают подъем при помощи тягового колеса через зубчатую передачу. В этих случаях применяется б. ч. фрикционная лебедка; канатный шкив лебедки тянет благодаря трению подъемный канат, на одном конце к-рого находится груз, а на другом—противовес. На фиг. 17 изображена схема обыкновенного подъемника с приводным шкивом. За последнее время и для маленьких подъемников, пользуются электрическим приводом и простой барабанной лебедкой, установленной, как показано на фиг. 18.



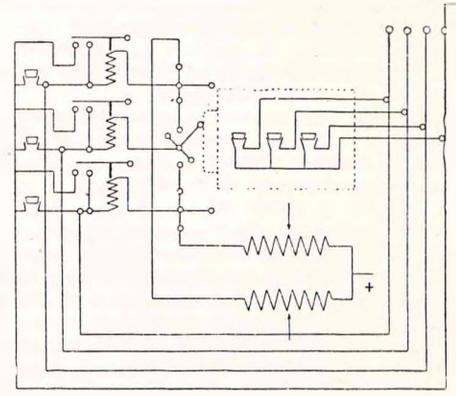
Фиг. 17.

Для электрического привода годится как постоянный, так и переменный ток. При постоянном токе для равномерности числа оборотов применяют исключительно шунтовые моторы. С целью лучшего обеспечения точности остановок по этажам в последнее время обыкновенно наряду с главным мотором пользуются небольшим вспомогательным мотором, включенным в отдельную цепь. После выключения главного мотора вспомогательный мотор медленно доводит груз точно до уровня этажа, после чего выключается. Это же устройство позволяет (в случае порчи главного мотора) путем включения вспомогательного мотора непосредственно из самой кабины довести ее до ближайшего этажа. Подъемники имеют иногда механическое управление при помощи троса или рычажного механизма, но б. ч. электрическое управление посредством рычага внутри кабины или (в современных устройствах) при помощи кнопок. При рычажном управлении в кабине ставится обычный переключатель, связанный кабелем с пусковым приспособлением мотора. Кнопочное управление можно делать одновременно как внутреннее, так и внешнее. Схема показана на фиг. 19. Оно может производиться и из кабины и из любого этажа. Для каждого этажа в кабине и снаружи у двери в каждом этаже установлены кнопки, помощью к-рых м. б. замкнута цепь реле, включающая и выключающая пусковое приспособление мотора, как только будет достигнут желаемый этаж.



Фиг. 18.

В лифтах для людей необходимо иметь не менее двух канатов, натяжение и ослабление к-рых регулируется специальным приспособлением, соединенным с лебедкой. Это приспособление состоит из двух натяжных шкивов на одном рычаге, который в случае



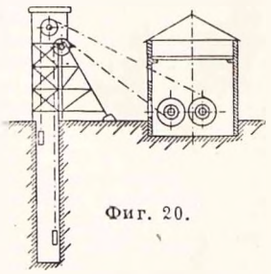
Фиг. 19.

ослабления или разрыва каната останавливает лебедку и приводит в действие электромагнитный тормоз. При достижении подъемником высшего положения лебедка должна автоматически останавливаться при помощи указателя высоты. Указатель высоты делается в виде ходового винта с подвижной гайкой, приводимого в движение от барабана лебедки. Кроме того в целях безопасности в лифтах для подъема людей требуется устройство приспособлений, позволяющих открыть двери в кабине и в этажах только после того, как кабина точно встала перед соответствующей входной дверью, а также допускающих движение кабины лишь тогда, когда все двери плотно закрыты. При проходе кабины мимо этажных дверей двери в кабине остаются запертыми. Контакт, устроенный в полу кабины, или т. н. входной, устраняет возможность управления снаружи, как только в кабину входят. Если указатели высоты не установлены, то ток должен прекращаться в конечных пунктах автоматически конечным выключателем. Падение кабины в случае разрыва каната или его чрезмерного удлинения должно предотвращаться особым предохранительным приспособлением. Действие последнего основано на том, что движение прекращается вследствие трения зажима клинового или эксцентрикового предохранителя по направляющим. При тяжелых подъемниках и

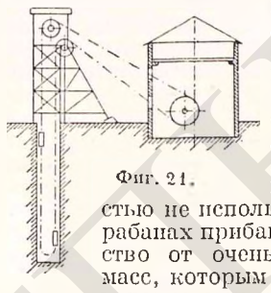
деревянных направляющих пользуются ножевидными предохранителями, которые врезаются в направляющие. При нормальных условиях это предохранительное приспособление оттягивается вследствие натяжения тягового каната; оно приводится в действие, как только напряжение каната уменьшается до определенного размера или совсем исчезает. Кроме того оно начинает действовать при чрезмерном ослаблении каната и при превышении установленного предела скорости движения: это достигается при помощи центробежного регулятора, который задерживает в этих случаях бесконечный вспомогательный канат, движущийся на блоках, установленных внизу и наверху, и связанный с предохранительным приспособлением. Скорость движения лифтов в жилых домах и учреждениях в Европе 1—1,5 *м/сек*, а в США доходит до 3 *м/сек*; за последнее время скорость в Европе несколько возросла в связи с увеличением высоты зданий. При сравнительно небольших тяжестях и скоростях пользуются б. ч. лебедками с червячной передачей вследствие их бесшумного хода, т. к. расход электрического тока в подъемниках не представляет значительного экономич. интереса.

Шахтные подъемники применяются в рудниках для больших глубин и нагрузок до 12 *т*. В соответствии с большой глубиной очень увеличивается и скорость, составляющая 10—20 и даже 30 *м/сек*, т. е. доходящая до скорости быстрейших курьерских поездов. Эти особые обстоятельства вызывают многочисленные отклонения от конструкции обыкновенных подъемников в зданиях. Здесь пользуются всегда одним канатом, так как при больших глубинах, превосходящих 1 000 *м*, два каната могут легко перепутаться. Канаты берут большого диаметра, до 70 *мм*, из проволоки ок. 2—3 *мм*. Для них требуются соответственно большие концевые шкивы и ведущие шкивы и барабаны, диаметры к-рых доходят до 8 *м* и больше. Шахтные подъемники почти без исключения делаются двойными, с двумя клетями, из которых одна поднимается, в то время как другая опускается. Обе клети делают одинакового веса, так что поднимать приходится только полезный груз. Так же поступают и при подъеме грузов в таре по отношению к весу тары. Однако вес неуравновешенной части подъемного каната при больших глубинах часто бывает больше, чем вес клети или тары, так что вес идущей вниз клети с пустой вагонеткой вместе с весом каната в самой низшей точке часто бывает больше, чем вес клети с груженой вагонеткой и относящимся к ней куском каната в ее высшем положении. Это нарушает равновесие между силой тяги и сопротивлением подъему и затрудняет регулирование скорости движения. Поэтому обычно к низу обеих клетей прикрепляется особый нижний канат, имеющий такой же вес, как и подъемный канат. Хотя общий вес поднимаемого каната при этом и делается больше, но зато в каждый момент достигается полное уравновешение грузов, за исключением полезной нагрузки. Большие скорости и большие нагрузки требуют особенно тщательного регулирования движения всех механизмов. Для этого применяются специальные регуляторы движения, к-рые принудительно устанавливают величину силы тяги в приводе и действие тормозов в соответствии с глубиной и скоростью движения. Наряду с этим необходимо устройство предохранительных приспособлений для останавливания клети при падении и двух независимо действующих тормозов: одного — для регулирования движения в обычных условиях и другого—для быстрого останова на случай опасности. Однако действие предохранительных приспособлений не всегда достигает цели при больших грузах и скоростях, поэтому для большей безопасности при перевозке людей допускают лишь половину скорости, допускаемой при перевозке грузов, и снижают максимальное ускорение, доходящее при передвижении грузов до 1,5 *м/сек²*, примерно до половины.

Если подъемник не имеет нижнего каната, то стремятся уравновесить вызываемый весом каната переменный крутящий момент лебедки применением конич. барабанов или же катушек. В обоих этих случаях диаметр барабанов изменяется т. обр., что нижняя клеть с бо́льшим весом каната висит на меньшем диам. барабана, и наоборот— верхняя клеть на большем диаметре (фиг. 20). Катушки употребляют для плоских канатов, которые спирально навиваются на узкий барабан и так. обр. изменяют диаметр барабана. Круглые канаты навиваются на конич. барабаны. Независимость крутящего момента от положения клети в шахте, т. е. от веса подъемного каната, представляющая преимущество этих барабанов, не покрывает их недостатка, состоящего в том, что средняя скорость движения при определенной максимальной скорости составляет лишь около $^3/_4$ этой последней, и поэтому подъемник полностью не используется. В конич. барабанах прибавляется еще неудобство от очень больших маховых масс, которым нужно сообщать ускорение при каждом подъеме. Поэтому в новейших установках конические барабаны применяют редко, а катушки—преимущественно только для шахт. Чаще употребляются подъемники с цилиндрич. барабанами и нижним канатом (фиг. 21). Впрочем нижний канат неприменим, если подъем должен производиться одновременно с различных глубин. В таких случаях во время перерывов в работе барабанам дают относительное вращение и скрепляют их друг с другом в новом положении.



Фиг. 20.

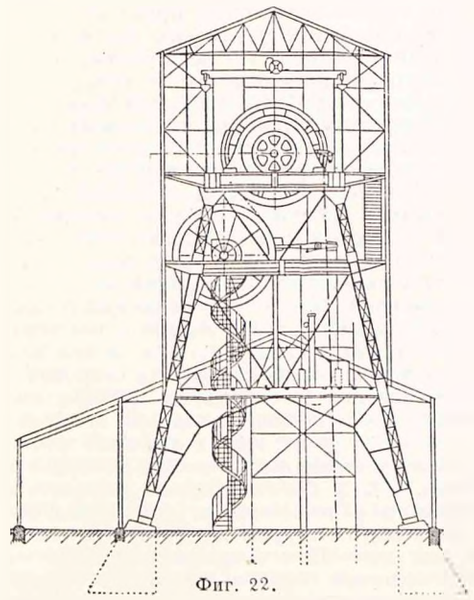


Фиг. 21.

Меньших маховых масс и более дешевого оборудования достигают путем употребления подъемников с ведущим шкивом, у к-рых подъемный канат перекидывается через шкив с обхватом ок. 180° и движется вследствие трения о шкив. Так как при употреблении ведущего шкива канат всегда набегает на

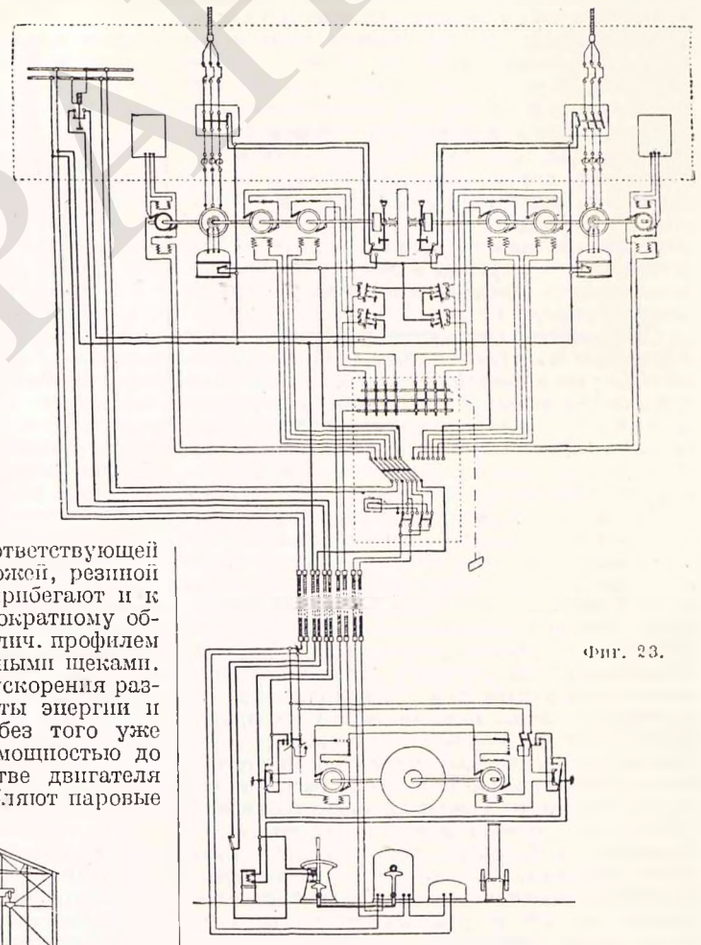
одном и том же месте и не смещается в сторону, как при барабане, то ведущий шкив можно устанавливать непосредственно над шахтой в особой башне. На фиг. 22 приведена схема подъемника с ведущим шкивом. Передаваемое окружное усилие, подобно тому как в ленточных тормозах, определяется отношением напряжений на обоих концах каната по уравнению Эйтельвейна $S_1 : S_2 = e^{\mu\alpha}$. Допустимое окружное усилие $U = S_1 - S_2$. Если напр. $S_1 = 2S_2$, как это б. ч. и бывает, то $U = S_2 = 0{,}5S_1$. Поэтому большое окружное усилие м. б. передано только в том случае, если мертвые грузы велики и вместе с этим располагаемое для полезного груза минимальное натяжение S_2 тоже велико. Следовательно подъемники с ведущим шкивом применимы, вообще говоря, только при значительных глубинах; при небольших же глубинах применяются б. ч. механизмы с барабанами. Для наилучшего использования ведущего шкива при подъеме стремятся увеличивать трение каната соответствующей обкладкой шкива деревом, кожей, резиной и т. п.; в последнее время прибегают и к другим средствам, напр. многократному обхвату канатом шкива с параболич. профилем обода или к приводу с зажимными щеками.

Большие массы и большие ускорения разбега требуют большой затраты энергии и дальнейшего увеличения и без того уже больших приводных машин мощностью до 4 000 HP и больше. В качестве двигателя до сих пор еще часто употребляют паровые



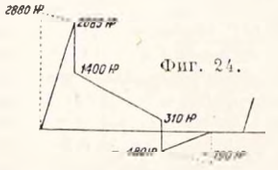
Фиг. 22.

машины типа сдвоенных тендем-машин, с наполнением при нормальном подъеме ок. 25%, а при трогании с места свыше 90%. При электрическом приводе, к-рому часто отдают предпочтение в новых установках, применяется переменный ток с пусковым реостатом, б. ч. в виде жидкостного реостата, или постоянный ток с системой включения Леонарда (фиг. 23), при к-рой регулирование скорости производится особым то-



Фиг. 23.

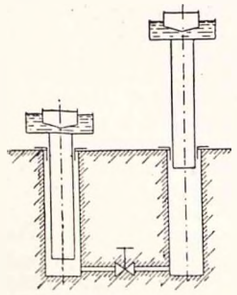
ком переменного напряжения. При моторах переменного тока с пусковым реостатом получается очень большая потеря энергии во время пуска в ход, так как в это время около 50% мощности расходуется на сопротивление. На фиг. 24 показано изменение расхода тока в приводе с переменным током во время работы при барабанной лебедке без нижнего каната. Пунктирная линия указывает особенно значительный расход энергии в период разбега; вследствие этого на центральной станции происходят сильные толчки. Там, где такие явления недопустимы, применяют систему Леонарда, которая работает со значительно меньшей потерей энергии и позволяет почти полностью избежать толчков при помощи махового колеса, соединенного с непрерывно вращающимся генератором тока (так называемая система Ильгнера). Маховое колесо во время кратких



Фиг. 24.

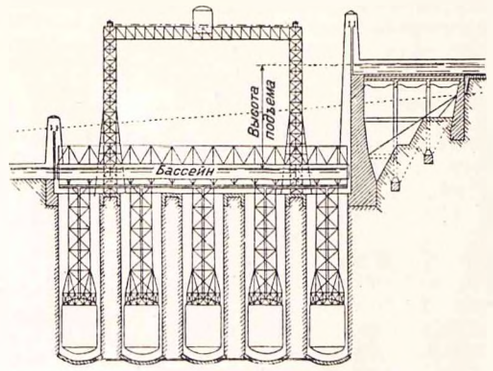
перерывов в работе получает энергию из сети и отдает ее машине во время подъема. Такое более совершенное устройство требует однако бо́льших затрат на установку и потому применяется редко, тем более что с ростом мощности центральных станций уменьшается и их чувствительность к толчкам. Перерывы в работе шахтных подъемников следует делать как можно короче, и для этого при подаче груза в вагонах устраивают механич. вталкивание новых вагонов в клеть с одной стороны с одновременным выталкиванием прибывших вагонов с другой стороны; при перемещении груза в грузоподъемном коробе последний быстро наполняют и после подъема опоражнивают в несколько секунд, открывая устроенные близ дна люки. Однако при добыче угля можно пользоваться коробом только в том случае, если образующаяся при погрузке мелочь не снижает ценности угля.

Подъемники для судов работают еще с бо́льшими нагрузками, чем шахтные подъемники, но с небольшими скоростями. Они служат для подъема с воды небольших судов для ремонта или для передвижения судов в каналах с разными высотами уровня воды—взамен шлюзов. В первом случае пользуются обычно особой тележкой, спускающейся по наклонному рельсовому пути ниже уровня судового днища; судно надвигают на эту тележку и на ней вытаскивают из воды. Подъем судов из одного канала в другой производят обыкновенно при помощи подъемных или передвижных бассейнов. В последнем случае судно входит в бассейн, помещенный на тележке, через подъемные или двустворчатые ворота, находящиеся по концам бассейна. Если бассейн расположен вдоль пути, то возможно двухпутное движение и хорошее выравнивание нагрузки. При поперечном расположении бассейна относительно пути можно скорость движения увеличить вдвое (1 *м/сек*), не вызывая образования в бассейнах волн, препятствующих движению. Такого рода передвижные бассейны имеются для судов грузоподъемностью до 135 *т* при высоте подъема до 23 *м* и проектируются до 600 *т* и 100 *м* подъема. При подъемах не больше 36 *м* предпочитают подъемники с вертикальным движением бассейнов. При этом судно также вводится в бассейн и остается на воде. Вес бассейна и в этом случае обусловливается только высотой уровня воды и не зависит от того, находится ли в бассейне судно или нет, так как при входе судна в бассейн оно вытесняет количество воды, соответствующее его весу. Если вес бассейна будет каким-либо способом уравновешен, то при подъеме придется преодолевать только сопротивление трения. Часто устраивают два бассейна, покоящиеся на двух поршнях, цилиндры к-рых соединены трубопроводом с вентилем для регулирования уровней воды (фиг. 25). В этом случае движение бассейнов



Фиг. 25.

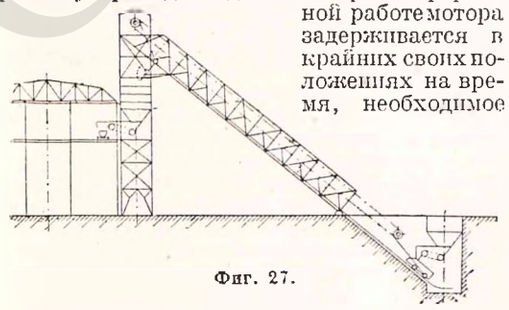
можно получить увеличением веса воды в опускающемся бассейне, а также при помощи механич. привода с ничтожным расходом энергии. Для более длинных судов бассейн поддерживается пятью поплавками, как это напр. сделано на судовом элеваторе в Гейнрихенбурге около Дортмунда (фиг. 26), и



Фиг. 26.

т. о. получается выравнивание нагрузки. Движение производится с помощью ходового винта от электрич. привода. В Нидерфинове на канале Одер—Шпрее строится элеватор для подъема судов в 1 000 *т* на 36 *м* с бассейном, подвешенным на большом числе канатов, огибающих шкивы, которые вращаются с одинаковой скоростью. На свободных концах канатов имеются противовесы для уравновешения. Эксплоатационные расходы судовых элеваторов ничтожны; они определяются главн. образом пристанскими расходами и в общем не превышают расходов по движению по каналу в несколько *км*. Т. о. различие в высоте местности не представляет непреодолимых препятствий для рентабельности судоходства.

Наклонные подъемники применяются там, где по условиям установка вертикальных подъемников вызывает неудобства, наприм. для загрузки доменных печей, вокруг к-рых пространство д. б. свободно для ж.-д. путей, и в тех случаях, когда наклонный путь с движущимися по нему вагонами является более простым решением, чем конструкция вертикального подъемника. В качестве наклонных подъемников нередко применяются наклонно устроенные дороги, напр. канатные или подвесные электрич. дороги, которыми пользуются для засыпки колош в доменные печи. Наклонные подъемники (как и вертикальные) строят обычно с канатными барабанными лебедками, б. ч. в две клети с уравновешиванием тары или с противовесами. Иногда для подъема тяжести пользуются обыкновенной тележкой, движущейся по наклонному пути с зубчатой рейкой. Если наклонные подъемники применяют гл. образом для подачи грузов вниз, то они называются бремсбергами (канатные спуски с тормозом), которые применяются часто в горном деле. При наклонных подъемниках для сыпучих грузов разгрузка наверху подъемника нередко производится след.обр.: передние колеса вагонетки съезжают на отогнутые вниз рельсы, в то время как задние (более широкие) колеса продолжают итти вверх, поднимая задний конец вагонетки, которая разгружается вперед. На фиг. 27 изображена схема такого подъемника. В противоположность ранее описанным подъемникам с лебедками он приводится в движение непрерывно движущимся бесконечным подъемным канатом, к которому посредством штанги шарнирно прикреплена вагонетка. Изменение направления движения вагонетки в верхнем и нижнем концах подъемника производится обводом конца штанги вокруг шкивов. Этот подъемник не только автоматически разгружается вверху, но и автоматически нагружается внизу. Погрузка производится при помощи перегрузочного *конвейера* (см.) из загрузочной воронки. Конвейеры приводятся в действие для каждой погрузки вагонетки, как только последняя подходит к месту погрузки, причем конвейеру дается такая скорость, что вагонетка нагружается 3 *т* груза в течение того времени, пока она меняет свое направление и находится под погрузочной наклонной трубой. Таким обр. подъемник работает как непрерывный транспортер с постоянным обращением и без какого-либо обслуживания. Для надежности, на случай обрыва каната, употребляют два каната, из к-рых каждый в отдельности достаточен для подъема груза. Такое же устройство в основном применяется и для вертикальных подъемников и для подъема и спуска рудничных вагонов, причем благодаря особому устройству привода подъемник при непрерывной работе мотора задерживается в крайних своих положениях на время, необходимое



Фиг. 27.

для автоматич. смены вагонов. Применение наклонных подъемников сравнительно с *элеваторами* (см.) более целесообразно, т. к. сильному изнашиванию (обычному при массовых грузах) подвергается лишь небольшое количество частей и стоимость самого оборудования сравнительно невелика. Поэтому их применение постоянно растет по сравнению с применением элеваторов и транспортных лент, иногда даже для подъема угля. Наклонные подъемники обладают бесспорным преимуществом для крупнокускового материала, в особенности для руды и кокса для загрузки доменных печей. Здесь применяются по преимуществу подъемники с системой разгрузки по фиг. 27, б. ч. в виде двойных подъемников с реверсивными лебедками. В доменных подъемниках в качестве грузоподъемного короба часто пользуются бадьей (см. *Доменное производство*). Большое преимущество засыпки колоши при помощи бадьи с воронкой по сравнению с засыпкой при помощи опрокидывающихся ящиков заключается, во-первых, в том, что груз из бадьи может непосредственно выгружаться в печь без предварительной перегрузки над колошником, и кроме того в

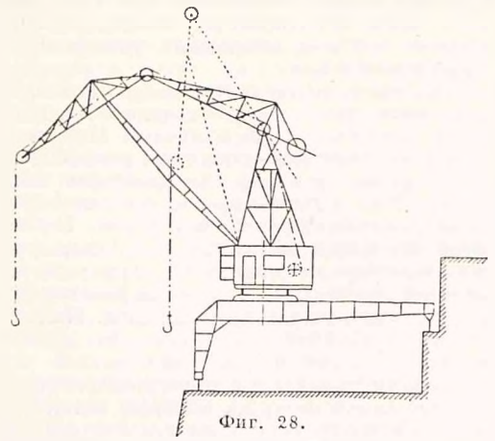
том, что засыпка вполне равномерно распределяется по всему сечению печи, в то время как при опрокидных ящиках большие куски при разгрузке отлетают далеко, и так. образом мелкий материал ложится на одной стороне печи, а грубый—на другой, что влечет неравномерный и прерывистый ход плавки в печи. Этот недостаток м. б. устранен только при помощи специального распределительного приспособления над печью, что опять ведет к лишней перегрузке. Перегрузка является особенно нежелательной для кокса и некоторых руд и ведет к значительным потерям вследствие увеличенного образования пыли.

Наклонные подъемники находят важное применение также для поднятия ж.-д. вагонов по путям с крутым подъемом. Ими часто пользуются при поверхностных разработках бурого угля, где уголь с экскаваторов непосредственно грузится в ж.-д. вагоны грузоподъемностью около 20 *т* и более. Вагоны затем отвозятся паровозом к границе рудника и оттуда вытягиваются кверху по наклонной плоскости. Подъем производится нередко группами в 4—5 вагонов. Подъемник имеет двойной рельсовый путь, уравновешивая т. о. вес пустых вагонов.

Кранами называются такие подъемные сооружения, при помощи которых можно перемещать грузы не только в одном направлении, но последовательно и одновременно в нескольких направлениях. В зависимости от того, совершается ли движение по прямой линии или в соединении с вращательным движением, различают в основном подвижные мостовые краны и разгрузочные мосты, с одной стороны, и поворотные краны—с другой. Однако часто один вид кранов переходит в другой. Кроме того существует много разновидностей, не укладывающихся в эти две группы. Число разнообразных конструкций кранов чрезвычайно велико. Описание основных групп—см. *Краны*. В последнее время часто применяются поворотные краны с поднимающейся укосиной; у них изменение вылета происходит во время подъема, так что груз может двигаться не только по кругу, но и по любой кривой. Благодаря этому на судах возможна установка большего количества кранов близко друг от друга (для ускорения погрузки). В то время как на судне с 4 трюмными люками можно было работать только с 4 кранами старой конструкции, число кранов с поднимающейся укосиной на том же судне м. б. доведено до 8. В большинстве конструкций изменение вылета сделано т. о., что при подъеме укосины груз передвигается горизонтально. Это имеет значение для судов, высоко выступающих над набережной. Важно также во избежание сильного раскачивания груза, чтобы груз при поворотном движении висел как можно ближе к концу укосины. Конструкция, часто применяемая и удовлетворяющая этому требованию, изображена на фиг. 28. Укосина сделана в виде лемнискаты. Конец укосины при подъеме движется приблизительно по горизонтали и груз висит непосредственно под ним. Поворотными кранами с поднимающейся укосиной все больше вытесняются двойные краны (фиг. 29), преследующие ту же цель—скорейшую разгрузку судов. Здесь наряду

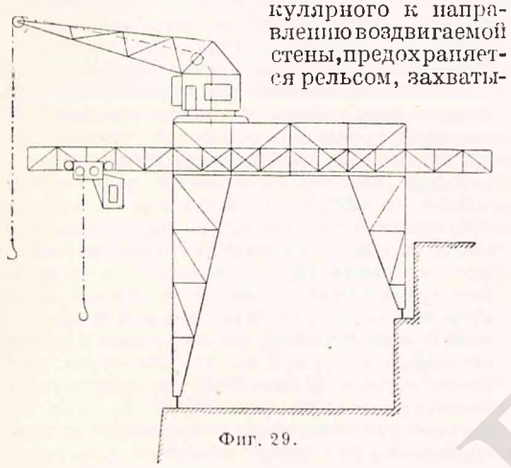
с вращающейся укосиной на том же остове крана имеется выдвижная укосина.

Особые требования предъявляются к работе нек-рых кранов, применяемых в строительном деле. Нередко встречается специальная конструкция поворотных кранов для строительных работ с автоматически вращающейся укосиной; такие краны устанавливаются вверху на лесах постройки (фиг. 30). Поворот укосины производится самим грузом в его высшем положении;



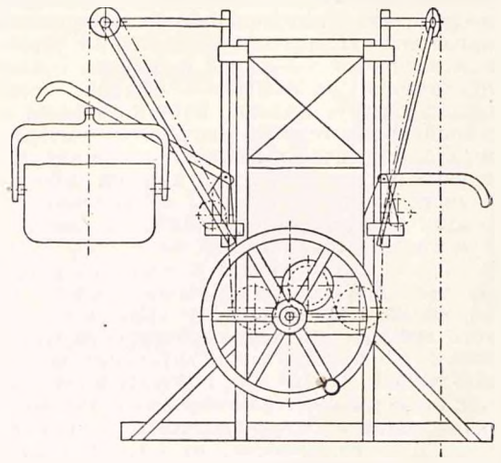
Фиг. 28.

груз поднимает вращающийся рычаг, вызывающий поворотное движение. Специальные передвижные строительные краны (фиг. 31) делают ненужными громоздкие леса на постройках, т. к. они могут принимать и подавать грузы по всему фронту постройки. Кран передвигается по одному нижнему рельсу и против опрокидывания, перпендикулярного к направлению воздвигаемой стены, предохраняется рельсом, захваты-



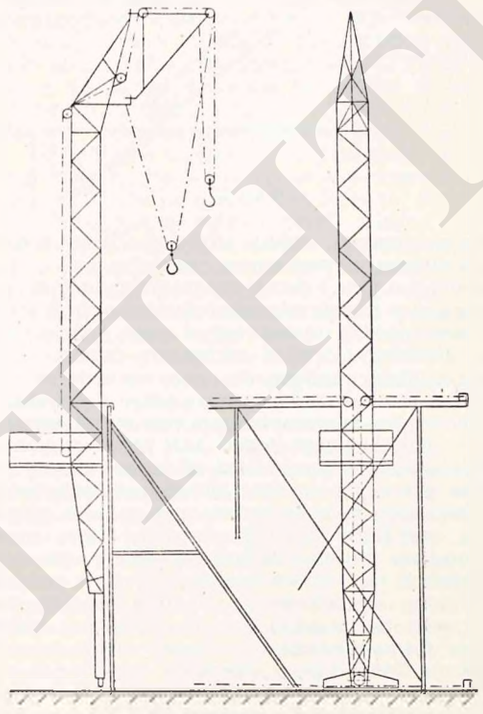
Фиг. 29.

ваясь за него бегунками с вертикальными осями. Боковое опрокидывание крана предотвращается двумя канатами, каждый из которых прикреплен к концу нижнего пути, огибает блок у основания крана, затем второй блок на середине высоты крана, где расположен верхний рельс, и прикрепляется к последнему на другом конце пути. Оба каната туго натянуты и предохраняют кран от опрокидывания в обе стороны. При такой конструкции кран не требует места за пределами фронта постройки и перемещается по однорельсовому пути. При достаточно свободном пространстве около постройки часто применяют для подъема строительных материалов высокие подвижные краны на широкой рельсовой колее с далеко выступающей поворотной укосиной, позволяющей поднимать грузы с улицы и подавать их



Фиг. 30.

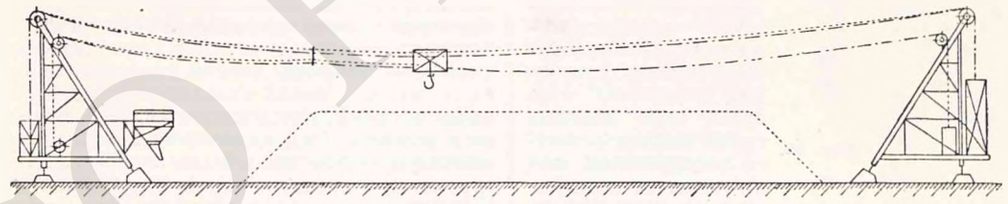
на постройку. Во многих случаях с удобством применяются мачтовые краны, неподвижно устанавливаемые посреди стройки и своей поднимающейся и опускающейся укосиной обслуживающие всю площадь стройки. Такие краны приходится постепенно поднимать по мере возведения постройки, но все же из-за полного отпадения при



Фиг. 31.

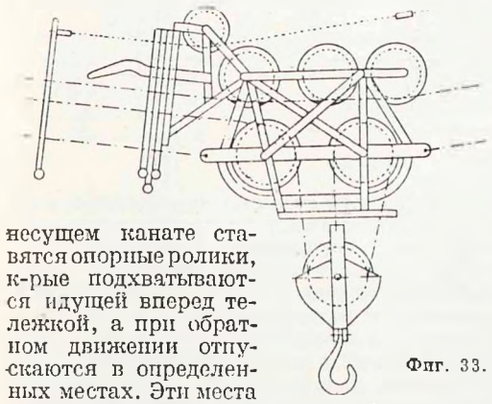
них транспортных работ на месте стройки эти краны во многих случаях оказываются экономичными, несмотря на работы по их сооружению и разборке.

В последнее время в связи с растущим применением бетона все чаще употребляются краны для бетона. Для подъема готового бетона обычно применяется вертикальный подъемник; крановое приспособление нужно для горизонтального движения—для переноса и установки наклонных желобов, в которые выгружается бетон из подъемника и непосредственно подводится ими к месту кладки. Башенные краны с канатным путем также зачастую являются необходимым средством для перемещения материалов на больших постройках. Ими пользуются очень часто и для других целей. Эти краны состоят из неподвижных или движущихся по рельсам башен, между которыми натянуты 1 или 2 несущих каната для движения тележки



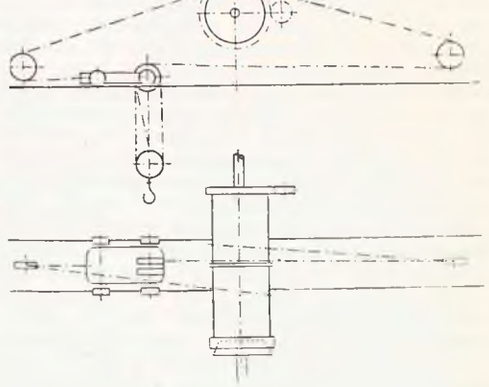
Фиг. 32.

(фиг. 32). Несущие канаты прикрепляются к одной башне и затем перекидываются на другой башне через блоки и натягиваются при помощи грузов. Башня нередко устанавливается на качающейся опоре и с таким уклоном, что сама образует нагрузку для натяжения прикрепленных к ней канатов. К несущим канатам подвешивается подвижная тележка, к которой ведет подъемный канат; иногда канат огибает подвижной блок, к обойме которого прикреплен конец каната, причем получается передача 1 : 3 (фиг. 33). Подъемный канат наматывается на барабан лебедки. Для того чтобы тележка при подъеме груза не откатывалась назад, пользуются двумя тяговыми канатами, передвигаемыми вторым барабаном лебедки. Канаты намотаны на этот барабан т. о., что в то время как один из них навивается на барабан, другой с него сматывается. Во избежание значительного провеса канатов при больших пролетах, достигающих 200 *м*, на



Фиг. 33.

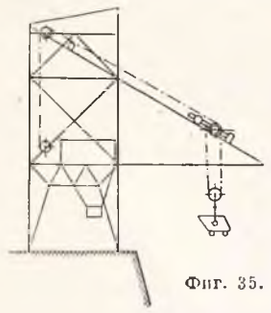
несущем канате ставятся опорные ролики, к-рые подхватываются идущей вперед тележкой, а при обратном движении отпускаются в определенных местах. Эти места определяются узлами на особом узловом канате, натянутом между опорами и притягиваемом особым шкивом тележки к несущему канату. Опорные ролики необходимы только с той стороны тележки, с к-рой тянется подъемный канат, особенно нуждающийся в поддержке, т. к. в противном случае подвижной блок с крюком благодаря провесу длинного каната высоко подтягивается и не может быть спущен. Только что описанная лебедка подобна лебедкам, часто употребляемым в перегрузочных мостах с постоянным рельсовым путем, поднимающим груз в любом месте пути и перемещающим его на любой высоте. В этих мостах достаточно привязать канат для передвижения с одной стороны тележки (фиг. 34), т. к. при горизонтальном пути или с уклоном в одну сторону не происходит внезапного движения тележки, хотя бы подъемный канат и не был натянут. В противоположность этому в кранах с канатным путем тележка д. б. всегда укреплена, если подъемный канат не натянут, т. к. несущий канат вследствие провеса имеет уклоны в обе стороны. Аналогичные лебедки употребляются также у различных



Фиг. 34.

кранов при землечерпалках, а в частности при скребковых транспортерах. Канатные экскаваторы по своей внешней конструкции подобны кранам с канатным путем. Но в них несущий канат обыкновенно м. б. поднят или спущен особой лебедкой, так что при спущенном канате черпак опускается для наполнения до земли. Наполнение производится протаскиванием черпака при помощи тягового каната по земле. После наполнения несущий канат вновь натягивается, и черпак, подвешенный на нем, перемещается тяговым канатом к месту разгрузки и затем после разгрузки вновь возвращается для новой нагрузки. Устройства для захвата и переноса сыпучих грузов, как например земля, руда и пр., чрезвычайно разнообразны по своей конструкции. Описания некоторых из них—см. *Земляные работы* и *Землечерпательные снаряды*.

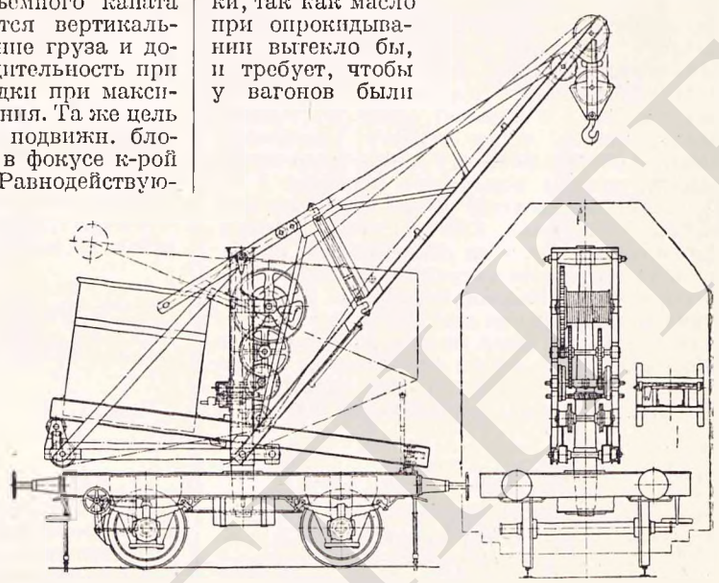
Элеваторами, в противоположность обыкновенным кранам, называют такие подъемные приспособления, к-рые состоят из принудительного соединения движения подъемника с механизмом для бокового передвижения груза. Часто применяется элеватор Гунта с укосиной, наклоненной под углом 30° (фиг. 35). Подъемный канат протягивают от стоящей на остове элеватора лебедки через направляющий блок в верхней части остова, затем через подвижную тележку на



Фиг. 35.

укосине огибает подвижной блок и возвращается к тележке. При таком направлении каната равнодействующая натяжений каната направлена перпендикулярно к пути движения, установленному под углом в 30°. Поэтому при подъеме груза тележка остается неподвижной около упора на укосине, пока груз с подвижным блоком не дойдет до тележки и не захватит ее с собой. Разгрузка производится в разгрузочную воронку, находящуюся в остове элеватора. Конструкция имеет то достоинство, что в ней при простом подтягивании подъемного каната принудительно комбинируется вертикальное и наклонное передвижение груза и достигается большая производительность при помощи одной простой лебедки при максимальной простоте обслуживания. Та же цель достигается без применения подвижн. блока при параболич. укосине, в фокусе к-рой устанавливается лебедка. Равнодействующая сила при этом всегда направлена перпендикулярно к направлению пути по укосине и возможен описанный выше способ работы. Однако такая конструкция применяется в настоящее время довольно редко, так как парабола дает незначительный вылет.

Специальные формы кранов применяются в ж.-д. хозяйстве. Вагонный ж.-д. поворотный кран устанавливается на платформе и м. б. прицеплен к поезду для использования в любом месте пути. Укосина крана делается спускной (фиг. 36) или складной. В виду того что опущенная спускная укосина по своей длине выходит далеко за пределы крановой платформы, необходимо перед последней ставить предохранительный вагон, над к-рым располагается спущенная укосина. При складной укосине в предохранительном вагоне нет надобности. Краны снабжаются противовесами для предохранения от опрокидывания. В кранах большой грузоподъемности для этой же цели применяются боковые упоры. Краны для переноски рельсов употребляются в последнее время для быстрой и дешевой укладки и ремонта рельсовых путей; их строят или в виде поворотных кранов, берущих из вагона рельсы с прикрепленными к ним шпалами и перемещающих их на подготовленное полотно, или в виде передвижных кранов с далеко выступающим спереди и сзади рельсовым путем по направлению длины кранового вагона, так что рельс берется с платформы, находящейся позади крана, перетаскивается через крановый вагон и укладывается на полотно впереди крана. Приспособления для опрокидывания ж.-д. вагонов бывают разнообразных конструкций и применяются для разгрузки ж.-д. вагонов с навалочным грузом. Боковые опрокидыватели применяются тогда, когда вагоны не снабжены дверками спереди и сзади; в этом случае разгрузка возможна лишь через боковые стенки при помощи бокового опрокидывания вагона на угол не менее 90°+50°=140°. Вращающаяся около продольной оси платформа бокового опрокидывателя с одной стороны снабжена опорной доской, расположенной вдоль вагона. Вагон охватывается переставными петлями, прицепляющими его накрепко к рельсам. Опрокидывание производится обычно при помощи каната и лебедки. Выгрузка производится в воронку, расположенную около опрокидывателя. Сравнительно тяжелое и дорогое сооружение для опрокидывания может быть экономичным лишь при большой производительности. Оно годится только для вагонов без жидкой смазки, так как масло при опрокидывании вытекло бы, и требует, чтобы у вагонов были

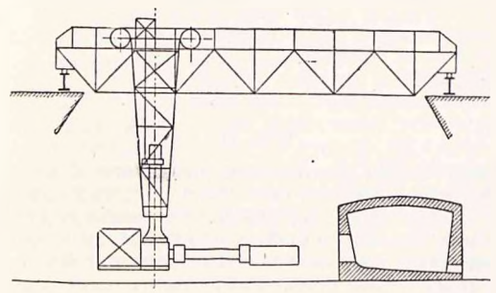


Фиг. 36.

прочные боковые стенки. Следовательно применение опрокидывателя предполагает единообразные, специально приспособленные вагоны. Торцовые опрокидыватели м. б. применяемы к вагонам по крайней мере с одной передней или задней откидной стенкой; расходы по их изготовлению значительно меньше, так же как и по сооружению разгрузочной выемки, размеры к-рой д. б. достаточны для того, чтобы вагон м. б. разгружен через узкую поперечную стенку. Такие опрокидыватели изготовляются разнообразной формы (в виде неподвижных и передвижных конструкций) и м. б. полностью приспособлены к разнообразным местным условиям. К старейшей, но все еще часто применяемой конструкции принадлежит опрокидыватель на платформе, у которого вагон с колесами стоит на платформе и прикреплен к ней обычно при посредстве крюков за переднюю ось. Опрокидыватели изготовляются или гравитационные, действующие силой тяжести, или с механическим приводом. У гравитационных опрокидывателей ц. т. платформы с нагруженным вагоном расположен т. о., что при открытии специальной задвижки вагон под действием силы тяжести опрокидывается и разгружается, затем платформа вследствие изменения положения ц. т. возвращается в прежнее положение. Недостаток конструкции заключается в том, что вследствие неравномерной нагрузки часто требуется дополнительное подталкивание вручную. При механическом приводе платформа поднимается, вращаясь при этом. Описание различных конструкций опрокидывателей см. *Опрокидыватели*.

Сталелитейные краны образуют особую группу кранов, отличающихся отчасти особой формой, но гл. обр. тяжелой конструкцией и большой скоростью работы, т. к. их главная задача—обеспечить надежное и быстрое перемещение, необходимое для обработки горячей стали без подогрева. Для перегрузки употребляемых в мартеновском производстве обрезков железа применяют краны с магнитами. Они служат или только для переноски и перегрузки обрезков или в качестве копровых кранов—для размельчения при помощи падающего груза чугунного лома и чушек. Груз поднимается магнитом и затем падает на чугун, подлежащий размельчению. Эти же краны применяются для разрубания охлажденных, отлитых в песочных формах чушек при помощи зубила, двигающегося вверх и вниз в направляющей раме. Нередко такие краны работают при помощи сжатого воздуха.

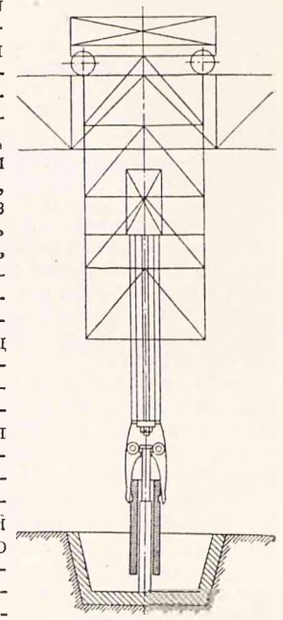
Загрузочные краны служат для загрузки сплавляемого материала в печи, гл. обр. в сименс-мартеновские, причем материал нагружается в лотки, к-рые для выгрузки в печи поворачиваются. Тележка снабжается спущенной вниз жесткой направляющей рамой, в к-рой расположен движущийся вверх и вниз вращающийся стержень. К нижнему



Фиг. 37.

концу стержня приделана с одной стороны платформа для машины и с другой—горизонтальное плечо или коромысло, к к-рому прикрепляется загрузочный лоток (фиг. 37); для разгрузки лотка его поворачивают около продольной оси. Машинная часть состоит обычно из 6—8 двигателей, особых для каждого движения—для движения крана, движения тележки, подъема и спуска, вращения вокруг вертикальной оси и поворота лотка. Нередко кроме того устанавливается особая подвижная лебедка с двумя моторами для особых подъемных работ.

Подобно загрузочным кранам строятся в основном и краны для посадки болванок. Краны со схватами для болванок и краны для вынимания изложниц представляют подвижные мостовые краны, имеющие клещи (схваты), которые приделаны к вертикальной оси, пропущенной через жесткую раму. Ось имеет возможность поворачиваться, подниматься и опускаться. У кранов для вынимания изложниц (фиг. 38) вертикальная ось делается полой, внутрь ее установлен движущийся вверх и вниз стержень для выталкивания вниз из изложницы охлажденной болванки, после того как изложница схвачена щипцами и поднята. К крану пристроено особое приспособление для подъема крышки печи. Вертикальные направляющие для приспособления, поднимающего груз, применяются почти всегда как у загрузочных, так и у литейных кранов для того, чтобы поднятые и передвигаемые литейные ковши не очень сильно раскачивались при большой скорости движения. Кроме того эти краны в большинстве случаев снабжаются вспомогательными подъемными механизмами, при помощи которых литейные ковши схватываются сзади и опрокидываются.



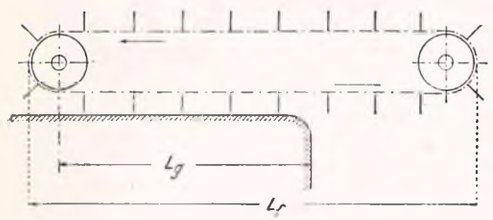
Фиг. 38.

Как бы ни соответствовали описанные выше краны тем или иным рабочим процессам, все же в большинстве случаев их необходимо бывает приспособлять к всевозможным местным особенностям, и поэтому большинство кранов при их изготовлении приходится вновь конструировать, и следовательно серийное, а тем более массовое производство их невозможно.

Транспортеры. Транспортеры характеризуются непрерывностью движения, совершаемого в одном направлении. Поэтому они как правило требуют для своей работы не постоянного обслуживания, а лишь надзора, и вследствие этого по сравнению с подъемниками стоимость их работы меньше. Транспортеры применяются б. ч. для перемещения сыпучих грузов в большинстве случаев в соединении с особыми погрузочными приспособлениями, подающими транспортеру установленное количество груза. Эти приспособления м. б. выполнены также в виде особых транспортеров, и т. о. экономия на обслуживающий персонал не нарушается. Все транспортеры можно разбить на 4 группы по следующим признакам.

а) Транспортер перемещает груз при помощи простого толкания. К этой группе относятся скребковые транспортеры различной конструкции. б) Груз перемещается путем его переноса при помощи транспортера и в месте выгрузки сбрасывается. К этой группе относятся ленточные транспортеры, конвейеры, элеваторы с качающимися ковшами, вертикальные и наклонные элеваторы, вертикальные цепные и канатные дороги, подвесные дороги и канатные подвесные дороги. в) Груз проталкивается транспортером, но одновременно происходит относительное движение груза и двигающего механизма. Сюда относятся транспортные трубы и винтовые и спиральные транспортеры (шнеки). г) Груз перемещается в жолобе благодаря трению, причем относительное перемещение осуществляется при помощи ускорения или замедления движения груза в жолобе в тот момент, когда жолоб останавливается. Сюда относятся механич. и пневматические транспортеры-трясуны. Расход энергии транспортера бывает различный в зависимости от способа его работы, от рода перемещаемого материала и его коэф-та трения. Однако можно установить нек-рые общие правила для определения расхода энергии в каждом отдельном случае.

Скребковые транспортеры состоят из одной или двух бесконечных цепей. Скребки,



Фиг. 39.

соединенные с цепью, захватывают груз и тянут его за собой, пока он не свалится в конце транспортера или же, если груз перемещается по жолобу, пока он не пройдет через отверстие, устроенное в дне жолоба. Длина L_g перемещения груза может т. о. отличаться от длины L_f самого транспортера, как это показано на фиг. 39. Звенья цепи или скользят по направляющим или же, будучи снабжены роликами, передвигаются по рельсам. Перемещение груза требует большей или меньшей затраты работы в зависимости от того, перемещается ли сыпучий груз по поверхности самого себя или по жолобу. Поэтому расход энергии скребковых транспортеров велик и во много раз превосходит расход энергии теми транспортными устройствами, к-рые груз переносят. Для скребкового транспортера, перемещающего ежечасно 36 *т* груза на расстояние 50 *м*, требуется мощность 6—12 HP.

В ленточных транспортерах груз по бесконечной ленте переносится от места его приемки до места разгрузки. При этом место разгрузки может лежать в конце транспортера, как это имеет место у обыкновенных передвижных ленточных транспортеров (фиг. 40); разгрузка может также происходить по желанию в любом месте по пути движения ленты при помощи разгрузочной тележки (сбрасывателя) с двумя роликами, которые огибаются лентой в виде буквы S (фиг. 41). Ленты изготовляются из хлопчатобумажной или пеньковой ткани с пропиткой балатом или из прорезиненной хл.-бум. ткани. Последнего рода ленты применяют наиболее часто вследствие их большей долговечности, а также потому, что эти ленты менее чувствительны к сырости по сравнению с хлопчатобумажными и к жаре по сравнению с лентами, пропитанными балатом, и кроме того при транспортировке грубых материалов мало подвержены внешним повреждениям. Несущей части ленты придается или плоская форма (ленту располагают на обыкновенных роликах) или же вогнутая (жолобообразная) форма, для чего ленту укладывают на двух рядах роликов и оси последних располагают под нек-рым углом друг к другу. Ширина ленты до 2 *м*, скорость движения 1—3 *м/сек*. Максимальная производительность быстроходных широких лент, транспортирующих мусор на поверхностных разработках бурого угля, доходит до 3 000 *т/ч*. Как опорные ролики, так и барабаны на концах б. ч. устанавливают на широких подшипниках; поэтому сопротивление трения, а следовательно и стоимость работы незначительны. При производительности 1 800 *тм/ч* ленточный транспортер расходует только 2 HP против 6—12 HP для скребкового транспортера. Движение ленты осуществляется за счет силы трения ведущего барабана. Для получения нужного окружного усилия д. б. натянута также и не несущая часть ленты. В общем можно считать, что максимальная сила натяжения ленты равна двойному окружному усилию, а наименьшая сила—окружному усилию. Ленточные транспортеры могут работать также и в наклонном положении, однако подъем не д. б. > 22°. Для нагруженной

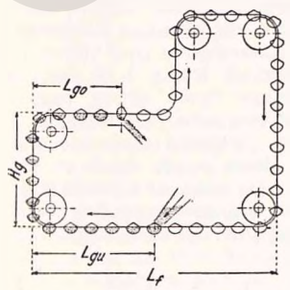


Фиг. 40.

Фиг. 41.

части ленты дают примерно вдвое больше опорных роликов, чем для части, свободной от груза. Для долговечности ленты важно, чтобы перемещаемый груз подавался в надлежащих количествах при помощи погрузочных приспособлений, напр. питающих вальцов и т. п., и притекал к ленте через подающий жолоб со скоростью, равной скорости ленты. Незначительный вес ленточных транспортеров позволяет устанавливать их в легких, подвижных рамах (фиг. 40), к-рые могут перемещаться на двух колесах и служить для подачи грузов в склады, для выгрузки земли из котлованов, для нагрузки ж.-д. вагонов и т. п.

Стальные пластинчатые транспортеры, как и ленточные, перемещают груз при помощи переноса и выгружают его обыкновенно в конце ленты. Приспособления для сброски в промежуточных местах пути на опыте оказались мало пригодными. Пластинчатые (звеньевые) транспортеры б. ч. состоят из цепей, между к-рыми укреплены пластины, несущие груз. Длину пластин берут в зависимости от рода перемещаемого груза до 2 *м* и больше; обычно пластина имеет длину 0,75—1,25 *м*. Передвижение пластинчатой ленты происходит или по неподвижно установленным опорным роликам или чаще опорные ролики прикрепляются к звеньям ведущей цепи, и цепь катится по неподвижно установленным рельсам. Скорость пластинчатых транспортеров значительно меньше ленточных и составляет в среднем 0,1—0,5 *м/сек*. Однако производительность пластинчатых транспортеров вследствие относительно большей нагрузки может быть равна производительности ленточных транспортеров. При хорошем выполнении и целесообразно выбранной конструкции потребная мощность для пластинчатых конвейеров, несмотря на значительно больший вес перемещаемых грузов, не больше, чем для ленточных благодаря ничтожной скорости. Элеваторы с качающимися ковшами (нории) обыкновенно состоят из двух параллельных бесконечных, соединенных между собой шарнирных цепей с подвешенными между ними вращающимися ковшами (фиг. 42). Т. к. ковши подвешены выше их ц. т., то они при любом направлении цепи висят вертикально, и т. о. цепь в зависимости от надобности может перемещаться в горизонтальном, вертикальном или наклонном направлении. При горизонтальном пути цепь передвигается по неподвижным рельсам на опорных роликах, укрепленных в шарнирах цепи. На вертикальном пути цепь висит свободно, но устанавливается так. обр., что в случае обрыва она задерживается при помощи рельсов, поддерживающих ее сбоку, и не может упасть вниз. Нагрузка ковшей может производиться на любом месте горизонтального движения цепи и при известных условиях на вертикальном направлении; разгрузка производится при помощи опрокидывания ковша в любом месте горизонтального движения цепи. Обыкновенно применяются погрузочные приспособления, к-рые отделяют количество материала, соответствующее емкости ковша, и нагружают ковш, одновременно перекрывая промежутки между ковшами. Конструкции с ковшами, подвешенными без промежутков, на практике оказались непригодными. Цепи передвигаются при помощи цепных блоков (звездочек), шаг которых соответствует шагу цепи. При большом шаге цепи зачастую применяются конструкции, к-рые выравнивают неравномерность в скорости движения, вызываемую

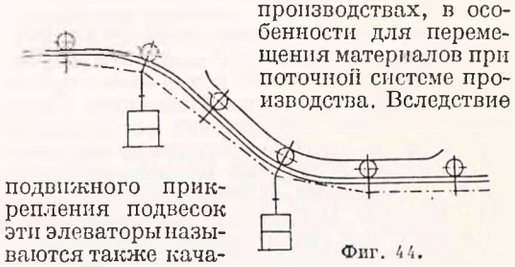


Фиг. 42.

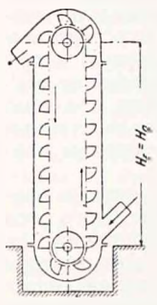
многоугольной формой цепного блока. Со стороны ведомой (наименее натянутой) части цепи обыкновенно устраивают натяжное приспособление, длина перемещения которого позволяет сменить в случае надобности ковш с относящимся к нему звеном цепи. Скорость движения цепи обыкновенно составляет ок. 0,3 *м/сек*. Производительность транспортера с качающимися ковшами обычно составляет 30—50 *т/ч*, но может достигать 200 *т/ч* и выше. Элеваторы с качающимися ковшами имеют движение в одной плоскости, однако их можно сделать с перемещением по всем направлениям, т. ч. они будут описывать как горизонтальные, так и вертикальные кривые, причем цепь, идя снизу в одном положении, может наверху поворачиваться вокруг вертикальной оси на 90°. На фиг. 43 изображено устройство такого движущегося по всем направлениям транспортера с качающимися ковшами. Для перемещения штучного груза часто изготовляют легкие цепи с приделанными к ним подвесками для принятия груза; эти подвески могут вместе с цепью перемещаться по всем направлениям пространства по горизонтальным и вертикальным кривым. Такие цепи часто применяют на кирпичных з-дах, а также в других производствах, в особенности для перемещения материалов при поточной системе производства. Вследствие подвижного прикрепления подвесок эти элеваторы называются также качающимися транспортерами. Фиг. 44 дает изображение качающегося транспортера для перемещения камней и т. п. грузов. Подвески для переноса груза часто конструируются таким обр., что они при своем движении автоматически подхватывают подлежащие перемещению предметы (мешки, бочки и т. п.), т. ч. не требуется никакого обслуживающего персонала ни для погрузки ни для выгрузки, осуществляемой опрокидыванием.



Фиг. 43.



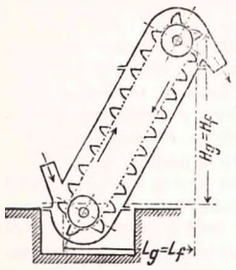
Фиг. 44.



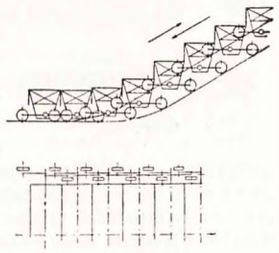
Фиг. 45.

Элеваторами, или нориями с закрепленными ковшами, называют такие транспортные устройства, у которых ковши жестко закреплены к тяговой части и перемещаются в вертикальном направлении, причем они принимают груз внизу и выбрасывают его наверху. Вертикальные элеваторы (фиг. 45) делают или с лентами или с легкими цепями, к к-рым прикрепляют ковши. Скорость движения не менее 0,8 *м/сек*, чтобы хорошо выбрасывать груз наверху. В соответствии с этим вертикальные элеваторы выполняются только с легкими ковшами и употребляются

для таких материалов, как мука, зерно, угольная пыль, угольный орешек и т. п. В этих транспортерах применяются обычно простые кольцевые цепи или шарнирные цепи с короткими звеньями. Обыкновенные цепи доказали свою сравнительно хорошую пригодность для таких грузов, как песок, так как песок не может застревать в звеньях цепи. Поэтому, несмотря на значительное поверхностное давление в звеньях цепи, она меньше изнашивается по сравнению с шарнирной цепью с тщательно сделанными сочленениями, в которых задерживается попавший туда песок, вызывающий сильный износ. Вертикальные элеваторы должны непременно работать с погрузочным приспособлением, если только не транспортируется груз очень легкий (напр. зерно), через к-рый



Фиг. 46.

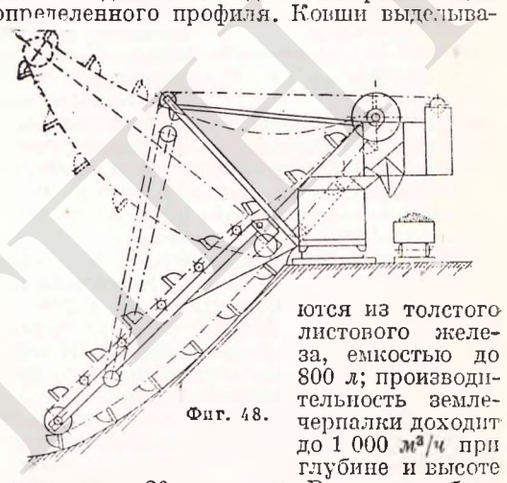


Фиг. 47.

ковши м. б. протащены и при большей скорости движения. Для тяжелых материалов пользуются наклонными элеваторами (фиг. 46). Эти элеваторы могут двигаться медленно, т. к. груз в верхнем конце может просто вываливаться из ковша. Наклонные элеваторы работают обыкновенно со скоростью 0,3 *м/сек*. В качестве тяговой части часто употребляют 2 тяжелых плосковенных цепи с откованными ушками для прикрепления ковшей. Наклонные элеваторы могут черпать и при сравнительно тяжелом материале (без погрузочного приспособления), только необходимо заботиться о том, чтобы груз во время перерывов в работе не затвердевал и оставался постоянно рыхлым. Однако и здесь с пользой применяют погрузочные приспособления. Цепь на наклонном пути или тянется по направляющим рельсам или же опирается на несколько роликов. Наклон у наклонных элеваторов достигает 60° и более. При отлогих наклонах целесообразнее применять стальные пластинчатые транспортеры, дающие непрерывную опору перемещаемому грузу; соскальзывание груза предотвращается поперечными прямыми или фасонными планками. Такие наклонные пластинчатые транспортеры с успехом применяют при уклонах до 45°.

Кроме описанных выше транспортных приспособлений для перемещения всякого рода сыпучих грузов изготовляют в большом количестве ленточные и цепные трансспортеры и элеваторы для специальных целей, напр. для пассажиров. Тип пассажирского транспортера представляют собой лестничные подъемники. Подвижные ступеньки лестницы тянутся шарнирной цепью (фиг. 47) и представляют собой маленькие тележки, каждая пара колес к-рых катится по рельсам т. о., что сохраняется форма лестницы. В верхней и нижней частях рельсы имеют такую форму, что ступеньки здесь переходят в плоскую платформу, на к-рую легко можно взойти в нижней части лестницы и к-рая наверху уходит под планку. Скорость движения лестниц составляет около 0,5 *м/сек*. Скорость перемещения может быть увеличена собственным движением пассажиров по движущейся лестнице лишь в том случае, если на лестнице находится немного пассажиров. Ленточные пассажирские транспортеры и лестничные подъемники служат исключительно для подъема пассажиров, а следовательно требуют устройства особой лестницы для схода вниз.

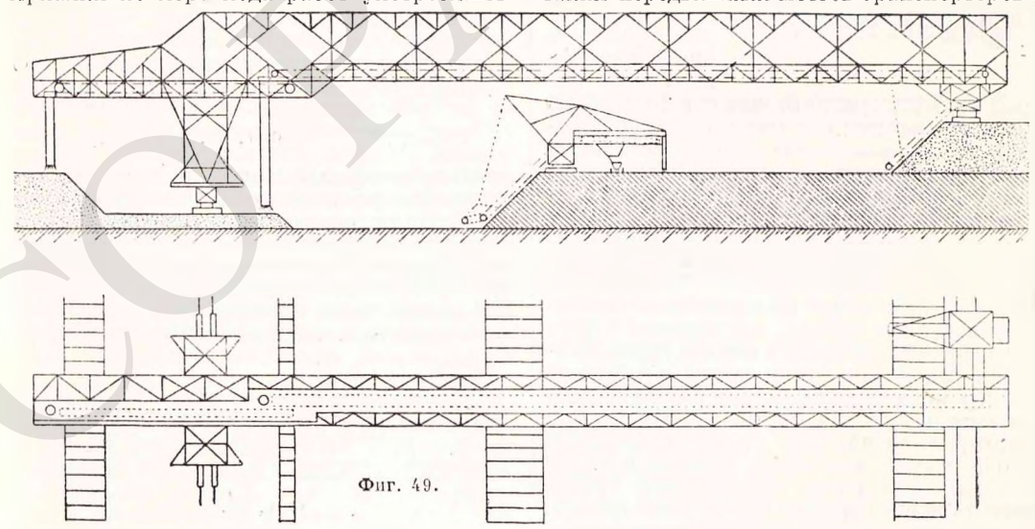
Землечерпательные машины также представляют собой особые виды элеваторов. Форма обычного наклонного элеватора полностью сохраняется как в пловучих землечерпательных машинах, так и в землечерпательных машинах для сухих работ, причем ковши двигаются на нижнем обводе снизу вверх, наполняются внизу грузом и выбрасывают его наверху за верхний обвод. В пловучих землечерпалках ковши делают закрытыми, в землечерпалках для сухих работ их редко делают закрытыми, т. к. груз легко удерживается в ковше. Эти землечерпалки могут применяться как для работ по верху котлована, так и для работ со дна котлована в зависимости от того, как расположить направляющие цепи. В обоих случаях они черпают перемещаемый груз — гравий, песок, бурый уголь и т. п.,—причем ковши, двигающиеся снизу вверх, на нижней части цепи соскребывают и тащат перед собой материал, поднимают его по станине землечерпалки наверх над жолобом и при переходе через верхний ведущий шкив или цепной барабан выбрасывают груз через задние крышки ковшей. У цепного барабана м. б. укреплен нож для лучшего выкидывания груза из ковшей. Цепь м. б. сделана или свободно висящей, как показано на фиг. 48, или же двигаться вдоль направляющих определенного профиля. Ковши выделываются из толстого листового железа, емкостью до 800 *л*; производительность землечерпалки доходит до 1 000 *м³/ч* при глубине и высоте черпания до 20 *м* и выше. Во время работы землечерпалок они медленно передвигаются по рельсам вперед. Извлекаемый землечерпалкой материал перегружают через жолоб в вагоны стоящего поезда. Остов землечерпалки часто делают в виде козел так, что вагоны могут передвигаться под землечерпалкой. Иногда изготовляют также поворотные землечерпалки, у которых верхняя



Фиг. 48.

часть вместе с бесконечною цепью может вращаться около вертикальной оси подобно поворотному крану; таким образом цепь с ковшами можно на одной стороне рельсового пути использовать для черпания со дна, а по другой стороне с поверхности котлована. Землечерпалка работает от электрического или парового привода. Цепи делают из пластин полосового железа со сменными буксами. Для предотвращения защемления цепи и поломки отдельных частей обыкновенно включают между зубчатой передачей привода и цепным барабаном муфту сцепления. Для самостоятельного перемещения землечерпалки по мере хода работ употребляют машины для перекладки путей, как соединенные с землечерпалкой, так и действующие в виде отдельных машин. Эти машины охватывают конец проложенных на широких шпалах рельсов и отводят их вбок т. о., что рельсовый путь при каждом ходе машины отводится на 10—20 *см* в сторону. Обыкновенно перестановка рельсового пути производится при приподнятых рельсах, чтобы не пришлось преодолевать добавочного сопротивления трения почвы. Особый вид представляют собой землечерпалки с лопастным колесом; лопастное колесо диаметром 2—3 *м* вращаясь захватывает при помощи прикрепленных к нему ковшей материал, поднимает его кверху и здесь благодаря соответствующей форме ковшей выбрасывает его сбоку на ленточный транспортер, передающий его дальше. Для выравнивания вычерпанных и сваленных в местах выгрузки материалов применяются машины, подобные землечерпалкам. Их делают в виде обыкновенных землечерпалок, к-рые забирают сброшенный по бокам пути груз, перегружают его на ленту, при помощи к-рой груз м. б. перемещен к откосу, находящемуся в отдалении; эти транспортеры иногда имеют вид обыкновенных скребковых транспортеров, к-рые подбирают вычерпанный материал и тащат его по земле к откосу.

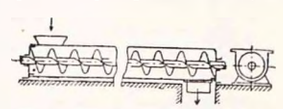
Мостовые транспортеры для перемещения поверхностных пород, которые применяются при поверхностных разработках бурого угля (фиг. 49), представляют собой особую комбинацию землечерпалки с ленточным транспортером. Мостовые транспортеры двигаются вдоль разработки, берут снятый экскаватором слой породы и при помощи ленточных транспортеров перемещают его к лежащим против разработок отвалам, где груз сбрасывается. Такие мостовые транспортеры отличаются громадной производительностью, подавая в час до 3 000 *т* материала на ленточные транспортеры; при этом очень часто приходится преодолевать большие расстояния и значительные высоты подъема, т. к. толщина слоев, подлежащих выработке, бывает больше 30 *м* и длина подачи на разработке доходит до 300 *м*. Вес таких передвижных мостов-транспортеров в



Фиг. 49.

нек-рых случаях доходит до 4 000 *т* и более; движение их производится по рельсовым путям, к-рые частью кладут на насыпанном грунте и постепенно сдвигают при помощи машины для перекладки путей. На фиг. 49 изображен тип мостового транспортера, который в большом количестве применяют уже в течение многих лет. К рассмотренной группе непрерывно действующих транспортеров относятся также непрерывно двигающиеся цепные и канатные дороги, к-рые рассматриваются ниже.

В качестве образца винтовых транспортеров (шнек, Архимедов винт) укажем на транспортер, схематически изображенный на фиг. 50. Здесь транспортирующим элементом является винтообразное тело, вращающееся вокруг оси винтовой поверхности; при таком способе транспортирования происходит не только большая затрата работы на продвижение груза вдоль жолоба, как это имеет место у скребковых транспортеров,

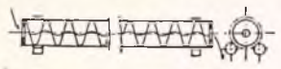


Фиг. 50.

но сверх того расходуется работа на преодоление сопротивления трения в жолобе между вращающимся винтом (червяком) и грузом. Поэтому винтовые транспортеры годятся только для сравнительно коротких подач, но в то же время имеют то преимущество, что все транспортное устройство заключено в закрытый жолоб. Для взятого нами примера производительности в 1 800 *т/м*

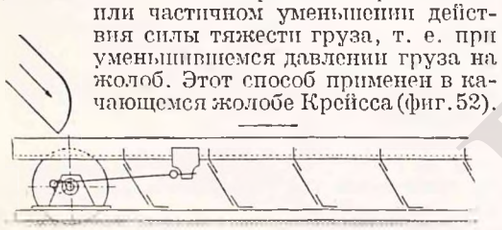
в час расход работы винтового транспортера составляет около 18 HP против 6—12 HP для скребкового и 2 HP для ленточного транспортера. Конструкция винтовых транспортеров зависит от рода груза и назначения транспорта. Винты делают с полной винтовой поверхностью из листового железа, из полосового железа или наконец поверхность делается из отдельных кусков полосового железа. Последний способ применяется гл. обр. у винтовых транспортеров, имеющих назначение смешивать перемещаемый груз.

Транспортные трубы (фиг. 51) работают в основном так же, как и винтовые транспортеры. Они состоят из круглой трубы, к внутренней поверхности которой прикреплена винтовая поверхность из листового железа; вал отсутствует. Перемещение груза происходит вследствие вращения трубы на опорных роликах. В связи с тем, что здесь не бывает защемления и груз перемещается беспрепятственно, расход энергии в трубах несколько меньше, чем в шнеках. Область применения транспортных труб ограничена вследствие того, что нагрузка и разгрузка в них может производиться только в определенных местах, где сделаны в трубах отверстия для входа и выхода груза. Второй их недостаток заключается в слишком быстром продвижении груза по трубе, что является неподходящим для многих грузов. Поэтому транспортные трубы применяют гл. обр. только для зерна, цемента и т. п., т. к. для этих работ транспортные трубы имеют то преимущество, что не дают пыли и что в них нет никаких движущихся частей.



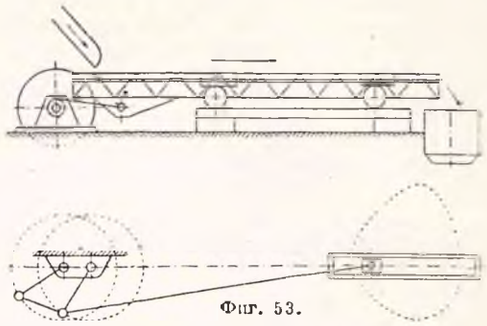
Фиг. 51.

Транспортные желоба с колебательными движениями, которые называются также трясунами, изготовляют самых разнообразных конструкций; все они построены на том принципе, что груз, находящийся в открытом жолобе, при движении жолоба вперед получает такое ускорение, что продолжает продвигаться вперед вдоль жолоба и в то время, когда жолоб получает обратное движение. В нек-рых конструкциях продвижение груза поддерживается тем, что груз с жолобом при движении последнего вперед несколько приподнимается, т. ч. обратное движение жолоба совершается при полном или частичном уменьшении действия силы тяжести груза, т. е. при уменьшившемся давлении груза на жолоб. Этот способ применен в качающемся жолобе Крейсса (фиг. 52).



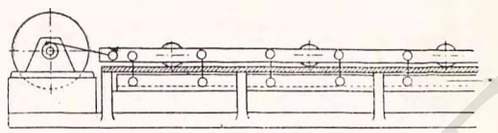
Фиг. 52.

Жолоб лежит на наклонных буковых рессорах. Движение жолоба осуществляется с помощью кривошипа и шатуна; при своем движении вперед жолоб несколько приподнимается, а при обратном движении опускается, так что груз при обратном движении жолоба остается до известной степени во взвешенном состоянии и продолжает двигаться вперед, не встречая большого сопротивления. Такое явление происходит лишь при большом числе ходов жолоба, примерно ок. 250 в минуту, и при коротком ходе. При каждом ходе жолоба приходится поднимать груз, поэтому транспортный жолоб применим лишь для небольшой производительности и для небольших расстояний. Вследствие



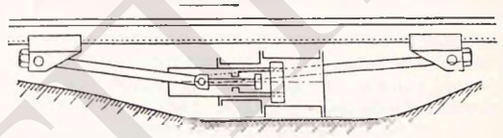
Фиг. 53.

этого транспортные желоба б. ч. применяют только как распределительные желоба или в тех случаях, когда с перемещением материала должно быть связано его просевание, так как вследствие подъема и опускания жолоба материал не забивает отверстия в сите. В большей части конструкций, в особенности в трясунах, часто применяемых в горно-



Фиг. 54.

заводском производстве для транспортирования груза в местах разработки, жолоб или подвешивают на цепях или двигают на роликах по полу. Ускоренное движение жолоба вперед и быстрое движение назад производятся или обыкновенным кривошипным механизмом с коротким шатуном или же особыми приводами, напр. ведомым кривошипом (фиг. 53, жолоб Маркуса). Жолоб м. б. также прикреплен к системе рычагов, двигающейся взад и вперед при помощи



Фиг. 55.

простого кривошипа. Качаясь на рычагах, жолоб движется ускоренно вперед и в конце движения быстро останавливается посредством пневматич. буфера. Фиг. 54 изображает такой трясун. В горном деле движение жолоба производится б. ч. особым поршневым пневматич. двигателем (фиг. 55). Ускоренное движение поршня вперед в конце хода быстро прекращается при помощи противодавления, после чего происходит быстрое обратное движение поршня. Большим преимуществом трясунов является простота конструкции — жолоб м. б. удлинен или укорочен прибавлением или съемом отдельных звеньев. Однако расход энергии в трясунах сравнительно высок, что отчасти вызывается скользящим движением груза в жолобе, но в большей степени является результатом затраты работы при каждом ходе на ускорение движения жолоба с грузом. Эта затрата не может быть возвращена вполне при остановке. Принцип работы трясунов препятствует их применению для подъема грузов. Наклон трясуна кверху может доходить только до нескольких градусов; в то же время производительность желобов сильно увеличивается при незначительном их уклоне.

Винтовые спуски представляют собой неподвижные желоба с такими уклонами, что груз может в них скользить под влиянием собственного веса. Они конструируются таким образом, что груз несмотря на действие центробежной силы без задержки и равномерно скользит вниз. Винтовые спуски являются хорошим транспортным средством на складах для сыпучих тел, мешков, ящиков в тех случаях, когда поднятый на наибольшую высоту груз в процессе работы постепенно спускается с этажа в этаж.

Роликовые дорожки состоят из роликов, уложенных в подшипниках. Дорожка ставится с таким уклоном, что груз скатывается по ней без постороннего воздействия, или же ролики вращаются приводом, перемещая груз. При соответствующем расположении роликов груз может перемещаться криволинейно. В качестве чисто транспортного приспособления роликовые дорожки годятся только для штучных грузов. Для сыпучих грузов их применяют в качестве просевающих приспособлений, т. н. рольных решеток, с эксцентрично поставленными роликами в форме кулачков.

Основные правила расчета непрерывнодействующих транспортеров. Главнейшие размеры непрерывнодействующих транспортеров и расход энергии могут быть рассчитаны след. обр.: γ — уд. вес перемещаемого груза в $т/м^3$; Q_g — вес перемещаемого груза, приходящийся на 1 $м$ длины транспортера в $кг$; L_g — длина пути перемещения груза в $м$; μ_g — коэф. трения перемещаемого груза; Q_f — вес транспортера в $кг$, отнесенный к 1 $м$ длины пути; L_f — длина пути подачи транспортера в $м$; μ_f — коэф. трения транспортера; H_g — высота подъема груза в $м$; H_f — высота транспортера в $м$; v — скорость движения транспортера в $м/сек$; $\eta_д$ — кпд передачи от привода; $\mu_и$ — коэф. трения ведущего шкива привода, соответствующий давлению на него транспортера; M — число $т$, перемещаемых в 1 час; i — число грузовых ковшей, перемещаемых в 1 час; B — емкость ковша в $л$; a — расстояние между ковшами в $м$; Z — максимальная сила тяги тягового органа транспортера в $кг$ при средней его производительности; N — потребная мощность в HP. Для расчета мощности мотора и размеров тягового органа нужно иметь в виду, что при определении средней производительности транспортера, учитывая неравномерное наполнение, можно принять коэф. наполнения равным $^2/_3$, т. е. для расчета мощности нужно вместо B брать величину $B' = 1{,}5B$. На основании простых соображений м. б. выведены следующие ф-лы. При данном M (число $т$, перемещаемых в 1 час) и i (число грузовых ковшей)

$$B = \frac{1\,000\,M}{i \cdot \gamma}. \qquad (1)$$

Т. к. $i \cdot a = 3\,600v$ или $i = \frac{3\,600 \cdot v}{a}$, то, если M дано и выбраны величины для a и v,

$$B = \frac{M \cdot a}{3{,}6v \cdot \gamma}. \qquad (2)$$

Если при данном M принять определенные значения для B и v, то

$$a = \frac{3{,}6 \cdot B \cdot v \cdot \gamma}{M}; \qquad (3)$$

если заданы величины B и a, то

$$v = \frac{a \cdot M}{3{,}6 \cdot B \cdot \gamma}. \qquad (4)$$

Далее

$$Q_g = \frac{M}{3{,}6v}. \qquad (5)$$

Для расчета Z и N можно вывести следующие ф-лы: для горизонтального перемещения (фиг. 39):

$$Z = Q_g \cdot L_g \cdot \mu_g + Q_f \cdot L_f \cdot \mu_f, \qquad (6)$$

$$N = \frac{v}{75\eta_д}\left(\frac{M}{3{,}6v} \cdot L_g \cdot \mu_g + Q_f \cdot L_f \cdot \mu_f\right)(1+\mu_и); \qquad (7)$$

для вертикального перемещения согласно примеру, указанному на фиг. 45:

$$Z = Q_g \cdot H_g + \tfrac{1}{2} Q_f \cdot H_f, \qquad (8)$$

$$N = \frac{v}{75\eta_д}\left[Q_g \cdot H_g + (Q_g \cdot H_g + Q_f \cdot H_f)\mu_и\right]. \qquad (9)$$

Для перемещения по смешанному направлению согласно примеру, данному на фиг. 42, нужно сложить ур-ия (6) и (8) и соответственно (7) и (9).

Таким образом

$$Z = Q_g(H_g + L_g \cdot \mu_g) + Q_f\left(\tfrac{1}{2}H_f + L_f \cdot \mu_f\right), \qquad (10)$$

$$N = \frac{v}{75\eta_д}\left[\left(\frac{M}{3{,}6v} \cdot (H_g + L_g \cdot \mu_g) + Q_f \cdot L_f \cdot \mu_f\right)(1 + \mu_и) + Q_f \cdot H_f \cdot \mu_и\right]. \qquad (11)$$

При применении ф-л (10) и (11) для наклонного перемещения (фиг. 46) расчет ведут для неблагоприятного случая, заменяя перемещение по диагонали перемещением по сторонам прямого угла; получающаяся при этом ошибка настолько практически мала, что этими ф-лами можно вполне пользоваться и для случаев наклонной подачи. Эти формулы следовательно применимы для всех транспортных устройств, к-рые действуют при помощи тягового органа, получающего движение от привода, находящегося с ним в зацеплении, где следовательно не требуется увеличения натяжения в тяговом органе. Поэтому приведенные выше формулы силы тяги и мощности прежде всего приложимы к расчету скребковых цепных транспортеров, цепных транспортеров с ковшами, а также к расчету цепных дорог, у которых цепь приводится в движение путем зацепления с цепным блоком, а не вследствие силы трения цепи по поверхности шкива. Выведенные ф-лы применимы также для расчета тех ленточных наклонных транспортеров, у к-рых при обычных скоростях и соответствующих значениях Q_g и Q_f сила трения на верхнем ведущем шкиве является достаточной для приведения ленты в движение без добавочного натяжения ленты, и т. о. не требуется особого натяжного приспособления. Для движения ленточных транспортеров, изображенных на фиг. 41, оказывается

необходимым давать ленте предварительное натяжение с тем, чтобы вызвать силу трения на окружности шкива, необходимую для приведения ленты в движение. Для определения потребной в этом случае силы натяжения достаточно приближенно принять, что окружное усилие S_1 на ободе ведущего шкива равно удвоенной силе натяжения сбегающего конца ленты. Поэтому размеры ленты должны быть выбраны из соображения действующей на нее силы:

$$Z_1 = 2Z = 2Q_q \cdot L_q \cdot \mu_q + 2Q_f \cdot L_f \cdot \mu_f. \quad (12)$$

Сила, действующая на ось ведущего шкива, в этом случае равна $3Z$. Силу давления на ось ведомого шкива, служащего также в качестве натяжного шкива, можно приближенно считать равной $2Z$. Суммарная сила, определяющая трение в подшипниках обоих шкивов, составляет $5Z$, в то время как при движении, осуществляемом за счет зацепления, эта сила равна Z. Поэтому расход энергии в этом случае будет определяться по формуле:

$$N = \frac{v}{75\eta_A}\left(\frac{M}{3{,}6v} \cdot L_g \cdot \mu_q + Q_f \cdot L_f \cdot \mu_f\right)(1 + 5\mu_u). \quad (13)$$

Подобным же образом с учетом потребного напряжения в тяговых цепях и канатах рассчитывается потребная мощность для цепных и канатных дорог. Несколько иные соотношения дают винтовые транспортеры (фиг. 50) и транспортные трубы (фиг. 51), так как помимо продольного движения в транспортере груз перемещается также относительно винтовой поверхности винта. Если обозначить для винтового транспортера коэф. трения груза в жолобе через μ_{gr} и коэф. трения груза по винтовой поверхности через μ_{gs}, то прежде всего можно определить мощность, затрачиваемую на движение груза в жолобе; она равна $Q_g \cdot L_g \cdot v \cdot \mu_{gr}$. При длине пути груза, равной шагу S винта, путь, совершенный точкой, лежащей на окружности винта, будет равен $D \cdot \pi$, где D— диаметр винта. При обычном коэфициенте наполнения можно принять, что путь, совершенный в относительном движении ц. т. перемещаемого груза, будет равен $^3/_4$ этой величины, и следовательно затраченная мощность N_s на перемещение груза по винтовой поверхности будет

$$N_s = Q_g \cdot L_g \cdot \mu_{gr} \cdot v \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{D \cdot \pi}{S} \cdot \mu_{gs}.$$

К этой мощности д. б. прибавлена мощность N_r, идущая на преодоление трения в подшипниках винта,

$$N_r = Q_f \cdot L_f \cdot \frac{D \cdot \pi}{S} \cdot v \cdot \mu_a,$$

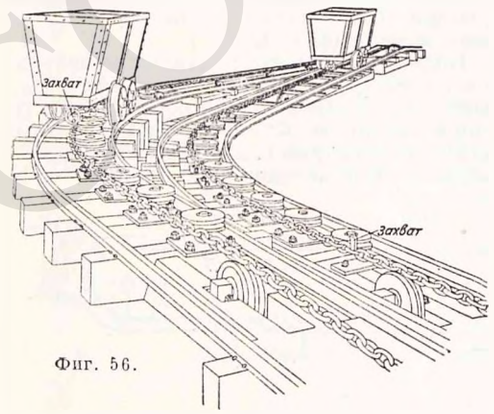
где μ_a—коэф. трения в подшипнике, отнесенный к окружности винта. Наконец нужно учесть потери от силы трения от относительного продольного и бокового сдвига груза. Эти потери определяются умножением двух первых величин на μ_u, где μ_u — коэф. трения опор, принимающих на себя нагрузки от этих сдвигов. Т. о. потребная для работы винтового транспортера мощность будет

$$N = \frac{v}{75\eta_A}\left[\frac{M}{3{,}6v}\left(L_q \cdot \mu_{gr} + L_g \cdot \mu_{gr} \cdot \mu_{gs} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{D \cdot \pi}{S}\right) \cdot (1 + \mu_u) + Q_f \cdot L_f \cdot \frac{D \cdot \pi}{S} \mu_a\right]. \quad (14)$$

Эти ф-лы позволяют вычислить затрату мощности в каждом элементе рабочего процесса. Само собой разумеется, что эти ф-лы дают только приблизительные цифры по той причине, что обусловливающие величину работы коэф-ты трения имеют различное значение в зависимости от свойств перемещаемого груза, качества машин и надзора за ними, а также потому, что эти формулы не учитывают различных побочных моментов, например защемления груза при его передвижении. Тем не менее, как показывает опыт, эти обстоятельства не оказывают сильного влияния на правильность полученного расчетом результата.

Дороги-транспортеры. В последующем дается описание только таких дорожных сооружений, к-рые служат для перемещения груза на короткие расстояния, и совершенно не имеется в виду транспорт на дальние расстояния, как ж. д. или грузовые автомобили. К непрерывным транспортерам, описанным в предыдущем разделе, тесно примыкают надземные и подвесные дороги с приводом от цепи или каната, двигающихся по замкнутой кривой. Эти дороги отличаются от обыкновенных непрерывнодействующих транспортеров только тем, что отдельные вагоны м. б. отделены от непрерывно двигающегося тягового устройства. Однако для расчета их имеют силу те же самые основные положения, т. к. вагоны во время работы распределены сравнительно равномерно по всей длине дороги. В зависимости от средства для передачи движения различают цепные и канатные дороги; в зависимости от конструкции рельсового пути и вагонов—надземные и подвесные дороги. Последние в свою очередь делятся на висячие дороги, у к-рых рельсы неподвижно укреплены на подмостях, и на канатные подвесные дороги, у к-рых путь для движения вагонов состоит из натянутого каната. Цепные дороги обычно делают в виде надземных дорог; ширина колеи у них б. ч. 500 — 800 *мм*. Как правило применяются обыкновенные цепи, приводящиеся в движение или ведущим шкивом в виде звездочки или же фрикционным ведущим шкивом, подобно тому как это делается у дорог с тяговыми канатами. Наиболее простой и чаще всего применяемой конструкцией цепной дороги является цепная дорога с верхней цепью. В ней вагоны двигаются под цепью, которая их тянет, ложась в клинообразный вырез насадки, сделанной на вагонах. На концах пути цепь высоко приподнимается и отделяется от вагона, при опускании цепи вагоны сцепляются с ней. Вагоны около конечных станций передвигаются вручную. Расстояние между идущими друг за другом вагонами устанавливают такой длины, чтобы цепь между вагонами свободно висела, не касаясь рельсов или земли. При значительном расстоянии между вагонами или при свободном пути цепь опирается на обыкновенные опорные шкивы, установленные между рельсами. Если верхняя цепь представляет неудобства в эксплоатации или вагоны приходится продвигать по путям со многими искривлениями, то употребляется цепная дорога с нижнею цепью (фиг. 56). Цепь, направляемая по требующимся кривым линиям, снабжена пальцами, к-рые захватывают вагоны и передвигают их на определенное расстояние. По концам дороги

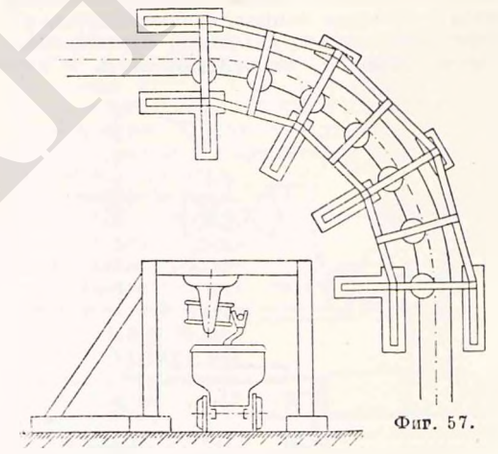
цепь при помощи шкивов с горизонтальной осью направляется вниз и охватывает ведущее ее цепное колесо. Такая цепная передача часто употребляется на установках в горном деле в соединении с дорогой, имеющей достаточный уклон для движения вагончиков под влиянием тяжести. Вагоны по наклонному пути подкатываются к цепной дороге, подхватываются цепью и отвозятся к более высокому месту дороги, откуда скатываются далее по уклону дороги без всякого обслуживания. Во избежание ударов вагонов, подходящих с большой скоростью, о захваты (пальцы) цепи, эти захваты устраивают т. о., что при быстром движении вагонов вперед они откидываются и пропускают над собою вагоны, подхватывая их тогда, когда скорость вагона делается меньше скорости движения цепи. Если цепная дорога, работающая описанным выше образом, расположена на прямой линии, то вместо обыкновенной цепи часто употребляется плоская цепь с сохранением в других частях прежнего устройства. Для коротких дистанций

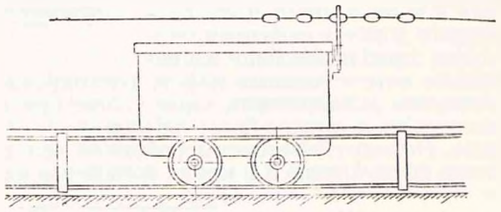


Фиг. 56.

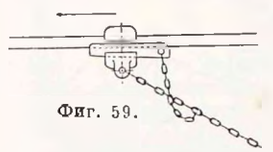
с многочисленными закруглениями и стрелками пользуются цепными дорогами с верхнею цепью, снабженной крючками; эти дороги работают в основном так же, как дороги с обыкновенной нижнею цепью, с тою только разницей, что цепь со своими направляющими расположена над вагонами и что цепные захваты сцепляются с верхней частью вагона, причем ведут их дальше т. о., что вагоны м. б. на любой стрелке от них отцеплены. Цепные дороги обыкновенно делают для вагонов грузоподъемностью ок. 1 *т* со скоростью движения 1—1,5 *м/сек*; для дорог с обыкновенною верхнею цепью скорость доходит до 3 *м/сек*. Имея в виду необходимость наполнять порожние вагоны в установленных местах пути, можно между ними установить такое расстояние, при котором производительность цепной дороги составит около 300 *т/ч*. Для получения большей производительности требуется применение приспособления для автоматич. наполнения вагонов, описанного ниже для канатных дорог.

Устройство пути и вагонов надземных дорог с канатным приводом в основном такое, как на цепных дорогах. Тягу для движения вагонов осуществляют или с помощью верхнего каната, лежащего над верхней кромкой вагона, или с помощью нижнего каната, расположенного между рельсами. В первом случае соединение каната с вагонами производится: 1) при помощи эксцентрично расположенных вильчатых захватов,в которые вкладывается канат и с которыми он сцепляется вследствие защемления при повороте вильчатых захватов под действием тяги каната по направлению движения (фиг. 57); 2) посредством сделанных на канате узлов или вставленных звеньев цепи, к-рые вкладываются в неподвижные вильчатые захваты вагона (фиг. 58), и 3) при помощи захватывающего замка самых разнообразных конструкций, одна из к-рых дана на фиг. 59. Захватывающие замки употребляются б. ч. тогда, когда приходится проводить по путям значительное число соединенных между собой вагонов. Хорошее само по себе соединение при помощи вращающегося вильчатого захвата имеет тот недостаток, что при нем вагон может легко отцепиться от каната, если при случайных уклонах пути он начнет опережать канат.

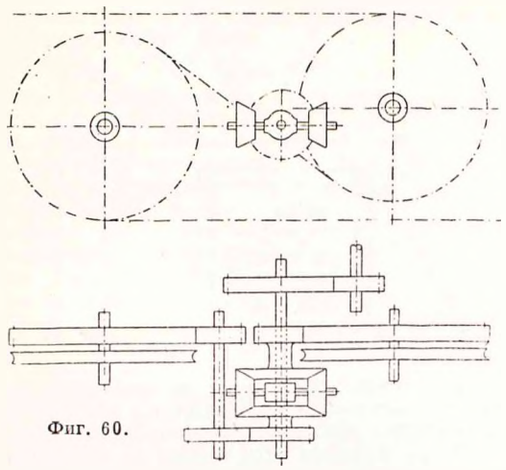

Фиг. 57.


Фиг. 58.

Разъединение вагона от каната, нужное в конце дороги перед концевым направляющим канат шкивом, происходит вследствие устроенного здесь уклона пути и одновременного поднятия каната. В пути тяговый канат поддерживается опорными роликами, к-рые устроены таким обр., что вагоны с захватывающими приспособлениями обходят их. Канатный привод имеет значительное преимущество перед цепным, которое заключается в том, что вес каната значительно меньше веса цепи, но в то же время имеет тот недостаток, что сцепка каната с вагоном не так проста и надежна и поэтому

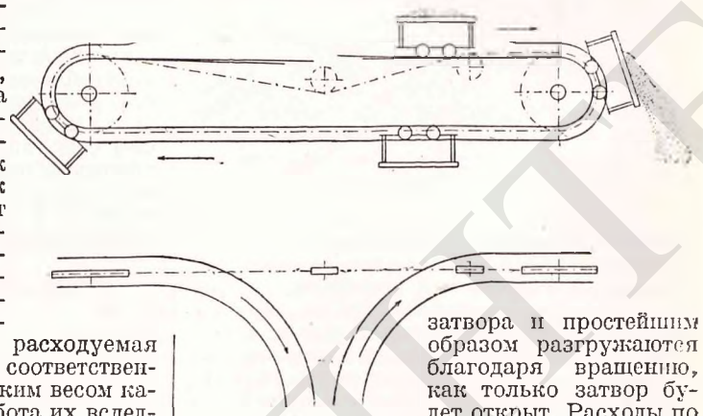

Фиг. 59.

они легче могут произвольно разъединяться. На закруглениях, к-рые делаются меньшей кривизны, канаты направляются многочисленными маленькими роликами, так же как у цепных дорог. Однако употребляются и большие направляющие шкивы, и в этом случае в закруглениях, образованных этими шкивами, устраивают путь в виде

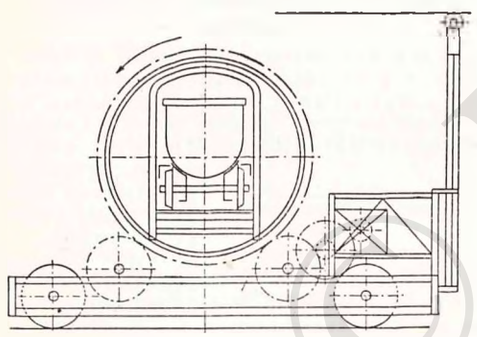


Фиг. 60.

поворотного круга, к-рый поворачивается при проходе вагона, или в виде простой неподвижной железной плиты, по которой вагон катится на ребордах колес. Для увеличения угла обхвата ведущего шкива устанавливают два ведущих шкива, которые расположены друг за другом, и приводят их в движение одним и тем же приводом, но через диференциал, как это изображено на фиг. 60, так что оба ведущих шкива будут вращаться под действием одинаковой силы. Скорость движения и производительность надземных дорог с канатным приводом приблизительно одинаковые, как и цепных дорог; расходуемая мощность для канатных дорог соответственно меньше в связи с более легким весом каната. Но, с другой стороны, работа их вследствие более сложной и кроме того менее надежной сцепки не так проста, как у цепных дорог. Как на тех, так и на других дорогах можно пользоваться вагонами с шарнирными дверками, так называемыми саморазгружающимися вагонами, к-рые могут разгружаться во время движения. Обыкновенно вагоны делают с простыми ящиками, разгружаемыми при помощи неподвижно установленных или передвижных вращающихся люлек (опрокидывателей). Эти люльки представляют собой согнутые в виде круга направляющие, вращающиеся на роликах (фиг. 61), устроенные на рельсовом пути с таким расчетом, что въезжающие в них вагоны могут быть повернуты вокруг своей продольной оси почти без перемещения ц. т. В то же время эти люльки имеют такое устройство, что подъезжающие вагоны в них вдвигаются и из них выталкиваются, и вращение их происходит автоматически, т. ч. разгрузка происходит непрерывно без какого бы то ни было обслуживания рабочей силой. Другой способ автоматич. разгрузки вагонов заключается в том, что на пути устраиваются направляющие закругления по кривой, лежащей в вертикальной плоскости, по к-рым автоматически передвигаются вагоны, причем идущие книзу нагруженные вагоны тянут вперед пустые вагоны, идущие наверх (фиг. 62).



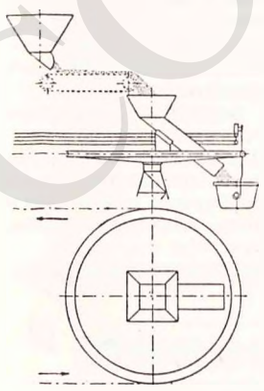
Фиг. 62.



Фиг. 61.

Подвесные дороги с канатным приводом имеют то преимущество, что в них рельсовый путь не загрязняется перевозимым грузом и вагоны м. б. снабжены поворотными ковшами, которые поддерживаются в вертикальном направлении при помощи особого затвора и простейшим образом разгружаются благодаря вращению, как только затвор будет открыт. Расходы по сооружению путей, расположенных на некоторой высоте над поверхностью земли, несколько выше расходов на устройство обычных рельсовых путей по поверхности земли. Сцепка на подвесных дорогах производится при помощи особых аппаратов, установленных на каждом вагоне, к-рые посредством упоров или других приспособлений, устроенных на канате, м. б. защемлены или отпущены. Проводка вагонов на закруглениях пути происходит так же, как и на надземных дорогах, или при помощи большого числа маленьких роликов или при помощи нескольких больших шкивов, которые в этом случае делают диам. не менее 4 *м* для обеспечения безопасности движения вагонов на закругленных подвешенных путях. Движение каната осуществляется в основных чертах так же, как и на надземных дорогах, с той только разницей, что обыкновенно шкивы располагают на вертикальных осях.

В качестве поддерживающего каната, по которому совершается движение, применяется стальной канат спиральной свивки (см. *Канатное производство*). Расстояние между опорами в канатных подвесных (воздушных) дорогах доходит до 1 500 *м*. Поддерживающий (несущий) канат подвешивается к опорам на вращающихся опорных подушках во избежание сильного перегиба каната около опор. Нагрузка и разгрузка вагонов обыкновенно происходят на остановках при отцепленных вагонах, однако же они могут производиться и в пути посредством особого приспособления на несущем канате. Подвесные дороги отличаются тем удобством, что они не зависят от профиля местности и могут проходить над зданиями, фабричными дворами, дорогами и пр., причем для предохранения от возможного падения грузов и вагонов делают предохранительные сетки. Производительность дорог при скорости ок. 2,5 *м/сек* доходит до 250 *т/ч*, если нагрузку отцепленных вагонов производят вручную. Эта производительность м. б. доведена до 1 000 *т/ч* посредством автоматич. наполнения вагонов при быстром их следовании друг за другом (фиг. 63).

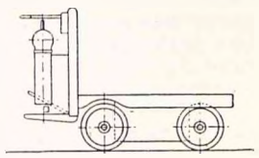


Фиг. 63.

Особый вид канатных подвесных дорог представляют собой одноканатные дороги, к-рые применяются реже, чем описанные выше двухканатные дороги. В одноканатных дорогах несущий канат служит одновременно и тяговым канатом. Вагоны просто подвешиваются к канату и только на станциях передвигаются на особых роликах по неподвижным рельсам. Канат вместе с вагонами движется по роликам, установленным на опорах. Приведение каната в движение и устройство станций здесь в основных чертах такое же, как и у двухканатных дорог. Тяговый канат, служащий одновременно и поддерживающим канатом, подвержен большому износу и д. б. толще, чем тяговый канат у двухканатной дороги.

При транспортировании грузов по рельсовым путям при помощи разных локомотивов вагоны перемещают целыми поездами. В остальном нет большой разницы в отношении как рельсового пути, так и вагонов по сравнению с надземными дорогами с цепными или канатными приводами. Б. ч. для движения применяют паровозы, но за последнее время увеличивается пользование электровозами с электрич. проводами или аккумуляторами; иногда применяют локомотивы, действующие сжатым воздухом, или локомотивы без топки с аккумулятором пара, дающим движение на определенной длине. Наконец в зависимости от целей и местных условий применяют также локомотивы с двигателями внутреннего сгорания. Дороги с локомотивным движением стоят дешевле, чем дороги цепные и канатные, но они требуют ровной местности и м. б. устроены при небольших сравнительно уклонах. Детали сооружения дорог не зависят от конструкции локомотивов и в основных чертах сходны с обыкновенными ж.-д. путями.

По улицам и дворам заводов часто применяют транспортирование грузов по безрельсовым путям, т. к. этот способ транспорта легко приспособляется к меняющимся потребностям. В качестве двигателя пользуются трактором с двигателем внутреннего сгорания. О предпочтительности безрельсового или рельсового движения можно судить лишь на основании учета всех местных условий. Внутри заводских помещений получает все большее распространение безрельсовый транспорт при помощи тележек с платформами, преимущественно электрокаров. Платформы делают низкой конструкции на сплошных или дутых резиновых шинах, с поворотом или одной пары или обеих пар колес, с местом для водителя (фиг. 64). Для специальных целей делают тележки с приспособлениями для подъема наподобие кранов или подъемников или делают подъемную платформу, которую можно подвести под деревянную раму на ножках, для того чтобы ее поднять и транспортировать. Таким способом пользуются часто при применении подъемных платформ, передвигаемых вручную (фиг. 65). Подъем платформы производится разными способами, часто посредством поднятия и опускания дышла, служащего для передвижения тележки. Конструкции тележек, изготовляемых для самых разнообразных целей, чрезвычайно многочисленны.



Фиг. 64.

Транспортирование при помощи водяной или воздушной струи. Перемещение груза в водяной струе применяется в *землесосах* (см.). Кроме того подача материала посредством водяной струи применяется в горном деле при засыпке пустот, образовавшихся вследствие выработки угля; водяная струя вымывает из куч песок и подводит его по трубопроводам к месту выработки.



Фиг. 65.

Далее водяной струей пользуются для выгрузки некоторых сыпучих материалов, напр. сахарной свеклы из ж.-д. вагонов; в этом случае одновременно происходит очистка свеклы от приставшего к ней песку. Свободно текущей водой по сточному жолобу пользуются для подачи свеклы со складов. В соединении с жолобом применяют на сахарных з-дах для подъема свеклы пневматич. *насосы* (см.). Такие же и аналогичные конструкции употребляются для подъема ила и т. п. Кпд этих приспособлений сравнительно низок, так как вместе с грузом приходится поднимать значительные массы воды. Однако

при коротких периодах их работы, напр. на сахарных заводах, эти транспортеры достаточно экономичны. Расходы по их сооружению и эксплоатации ничтожны. Перемещение грузов в воздушной струе при помощи всасывания или нагнетания производится подобно тому, как и в водяной струе, но это возможно лишь в закрытых трубах. Пневматич. транспортные устройства часто применяют для выгрузки зерновых продуктов. Зерно всасывается вместе с воздухом через сопло, которое просто опускается в зерно; воздух входит между всасывающей трубой и наружным кожухом; при переходе из кожуха в трубу воздух пронизывает на коротком пути зерно и захватывает его. Для разных сортов перемещаемого груза, в том числе и зерна, кожух устанавливается то выше то ниже. Выделение груза из воздушной струи производится посредством уменьшения скорости перемещения или путем циклонов (см. *Пылеуловители*). Скорость движения воздуха, потребная для перемещения зерна, колеблется в зависимости от рода зерна в пределах 15—30 *м/сек*; при этом высота подъема достигает 25 *м* и длина пути перемещения 250 *м*. Большие массы перемещаемого воздуха вызывают большой расход энергии, к-рый здесь примерно в 10 раз больше, чем у элеваторов-транспортеров с ковшами. Поэтому пневматич. транспортеры применяют только в тех случаях, когда потребность в их работе бывает кратковременна, а также на морских судах, где быстрая погрузка, независимая от состояния погоды, позволяет сэкономить значительные суммы на уменьшении простоя судна. По этой причине выгрузку зерна из морских пароходов часто производят пневматич. транспортерами; выгрузку же зерна из речных судов производят посредством элеваторов. Оправдывается применение пневматич. транспортеров для отсасывания и отвода стружек от деревообрабатывающих станков. Целесообразно оно также для подачи угольной пыли при отоплении котлов; при этом однако необходимо механич. разрыхление угля перед его всасыванием. Орешковый уголь и материал для засыпки выработанных пустот в горных породах в зернах не свыше 8 *см* представляют предел применения пневматических транспортеров с точки зрения размеров отдельных кусков перемещаемого материала. Широкое применение имеет пневматич. подача при устройстве воздушной почты. Способ перемещения в этом случае отличается от описанного выше тем, что транспортируемый груз помещают в патроне, заполняющем все отверстие трубы т. о., что патрон движется по трубе наподобие снаряда. Подобные пневматич. трубы применяются также и на заводских предприятиях. Применение пневматич. транспортирования за последнее время неизменно возрастает.

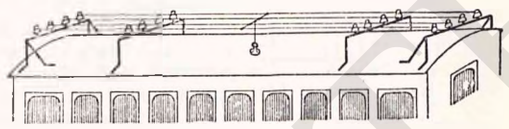
Лит.: Берлов М. Н., Детали машин, вып. 9, Подъемники, М., 1926; Кифер Л. Г., Грузоподъемные машины, т. 1, 2 изд., М., 1922; Бетман Г., Грузоподъемные машины, пер. с нем., М., 1928; Ратновский Л. З., Подъемные краны, лебедки, шпили, домкраты и т. п. подъемные приспособления, т. 1, СПБ, 1910; Попов В. Ф., Проектирование подъемных механизмов, Л., 1928; Aumund H., Hebe- u. Förderanlagen, B. 1—2, 2 Aufl., B., 1926; Die Bergwerkmaschinen, hrsg. v. H. Bansen, B. 3, T. 1; Die Schachtfördermaschinen, B., 1923; Bethmann H., Die Hebezeuge, Berechnung u. Konstruktion d. Einzelteile, 8 Aufl., Brschw., 1930; Bethmann H., Aufzugbau, Brschw., 1913; Daub R., Der Kranbau, Berechnung u. Konstruktionen aller Arten, 2 Aufl., Wittenberg, 1922; Hanfstengel G., Die Förderung von Massengütern, B. 1—2, 3 Aufl., B., 1922—29; Hanfstengel G., Billig Verladen u. Fördern, 3 Aufl., B., 1926; Kammerer O., Die Technik d. Lastförderung einst u. jetzt, Mch.—B., 1906; Krell K., Entwerfen im Kranbau, B. 1—2, München—B., 1925; Michenfelder C., Kran- u. Transportanlagen für Hütten-, Hafen-, Werft- u. Werkstatt-Betrieb, 2 Aufl., B., 1926; Philipp W., Elektr. Schachtfördermaschinen, Leipzig, 1921; Stephan P., Die Drahtseilbahnen, 4 Aufl., B., 1926.

H. Aumund (Berlin).

ПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, см. *Подъемные машины.*

ПОДЪЕМНЫЕ МОСТЫ, см. *Подвижные мосты.*

ПОЕЗДНОЕ РАДИО, применение радиоустройств для связи с движущимся поездом. По условиям применения П. р. разделяется на две области: 1) прием радиовещания в движущемся поезде и 2) связь поезда со станционными пунктами в целях передачи и приема сообщений служебного характера, а также в целях предоставления пассажирам возможности переговоров с абонентами телефонной сети того пункта, с к-рым движущийся поезд имеет радиосвязь. Задача приема радиовещания в движущемся поезде осуществляется при выполнении следующих условий организационного характера. 1) Наличие вблизи ж.-д. линии ряда радиовещательных передающих станций, обладающих мощностью, достаточной для создания в месте приема (месте прохождения поезда) напряженности поля, обеспечивающей надежный радиоприем. По опытным данным потребуется в 2—4 раза бо́льшая напряженность, чем для приема

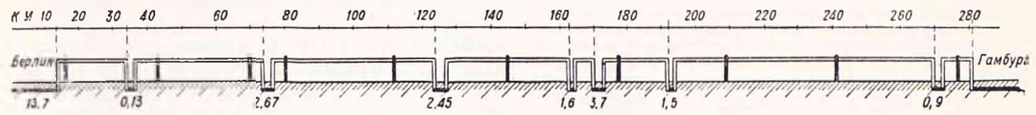


Фиг. 1.

в обычных условиях. 2) Приемное устройство на поезде должно обладать достаточной *избирательностью* (см.) для возможности отстройки от мешающего действия радиостанций, работающих на близкой волне. 3) Существенное значение для качества воспроизведения радиовещательных программ в движущемся поезде имеет устранение влияния на антенну, приемное и усилительное устройство механич. вибраций, появляющихся при движении. Устранения вибраций антенны, состоящей обычно из нескольких параллельных, закрепленных на изоляторах проводников, достигают подвешиванием ее над крышей вагона, на высоте приблизительно 50—80 *см* (фиг. 1).

Устранение влияния механич. вибраций и тряски на приемное и усилительное устройство достигается соответствующим подвесом их на резиновых шнурах или пружинах (амортизация) и применением держателей для ламп, предохраняющих от появления микрофонного эффекта. Радиовещательные станции обычно находятся в городах с значительным населением. При приеме радиовещательных программ в поезде является необходимым учитывать район надежной слышимости каждой такой станции и совпадение расписания движения поезда

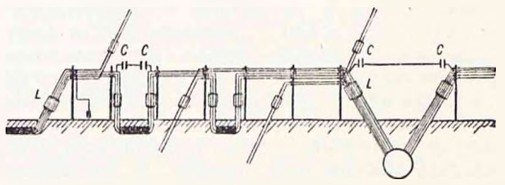
со временем работы станций. В районах с малым числом далеко отстоящих радиовещательных станций возможное обслуживание поезда радиовещанием практически сводится к малому промежутку времени в течение суток. Для использования времени, в течение которого прием радиовещательных программ невозможен, применяются дополнительные устройства в виде *микрофона* (см.) и граммофонного адаптера в самом поезде. Организация обслуживания поезда радиовещанием при этом сводится к следующему. В изолированном купе вагона располагаются приемное и усилительное устройства, от которых через коммутатор и межвагонные соединения подводятся проводники к телефонным розеткам, находящимся во всех вагонах поездного состава. Обслуживающий установку техник, находящийся в купе, производит настройку радиоаппаратуры и следит за качеством воспроизведения принимаемых программ. Слушание программ пассажирами осуществляется при помощи головных телефонов, приключаемых к розеткам, или при помощи репродукторов, помещаемых на обоих концах каждого вагона. Для возможности передачи сообщений пассажирам в промежутки между передачей радиовещательных программ применяется микрофон, подвешиваемый на шнурах в купе оператора. Микрофон включается в цепь приемного усилителя, от к-рого речь передается через телефоны или репродукторы пассажирам. Таким же путем осуществляется передача граммофонных пластинок. В данном случае вместо обычной граммофонной мембраны применяется электромагнитный адаптер, соединенный с усилителем так же, как микрофон.



Фиг. 2.

Прием радиовещательных программ в движущемся поезде осуществляется на ряде ж. д. за границей: германских, американских, французских (линия Париж—Гавр, для приема применяются рамочные антенны), итальянских (линия Милан—Турин). Опыты по приему радиовещания в движущемся поезде, произведенные на ж. д. СССР, показывают возможность применения такого рода устройств на тех дорогах, вблизи к-рых достаточное количество мощных радиовещательных станций. Для практического разрешения вопроса об удовлетворительном по качеству приеме радиовещания в поезде необходимо учитывать дополнительное влияние следующих мешающих факторов: 1) воздействие шумов механич. происхождения (трение колес о рельсы, стыки рельс и т. п.); 2) влияние шумов электрич. происхождения (паразитные токи от электрич. сигнальных приспособлений на путях, индукционные токи от телеграфных проводов, от искрения коллектора поездной осветительной динамо); 3) влияние строения пути и дорожных сооружений (выемки, мосты, здания и т. п.).

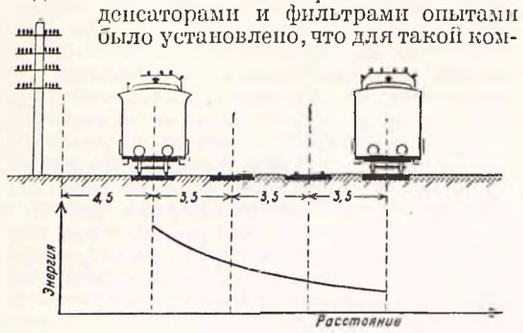
Применение П. р. для целей связи движущегося поезда со станцией в технич. отношении представляет задачу более трудную, чем прием радиовещания. Производившиеся с 1903—1906 гг. опыты долгое время не давали возможности получить удовлетворительные практические результаты. Такие результаты были получены лишь в 1922—1924 гг., на основе серьезных опытов, поставленных в Германии на линии Берлин—Гамбург. При всех производившихся опытах исходным фактором являлось соображение, что излучаемая антенной энергия как от вагонной, так и от станционной антенны распространяется преимущественно вдоль ж.-д. путей и телеграфных линий, проходящих около ж.-д. полотна. При опытах на линии Гамбург—Берлин вопрос о поездной радиосвязи был разделен при изучении на две части, а именно на беспроводную передачу энергии между вагонной станцией и проволочной линией и на прохождение энергии вдоль линии. Учет влияния проволочной линии является существенным на основании следующих соображений. При расстоянии между поездом и станцией в несколько сот *км* для чисто беспроводной связи требуется мощность передающих устройств 500—1 000 W. Для связи между двумя пунктами на том же расстоянии, пользуясь прохождением высокочастотной энергии вдоль бронзовой линии, требуется мощность передающих устройств порядка 5—10 W. Используя для прохождения энергии проволочные линии, можно необходимую мощность передающих устройств для связи поезда со станцией снизить до величины порядка 10—50 W. Для выяснения условий целесообразного использования линии является необходимым производство ее обследования. Результаты обследования линии Берлин—Гамбург показаны на фиг. 2. В девяти местах (участки внизу фиг. с цифрами, обозначающими *км*) эта линия имеет кабельные участки. Кроме того эта линия имеет ряд ответвлений в отдельных пунктах. Измерение затухания высокочастотных колебаний на линии показало, что таковое затухание резко возрастает в местах захода в кабель и в местах ответвлений. Для уменьшения затухания линии оказалось необходимым ввести



Фиг. 3.

в таковую дополнительные устройства, облегчающие прохождения токов высокой частоты вдоль линии. Включение блокирующих устройств в виде конденсаторов *C* и дроссельных катушек *L*, или фильтров, указано для одного участка линии на фиг. 3. Опытное исследование передачи энергии от

проводов линии на антенну поезда показало зависимость передачи от расстояния между поездом и проводами. На фиг. 4 показано изменение энергии, передаваемой поездной антенне, в зависимости от расстояния ее от проводов линии. После блокировки линии конденсаторами и фильтрами опытами было установлено, что для такой ком-

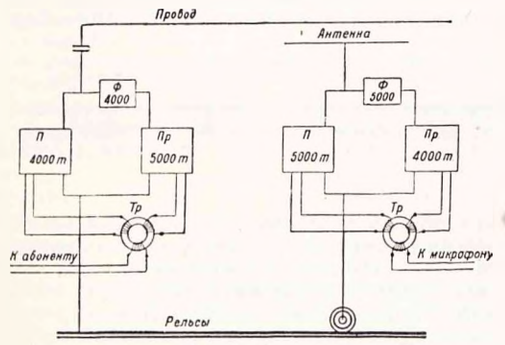


Фиг. 4.

бинированной поездной радиотелефонии достаточны следующие мощности:

Для расстояний	10÷ 20 км	1 W
» »	10÷100 »	5 »
» »	10÷300 »	20 »

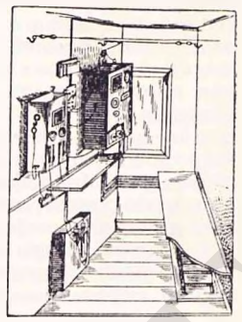
Поездная антенна при этих опытах состояла из 6 проводников, натянутых над крышей вагона на высоте 40 *см*, имевших длину ок. 17 *м*. Опытами было установлено, что наивыгоднейшими длинами волн для работы поездной и неподвижной радиостанций является волна 4 000—5 000 *м*. Общая схема радиосвязи между поездной и станционной установками показана на фиг. 5,



Фиг. 5.

где *Ф*—фильтр, *П*—передатчик, *Пр*—приемник, *Тр*—кольцевой трансформатор. Питание поездной установки осуществлялось от умформера в 440 V, работавшего от аккумуляторной батареи поезда. Вся установка помещалась в одном купе пассажирского вагона. Кроме микротелефона, обслуживающего установку техника, в особом помещении вагона помещался микротелефон для переговоров пассажиров поезда. В результате проведенных опытных работ на линии Берлин—Гамбург установлена эксплоатационная дуплексная телефонная связь, при к-рой пассажиры движущегося поезда имеют возможность вести переговоры с любым абонентом телефонной сети Берлина—Гамбурга и промежуточных станций.

В связи с достижениями Германии в области П. р. начались работы и в др. странах. Следует отметить в этом отношении результаты работ, произведенных на Канадских ж. д. В мае 1929 г. была открыта эксплоатация поездной радиосвязи на линии Монреаль—Торонто в Канаде. Поезда этой линии имеют оборудование для приема радиовещаний. С введением поездной радиосвязи каждый пассажир поезда во время движения имеет возможность вызвать любого абонента телефонной сети как оконечных городов, так и промежуточных станций. Поездная установка располагается в одном из купе пассажирского вагона, приемно-передающие устройства располагаются в ряде пунктов дороги в отдельных помещениях. При связи учитывается влияние проволочных линий, проходящих вдоль ж. д. Мощность передающих устройств ок. 50 W. Поездная установка имеет в антенне ок. 35 W при передаче. Работа производится на волнах 3 500 *м* и 1 750 *м*. При введении устройств поездной радиосвязи в эксплоатацию были произведены след. испытания: через передатчик движущегося поезда вызывалась одна из неподвижных станций дороги, последняя принимала телефонную передачу от поезда и транслировала ее по проводам на радиовещательную станцию в Монреале. Радиовещательная станция снова излучала по радио передаваемую из поезда речь, которая и принималась на радиовещательное приемное устройство в движущемся поезде. При прекращении работы станции в Монреале слышимость речи в поезде прекращалась. Произведенными испытаниями установлено, что работа передатчика в поезде не влияет на работу приемных устройств, принимающих радиовещательные передачи.



Фиг. 6.

Опыты по применению П. р. на ж. д. СССР начаты приблизительно в 1925 г.; для этой цели был оборудован опытный вагон. Передающее устройство для радиотелефона обладало мощностью порядка 500—600 W и могло работать на длинах волн порядка 580—1 080 *м*. Общий вид аппаратного вагонного устройства приведен на фиг. 6. В качестве антенны применялась сеть из пяти параллельных проводников, подвешенных на высоте 55 *см* над крышей вагона. Заземление осуществлялось через буксы вагона. Опыты с такого рода устройством показали возможность получения телефонной связи движущегося поезда со станцией на расстояние приблизительно 100 *км* и телеграфной связи на расстояние 300 *км*. Дальнейшие опыты, произведенные с более мощными радиоустройствами, изготовленными промышленностью, показали возможность получения значительно бо́льших дальностей связи. Следует отметить, что возможность применения дуплексной телефонной связи движущегося поезда со станцией в наших условиях осложняется наличием железных проволочных линий вдоль пути, создающих значительно большее затухание прохождению высокочастотной энергии, чем бронзовые линии заграничных ж. д.; вследствие этого решение вопроса о дуплексной радиотелефонии поезда со станцией связано, с одной стороны, необходимостью увеличения мощности применяемых передающих устройств, с другой—устранением возможного мешания подводимой к проводам большой мощности на нормальную телеграфную или телефонную связь по проводам.

Лит.: К а р г и н Д. И., Успехи радиотехники на путях сообщения, М., 1923; Г а р т м а н Г., Поездная радиосвязь и вагонные радиостанции, «Труды Государственного экспериментального электротехнического ин-та, работы радиотехнического отдела», М., 1926, вып. 14; H a r t m a n n G., Canadian Demonstrates Train Telephone Service, «Railway Age», N. Y., 1929, v. 86, *19*; H a r t m a n n G., Phone Service on Moving Trains, ibid., 1930, v. 88, *18*; R o s e n b a u m B., Eisenbahntelephonie, B., 1925. **С. Какурин.**

ПОЖАРНОЕ ДЕЛО, отрасль народного хозяйства, имеющая своей задачей охрану от пожаров. Для выполнения этой задачи П. д. пользуется двумя способами: предупреждением пожаров и тушением их. В связи с этим и противопожарные мероприятия подразделяются на две группы: меры предупреждения, или п р е в е н ц и и (пожарная профилактика), и меры тушения, или р е п р е с с и и (пожаротушение). Пожаром принято называть в р е д н ы й о г о н ь, т. е. огонь, вышедший за пределы полезного действия, зажженный по злому умыслу с целью причинения вреда (п о д ж о г) или возникший помимо человеческой воли и путем с а м о в о з г о р а н и я. Переход полезного огня во вредный может иметь место при применении огня для тех или иных промышленных и хозяйственных целей, если не приняты соответствующие меры предосторожности и если к огню и огнедействующим приборам проявляется небрежное отношение. Сюда относятся: неправильное устройство и неисправность печей и дымоходов, неисправное состояние электрооборудования, нагревательных и осветительных приборов, а также неосторожное обращение с ними, небрежное пользование огнем (напр. при курении, разведении костров), несоблюдение правил предосторожности при применении огня для промышленных надобностей, неосторожность в обращении с легковоспламеняющимися и взрывчатыми веществами и т. п. Появление огня помимо человеческой воли может иметь место вследствие самовозгорания, ударов молнии, преломления солнечных лучей и проч. Громадное большинство этих явлений, вызывающих пожары, и во всяком случае их бедственные последствия м. б. устранены путем выполнения определенных предупредительных мероприятий и соблюдения правил предосторожности в обращении с огнем, огнедействующими приборами и огнеопасными материалами.

Пожарная практика установила целый ряд мер, норм и правил, направленных к предупреждению возникновения пожаров. Не меньшее значение в П. д. имеет и предупреждение опустошительности пожаров. Опустошительность пожаров зависит от способности огня в известных условиях весьма быстро распространяться, охватывая большие пространства и уничтожая громадное количество горючего имущества. Опустошительности пожаров способствует обилие горючих материалов и отсутствие каких-либо преград на пути распространения огня. Загромождение помещений топливом, легковоспламеняющимися и взрывчатыми веществами и горючими предметами, складывание на чердаках и в лестничных клетках сгораемых материалов, совместное хранение больших количеств горючих веществ, применение для постройки зданий сгораемых строительных материалов, загромождение разрывов между постройками и дворов горючими предметами и т. п.—все это создает пищу для огня и в случае возникновения пожара влечет за собой его опустошительность. Отсутствие естественных и искусственных преград на пути распространения огня также способствует сильному развитию пожаров; сюда относятся: постройка зданий без надлежащих разрывов между ними, возведение ничем не разделенных строений громадных размеров, отсутствие интервалов между сложенными горючими материалами в штабелях и кипах, неиспользование древонасаждений и т. п.

Практикой П. д. установлены многочисленные правила и нормы, направленные к предупреждению опустошительности пожаров; главнейшими из них являются: ограничение размеров зданий, устройство брандмауеров, огнестойких перекрытий, дверей и проч., применение огнестойких строительных материалов, устройство соответствующих разрывов между постройками, применение древонасаждений, соблюдение соответствующих интервалов при хранении горючих веществ и т. п. Проведение мер по предупреждению пожаров осуществляется несколькими путями. Предупредительные меры строительного характера, связанные с применением для строительства огнестойких материалов, с ограничением размеров зданий, с установлением между ними разрывов, с возведением брандмауеров и т. п., а также меры, связанные с оборудованием и эксплоатацией помещений, находят свое детальное отражение в законодательстве. Правительственными и местными постановлениями и распоряжениями в большинстве стран Европы и других континентов установлены специальные противопожарные правила и нормы устройства и оборудования зданий, предназначенных под производственные, складские и торговые предприятия, театры, кино, помещения для собраний, гаражи, больницы, школы, жилые дома и т. п. Особыми правилами предусмотрено соблюдение требований пожарной безопасности при оборудовании и эксплоатации различного рода помещений промышленного назначения. Специальными законодательными актами установлены меры пожарной охраны лесов (см. *Вышки пожарные*), горных разработок, транспорта и проч. Законодательством предусматривается также предварительное рассмотрение проектов строительства и оборудования зданий и помещений в особых учреждениях в целях установления соответствия их требованиям пожарной безопасности и противопожарным нормам. Помимо проведения в законодательном порядке противопожарные меры проводятся также и в порядке административном. Органам государственного пожарного надзора предоставлено право производства обследований в пожарном отношении как государственных, так и частных предприятий, учреждений и домовладений и предъявления им в административном порядке требований по устранению обнаруженных нарушений правил пожарной безопасности. Наконец третий путь проведения предупредительных мер состоит в распространении противопожарных знаний среди широких масс населения путем издания соответствующих периодическ. и непериодич. изданий, листовок, плакатов, выпуска пожарных кинофильм, устройства докладов, вечеров, выставок, показательных пожарных учений, проведения «противопожарных недель» и т. п. Установлению противопожарных правил и норм предшествует большая научно-исследовательская работа по изучению условий возникновения и развития пожаров. Годы после войны 1914—18 гг. отмечены особенно сильным ростом пожарных научно-исследовательских учреждений в различных странах Европы и Америки и собиранием значительного материала по мерам предупреждения пожаров. Эти годы дали обильную научную пожарно-техническую литературу, причем особенно сильный рост научной пожарной мысли проявился в СССР, Германии и Соединенных Штатах С. Америки.

Тушение пожаров осуществляется путем принятия мер сначала к локализации, а затем и к полной ликвидации вредного огня.

Т. к. возможность горения обусловливается, с одной стороны, наличием высоких $t°$, а с другой стороны, присутствием кислорода воздуха, то тушение пожаров идет по пути охлаждения горящих предметов и прекращения доступа к ним свежего воздуха. В нек-рых случаях возможно потушить пожар при помощи только одного из указанных способов; например если горение происходит в закрытом помещении, то нередко бывает достаточным плотно закрыть все двери, окна и иные отверстия и, прекратив этим доступ в помещение свежего воздуха, заглушить т. о. огонь. Однако в большинстве случаев применяют одновременно и охлаждение горящих предметов и оттеснение от них воздуха, так как комбинированное применение этих приемов дает значительно лучший эффект при тушении пожаров. Главным средством пожаротушения является вода. Будучи направлена на горящие предметы, вода охлаждает их своим непосредственным воздействием, отнимает у них тепло на свое испарение и испаряясь обволакивает горящие предметы паром и оттесняет от них свежий воздух. Сильное огнегасительное действие воды и сравнительная легкость ее добывания для целей пожаротушения сделали воду незаменимым в большинстве случаев средством тушения пожаров. В качестве источников воды при тушении пожаров используются естественные водоисточники (реки, ручьи, озера), искусственные водоемы (пруды, колодцы, баки, резервуары, чаны) и водопроводы как специального, так и общего назначения. Естественные водоисточники и искусственные водоемы признаются пригодными для целей пожаротушения, если они имеют удобные подъезды и площадки для установки около них пожарных насосов, если запас воды в них обеспечивает бесперебойное действие пожарных насосов в течение 3 часов и если в зимнее время реки, озера и пруды оборудованы прорубями, а колодцы, баки и резервуары с водой надлежащим образом утеплены. Водопроводы признаются пригодными для пожаротушения, если разводящие трубы их имеют диаметр не менее 100 *мм*, если они оборудованы достаточным количеством наружных пожарных *гидрантов* (см.) и внутренних пожарных кранов, служащих для извлечения из них воды для тушения пожаров, и если производительность их и напор воды не меньше норм, установленных для обслуживаемой ими территории. Помимо того вода для тушения пожаров применяется посредством автоматически действующих спринклерных сооружений.

В тех случаях, когда вода для тушения применена быть не может, как например при горении легковоспламеняющихся жидкостей, при пожарах электроустановок и т. п., прибегают к тушению пеной (см. *Пенное тушение*), углекислотой, паром и нек-рыми сыпучими веществами. Пена применяется преимущественно для тушения легковоспламеняющихся жидкостей (керосина, бензина, эфира и т. п.). Тушение углекислотой и паром основано на вытеснении из закрытых помещений свежего воздуха путем наполнения их углекислотой или паром из специальных стационарных установок. Тушение сыпучими веществами (сухие огнетушители, песок и проч.) применяется преимущественно при пожарах электрич. установок и легковоспламеняющихся жидкостей.

Тушение пожаров осуществляется учреждаемыми в населенных пунктах, а также в отдельных предприятиях и учреждениях пожарными организациями. Пожарные организации классифицируются по составу и по районам обслуживания. По составу пожарные организации разделяются на профессиональные и добровольные. Профессиональными называются пожарные организации, комплектуемые по найму из пожарных работников—профессионалов П. д. Профессиональные пожарные организации содержатся и снабжаются необходимым инвентарем и снаряжением за счет тех городских управлений, предприятий и учреждений, которые они обслуживают. Добровольными называются пожарные организации, комплектуемые из граждан, проживающих или работающих в обслуживаемом районе, на началах добровольного и безвозмездного участия в борьбе с пожарами. По районам обслуживания пожарные организации разделяются на городские, сельские, фабрично-заводские, складские, ж.-д. и проч. Городские пожарные организации в большинстве стран Европы и других континентов учреждаются в виде коммунальных профессиональных пожарных команд, содержащихся за счет городского бюджета. Городские пожарные команды несут непрерывное посменное дежурство в специально приспособленных и оборудованных помещениях и по вызову выезжают на пожары с соответствующими приспособлениями и инструментами. В зависимости от размеров города в нем учреждается или одна городская пожарная команда или несколько пожарных частей (станций), имеющих общее управление, но охраняющих только определенные районы (части) города. При определении размеров районов выезда пожарных частей в среднем руководствуются тем соображением, что пожарная часть должна, считая от момента возникновения пожара, принять вызов, собраться по тревоге, прибыть к месту пожара и дать струю воды не позднее, чем через 10 мин. Эти 10 мин. разлагаются след. обр.: а) извещение о пожаре—1,5 мин., б) тревога и сбор на пожар—1,5 мин., в) следование на пожар—4 мин., г) подача струи воды—3 мин. Т. о. радиус района выезда каждой пожарной части в среднем д. б. таков, чтобы проезд от ее местоположения до самой отдаленной точки района потребовал не более 4 мин. В этот срок конный обоз может пройти ок. 1,5 *км*, а автообоз—ок. 3,5 *км*, чем и определяются средние радиусы районов выезда пожарных частей при той или иной тяге.

Здание пожарной части (станции) располагается в центре обслуживаемого района, в таком месте, которое обеспечивало бы возможность выезда в максимальном числе направлений. Перед зданием пожарной части обычно устраивается двор, или же фасад его углубляется по сравнению с линией зданий, дабы обоз части мог свободно разворачиваться при выезде на пожар. Наиболее распространенным типом зданий пожарных частей является огнестойкое двухэтажное здание, в первом этаже к-рого расположены

гараж (трубная), сигнализационная комната, мастерская, цейхгауз и т. п., а во втором этаже — дежурное помещение для дежурной смены пожарных, помещения для занятий, принятия пищи, для душей и проч. Помещение гаража устраивается с таким расчетом, чтобы глубина его была не менее 9—10 *м*, а расстояние между ходами не менее 4 *м*. Сигнализационная комната помещается рядом с гаражем и оборудуется окном для передачи телефонистом начальнику команды направления на пожар по принятому вызову. При наличии обоза конной тяги при пожарной части устраивается конюшня для лошадей, причем она располагается непосредственно позади трубной. Стойла в конюшне размещаются так, чтобы лошади стояли головой в сторону трубной, и сообщаются с последней дверями для немедленной подводки лошадей прямо к ходам. Дежурное помещение, в целях ускорения сбора на пожар, располагается непосредственно над гаражем (трубной) и сообщается с последним люками со спусковыми столбами. При пожарных частях размещаются также квартиры для комсостава. Для мытья и сушки рукавов в непосредственной близости от здания пожарной части устраивается сушилка, оборудованная всеми необходимыми приспособлениями. Обыкновенно сушилка соединяется вместе с учебной башней (городком).

Для сообщения в пожарную часть о пожаре различные пункты охраняемого района связываются с ней той или иной сигнализацией. Наиболее совершенными видами такой сигнализации являются электрич. пожарная сигнализация и телефоны.

Сельские пожарные организации в СССР и в большинстве других стран строятся на началах добровольчества. Личный состав их комплектуется из членов-охотников, которые обычно, в отличие от профессионалов-пожарных, постоянного дежурства не несут, а собираются только по тревоге на пожар. В связи с этим отпадает необходимость в устройстве в сельских местностях громоздких пожарных депо, а требуется только постройка помещения для хранения пожарного обоза и инвентаря. Т. о. сельские пожарные сараи представляют собой обычно одноэтажные помещения, преимущественно огнестойкие, содержащие в себе только помещение для пожарного обоза (трубную), конюшню при ней (если имеются лошади) и цейхгауз. Пожарные сараи добровольных пожарных дружин располагаются обычно в центре обслуживаемого района, в удобном для быстрого сбора и выезда месте. Вызов добровольцев на пожар осуществляется б. ч. еще примитивным способом (колокол, гудок, сирена).

Фабрично-заводские, складские, транспортные и им подобные пожарные организации бывают как профессионального, так и добровольного типа. Работа по тушению пожаров требует от пожарных организаций стройности и слаженности действий, быстроты и точности движений и высокой дисциплинированности. Поэтому во всех пожарных организациях как профессиональных, так и добровольных вводится постоянная тренировка работников, проводимая в виде регулярных практич. занятий, ложных сборов и учений. С другой стороны, в пожарных командах проводится строжайшая дисциплина, требующая от пожарных быстрого и точного выполнения распоряжений своих начальников и вручающая руководство работой по тушению пожаров одному лицу (начальнику команды, части, дружины).

Для работы по тушению пожаров пожарные организации снабжаются необходимыми приборами и инструментами, главное место среди которых занимают приборы для направления воды на огонь—пожарные насосы. Пожарные насосы классифицируются как по типу самих насосов, так и по типу двигателей, приводящих насосы в действие. Насосы, применяемые для пожарных целей, бывают: коловратные, центробежные и поршневые; приводятся в действие эти насосы двигателями внутреннего сгорания, электричеством, паром и вручную (см. *Пожарный автообоз*).

Каждая городская пожарная организация (команда, часть) возглавляется брандмейстером (начальником команды, части), имеющим одного или нескольких помощников. Т. к. дежурство пожарных в пожарных командах (частях) ведется непрерывно круглые сутки, то состав команд разбивается на 3 или 4 смены, причем каждая смена имеет полный боевой расчет для работы на пожаре с имеющимся инструментом. Продолжительность дежурства каждой смены устанавливается, в зависимости от местных условий, в 8, 12 или 24 ч. В свободное от работы на пожарах время пожарные дежурной смены обязаны находиться в помещении пожарной команды (части) и не имеют права покидать его; в течение этого времени они выполняют различные хозяйственные работы, ведут теоретич. и практич. занятия по П. д. и проводят культурно-просветительную работу. По тревоге, при вызове на пожар, все пожарные дежурной смены, входящие в боевой расчет, обязаны немедленно прибыть в гараж (трубную), надеть на себя боевое обмундирование, произвести закладку лошадей (при конной тяге) и занять свои места на пожарных ходах. В городах, имеющих одну пожарную команду, руководство тушением пожаров возлагается на начальника команды. В городах же, имеющих несколько пожарных частей (станций), начальники этих частей (станций) являются руководителями тушения пожара только в пределах своего района. При выезде на пожар в соседний район для оказания помощи, начальники частей (станций) подчиняются начальнику той части (станции), в районе которой произошел пожар. При сборе на пожаре нескольких частей (станций) руководство их работой осуществляется старшим брандмейстером или брандмайором (начальником пожарной охраны) города. Проведение предупредительных мероприятий в городах осуществляется как через посредство инспекторского аппарата Управления пожарной охраны, так и через посредство командного состава пожарных команд (частей) путем производства обследований в пределах вверенного им района и предъявления соответствующих требований по устранению обнаруженных дефектов.

Для тушения пожаров и проведения профилактич. работы в сельских местностях (колхозах, совхозах и проч.) организуются

добровольные пожарные об-ва, в состав к-рых входят жители охраняемого района, участвующие в работе по борьбе с пожарами безвозмездно. Добровольные пожарные общества содержатся на средства, составляемые из взносов членов об-в, доходов от организуемых об-вами предприятий и артелей и средств, отпускаемых общественными и государственными организациями. Добровольные пожарные об-ва организуются в селах, но по закону допускается объединение сельских и волостных добровольных пожарных об-в в районные. Добровольные пожарные об-ва осуществляют в обслуживаемом районе как профилактич. работу, так и пожаротушение. Для осуществления последнего из состава членов общества выделяется группа оперативных работников, называемая п о ж а р н о й д р у ж и н о й. Пожарная дружина возглавляется начальником дружины. Состав дружины разбивается на отряды трубников, топорников, водоснабжателей и охранителей во главе с начальниками отрядов, назначаемыми начальником дружины. Дружинники как правило не несут постоянного дежурства, а собираются для участия в тушении пожаров или проведения занятий по пожарному делу. Работа добровольных пожарных об-в и дружин осуществляется ими под контролем органов государственного пожарного надзора.

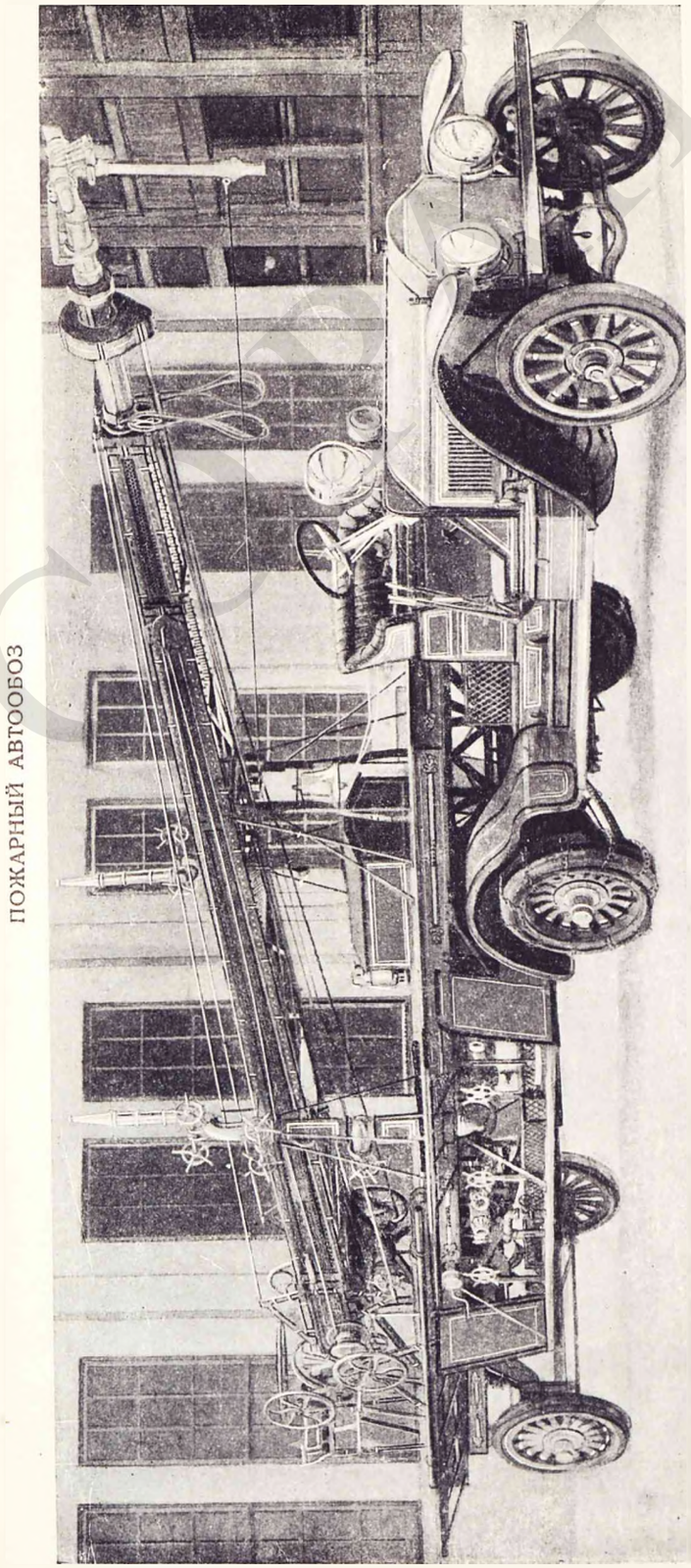
Охрана имуществ промышленности, Наркомторга, Наркомвоенмора и НКПС осуществляется этими ведомствами самостоятельно, по согласовании проводимых мероприятий с центральными пожарными отделами коммунальных управлений. Пожарная охрана имуществ пром-сти сосредоточена в пожарных отделах управлений начальников военизированной охраны промышленности, которые осуществляют руководство постановкой пожарного дела в союзной промышленности через посредство пожарных отделов штабов военной охраны промышленных округов и начальников пожарной охраны промышленных объединений. Охрана имуществ союзных республик сосредоточена в пожарно-страховых и пожарных отделах наркоматов, осуществляющих руководство постановкой П. д. в республиканской и местной промышленности через посредство пожарных инспекторов при Наркомторгах автономных республик, областных и краевых отделов наркоматов промышленности и начальников пожарной охраны объединений и трестов республиканского и местного значения. Пожарная охрана имуществ Наркомвоенмора сосредоточена в управлениях начальников снабжений РККА и военных округов. Пожарная охрана имуществ НКПС сосредоточена в пожарном отделе управления начальника стрелковой охраны НКПС, осуществляющем руководство постановкой П. д. на транспорте через посредство управлений пожарной охраны железных дорог и пароходств. Пожарная охрана Наркомторга осуществляется наркоматом через посредство пожарных ячеек в подведомственных ему хозяйственных объединениях. Другие наркоматы не имеют централизованной системы управления постановкой П. д. в подведомственных им предприятиях, а ограничиваются содержанием пожарных ячеек в наиболее важных и опасных хозяйственных объединениях и единицах, как напр. Колхозцентр, Зернотрест и т. п.

Для наблюдения за безопасным состоянием в пожарном отношении отдельных предприятий перечисленных ведомств, для проведения противопожарных мер и для тушения возникающих пожаров на предприятиях этих ведомств учреждаются специальные пожарные ячейки. Во главе этих ячеек стоят заведывающие (начальники) пожарной охраной, являющиеся руководителями постановки пожарной охраны в предприятиях и ответственными лицами за безопасное состояние таковых. Заведывающие пожарной охраной назначаются по согласованию с местными органами государственного пожарного надзора и подчиняются непосредственно заведывающим предприятиями. Для активной борьбы с пожарами на ф-ках и з-дах, складах и проч. организуются пожарные команды, караулы и дружины. Пожарными командами называются профессиональные пожарные организации, достаточно мощные для того, чтобы в составе одной лишь дежурной смены прибыть к месту пожара со всеми необходимыми пожарными инструментами и дать не менее двух струй от водопровода или одной струи от ручной трубы с одновременной постановкой французской лестницы. Число пожарных в каждой смене команды д. б. не менее 6 чел.—при наличии на предприятии водопроводной сети и 8 человек—при отсутствии водопровода. Пожарные команды учреждаются на всех ф-ках, заводах и складах с числом рабочих свыше 750 чел. в смену или с площадью застройки свыше 0,5 км². Пожарными караулами (постами) называются профессиональные пожарные организации, несущие постовое дежурство в определенных районах или пунктах предприятия и принимающие меры к тушению пожаров, возникающих в районе их обслуживания, при помощи имеющихся на месте инструментов. Пожарные караулы учреждаются на ф-ках, з-дах и складах с числом рабочих от 251 до 750 чел. в смену. Пожарными дружинами называются пожарные организации, составленные из рабочих и служащих предприятия, выразивших добровольное согласие на участие в работах дружины. Пожарные дружины учреждаются на всех ф-ках, з-дах и складах с числом рабочих свыше 50 чел. в смену. В предприятиях с числом рабочих менее 50 чел. в смену все без исключения рабочие и служащие д. б. ознакомлены с приемами пожаротушения. На ф-ках, з-дах и складах, охраняемых военизированными командами, к тушению пожаров привлекаются также стрелки этих команд. Все перечисленные пожарные организации работают под общим руководством заведывающих пожарной охраной предприятий и инструктируются ими. Для наблюдения за безопасным состоянием в пожарном отношении отдельных корпусов, цехов и других частей предприятий назначаются специальные лица из числа работающих в них рабочих и служащих. Как профессиональные, так и добровольные пожарные работники снабжаются за счет предприятия обмундированием и снаряжением по нормам. Для несения дежурства, а также хранения пожарного обоза и инвентаря пожарным организациям предоставляются соответствующие помещения, расположенные по возможности в центре обслуживаемого предприятия. Аналогичные же пожарные ячейки организуются в учреждениях Наркомвоенмора и на транспорте.

Для комплектования столь значительных органов пожарной охраны и пожарных организаций в СССР, естественно, необходимы большие кадры квалифицированных пожарных работников. Эти кадры подготавливаются целой сетью пожарно-технических учебных учреждений. Пожарные работники высшей квалификации подготавливаются в Ленинградском пожарном техникуме, имеющем трехгодичный курс. Пожарные работники средней квалификации подготавливаются на годичных областных пожарно-технических курсах. Наконец для подготовки сельских пожарных работников существует ряд краткосрочных курсов при областных и районных управлениях пожарной охраны. Для изучения вопросов, связанных с предупреждением и тушением пожаров, учрежден Научный пожарно-технический комитет. Таким образом П. д. в СССР приобретает все права одной из важнейших отраслей народного хозяйства, подготавливает кадры высококвалифицированных пожарных работников, создает свою специальную науку, технику и литературу и совершенствует способы борьбы с пожарными бедствиями. См. *Гараж*, *Гидрант*, *Огнетушители*, *Пенное тушение* и *Пожарный автообоз*.

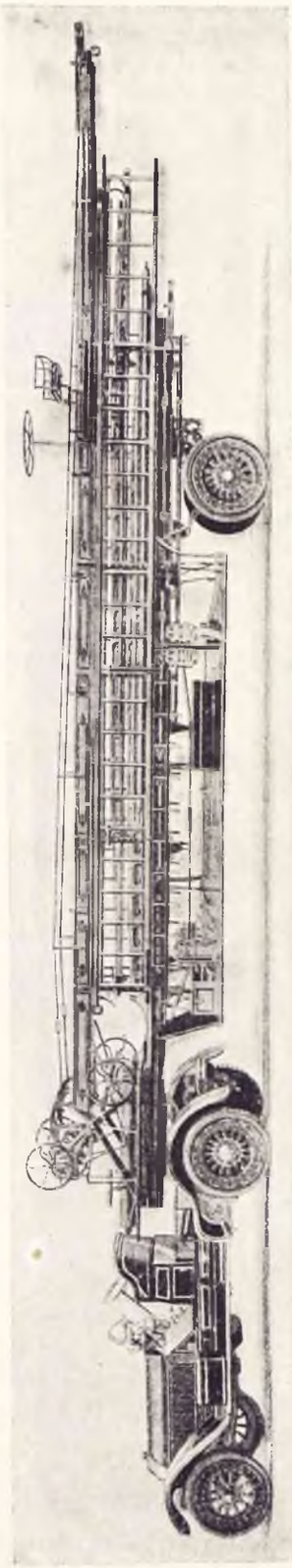
Лит.: Тидеман Б. и Сциборский Д., Химия горения, М., 1930; Понофидин Г. А., Причины возникновения пожаров и их устранение, М., 1925; Понофидин А. А., Руководство по противопожарным мероприятиям, 2 изд., М., 1927; Требезов Н. П., Пожарная тактика, 4 изд., М., 1928; Русаков И. И., Пожарная тактика, 2 изд., М., 1928; его же, Пожарные повозки, инструменты и спасательные приборы, М., 1928; Понофидин Г. А., Пожарный инструмент, М., 1925; Вагнер А. К., Здания пожарных депо и пожарных частей, М., 1929; Понофидин А. А., Организация управления пожарным делом в РСФСР, М., 1928; Королев А. Е., Пожарная охрана промышленных предприятий, 3 изд., М., 1929.

ПОЖАРНЫЙ АВТООБОЗ служит для подвозки людей и инструмента к месту пожара, а также для специальных работ во время са-



ПОЖАРНЫЙ АВТООБОЗ

Водяная башня.

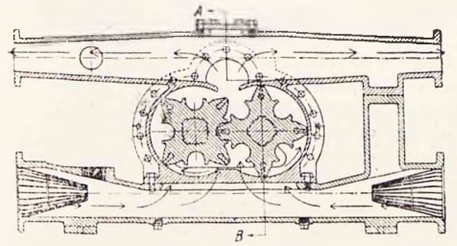


Шестиколесный автообоз.

Т. Э.

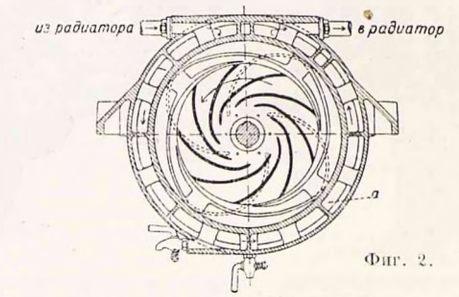
мого пожара. В зависимости от целей, для к-рых отдельные виды автоповозок предназначаются, они носят специальные названия: автонасос, автолестница, водяная башня, авторукавный возок, осветительный ход, вспомогательный ход и др.

Автонасосы служат как для перевозки людей и инструмента, так и гл. обр. для усиления подачи воды из водопроводов, для подачи воды непосредственно из открытых источников: прудов, озер, рек. Автомашины этого типа строятся на грузовых шасси обыкновенного типа, грузоподъемностью от 1.5 до 5 *т* в Европе и до 6—8 *т* в Америке. Насосы помещают на шасси—непосредственно за коробкой скоростей или на задней части шасси. Движение насоса происходит от мотора при помощи особого карданного вала, соединенного с мотором через коробку скоростей посредством добавочных шестерен. Управление насосом при среднем положении последнего находится для удобства по обеим сторонам шасси, а при заднем расположении—на задней части шасси. *Насосы* (см.) применяются коловратные, центробежные и поршневые. Кузов автонасоса помещается на верхней части шасси и имеет форму линейки с продольными сидениями, причем сидящие на них люди на нек-рых машинах обращены лицом наружу, на других—внутрь. Нек-рые фирмы строят шасси с поперечными сидениями, тогда люди располагаются лицом друг к другу в несколько рядов или же все лицом вперед. Для размещения лестницы, всасывающих рукавов и другого крупного пожарного инструмента на автомобиле имеются стойки. Последние выходят теперь из употребления, т. к. благодаря высокому расположению довольно тяжелых предметов автомобиль получает боковое качание и становится неустойчивым. В связи с этим меняется конструкция: лестницы опускаются или помещаются с боков (особенно в америк. машинах). На подножках и во всех свободных частях кузова делаются ящики для мелкого инвентаря, инструмента и других вещей. Как правило у всех пожарных автомашин задние колеса д. б. двойные, и тормоза имеются на все колеса. К задней части шасси подвешивается на колесах рукавная катушка (на 8 рукавов) и 2 катушки меньшего размера по бокам (по 4 рукава). Подобный вид кузова—самый распространенный в Европе и в СССР. При другом расположении сидений все свободные места также используются для укладки лестниц, рукавов и прочего пожарного инструмента.

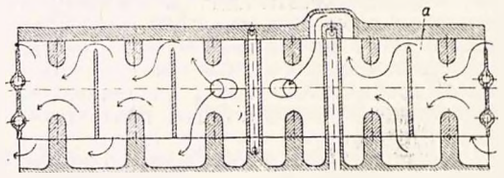


Фиг. 1.

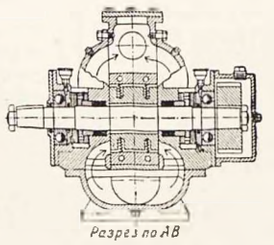
Коловратные насосы (фиг. 1) имеют громадное распространение, гл. образом в США, где производительность насосов достигает 7 000 *л/мин*. Главное достоинство этих насосов состоит в том, что при простоте устройства они дают присос на 7—8 *м* воды, причем воздушное разрежение во всасывающем рукаве производится тем же самым насосом. Давление насоса достигает 30—40 *atm*. Недостатком этого насоса является большая чувствительность ротационных шестерен к загрязненности воды и в особенности к возможному всасыванию песка. При таком загрязнении происходит быстрое изнашивание металла шестерен (обыкновенно медных). Для предохранения от этого на всасывающие рукава надевают особые плетенки и сетки. В виду того что плавность работы ротационных насосов не особенно велика, для уменьшения колебаний выбрасывающих рукавов на насосы устанавливают воздушные колпаки. Немалым удобством является возможность быстрой замены изношенных роторов.



Фиг. 2.

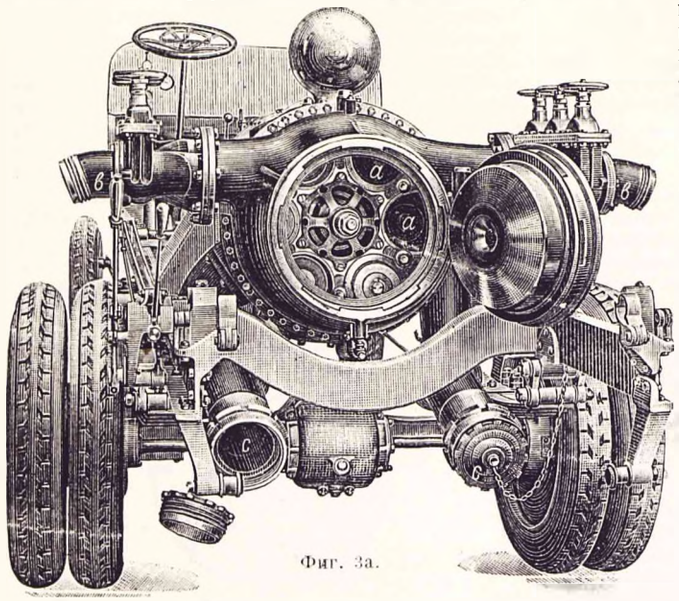


Центробежные насосы (фиг. 2) нашли применение гл. образом в Европе. Производительность их достигает 900, 1 200, 2 000 и 3 000 *л/мин*. Общее давление, развиваемое насосом, в среднем достигает 8 *atm*, максимальное—12 *atm*. Достоинствами этого насоса являются плавная работа, абсолютная нечувствительность к загрязненности воды и гл. обр. отсутствие гидравлич. ударов при моментальном закрытии выкидного штуцера, чего нельзя достигнуть в коловратном и поршневом насосах. К числу недостатков необходимо отнести невозможность создать этим насосом разрежение воздуха во всасывающем рукаве, вследствие чего приходится для этой цели добавлять специальные насосики эксцентрикового типа, коловратные или поршневые, а при отсутствии их устанавливать специальные баки с водой для заливки всасывающих рукавов. На центробежных насосах рубашка *a* кожуха обычно делается двухтельная и соединяется посредством трубы с радиатором, чтобы вода циркулировала в рубашке насоса, помогая охлаждению радиатора, и в то же время подогревала насос во время холодов.



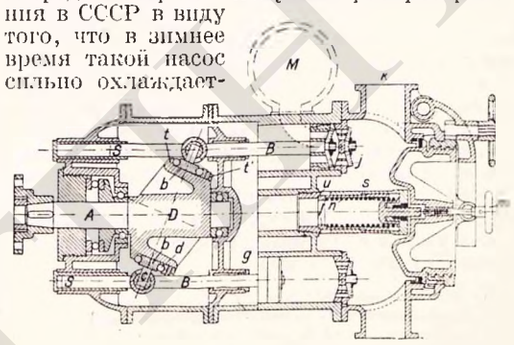
© ГПНТБ

Поршневой насос с автомобильным двигателем появился сравнительно недавно. Производительность поршневого насоса—900, 1 200, 2 000 и 5 000 *л/мин*. Эти насосы (фиг. 3а) состоят из 6 рабочих цилиндров *a*. Каждый цилиндр работает по очереди, благодаря чему колебания воды при подаче сводятся к минимуму. Питание насоса происходит через 2 забирных отверстия *c*, а выбрасывание воды производится через особые нагнетательные или выбрасывающие отверстия *e*. Для регулирования работы насоса на давление имеются особые предохранительные пружинные клапаны: при повышении давления сверх нормы вода поднимает клапаны и устремляется в камеру разрежения. Принцип работы поршневого автонасоса фирмы Сомуа (фиг. 3б) состоит в следующем. От коробки скоростей идет специальный вал для движения насоса, причем вращением вала можно получить 4 скорости с 170—200 и с 275—400 оборотов насоса в минуту. Вал *A* соединяется с цилиндрич. муфтой *D*, закрепленной на валу неподвижно посредством особой шпонки. Геометрич. ось муфты расположена по отношению к валу наклонно. На муфте имеются закраины *l* и *l'*, из них одна съемная. Между закраинами *l* и *l'* ходит особое массивное кольцо *b*, причем для более легкого движения кольцо опирается на шарики *d*. Кольцо *b* имеет отлитые заодно с ним пальцы *c*. Каждый из пальцев шарнирно связан с соответствующим поршневым штоком *B*. Кругом вала расположены 6 рабочих цилиндров со штоками *B* для движения поршней цилиндра. Когда вал приходит во вращательное движение, вместе с ним начинает вращаться и надетая на него муфта *D* и своим вращением начинает увлекать кольцо *b*, которое, скользя между закраинами *l* по поверхности муфты, будет приводить в движение штоки *B*, соединенные с поршнями цилиндров. Подобное соединение дает весьма плавное движение поршням. Вода поступает в насос через 2 приемных отверстия в камеру *q* (при всасывании) и отсюда под давлением поршня через отверстие в головке цилиндра *j*—в камеру *s* и далее под высоким давлением—в выбрасывающее отверстие *k*. Если в камере *h* получится чрезвычайно высокое напряжение, то вода пройдет через автоматически открывающийся клапан *l*, устанавливаемый на определенное давление. Этот клапан в своем седле *u* придерживается пружиной *n*, к-рая регулируется болтом *m*. Благодаря такому устройству избегается гидравлич. удар при внезапном закрытии выкидного отверстия. Для увеличения плавности работы насоса ему придан также и воздушный колпак *M*, укрепленный на камере сжатия. Для осмотра, регулировки и ремонта спереди насоса имеется особая дверца, открывающаяся наподобие орудийного затвора (см. фиг. 3а). При наличии многих трущихся частей в насосе для него предусмотрена специальная смазка всех частей, для чего использованы свободные концы штоков *B* как поршни *S*, засасывающие масло и прогоняющие его по особым трубкам в теле штоков к тем частям насоса, которые требуют смазки: к валу *A*, к утолщению штоков для смазывания пальцев *c*, к подшипникам *d*, к кольцу *b* и т. д.



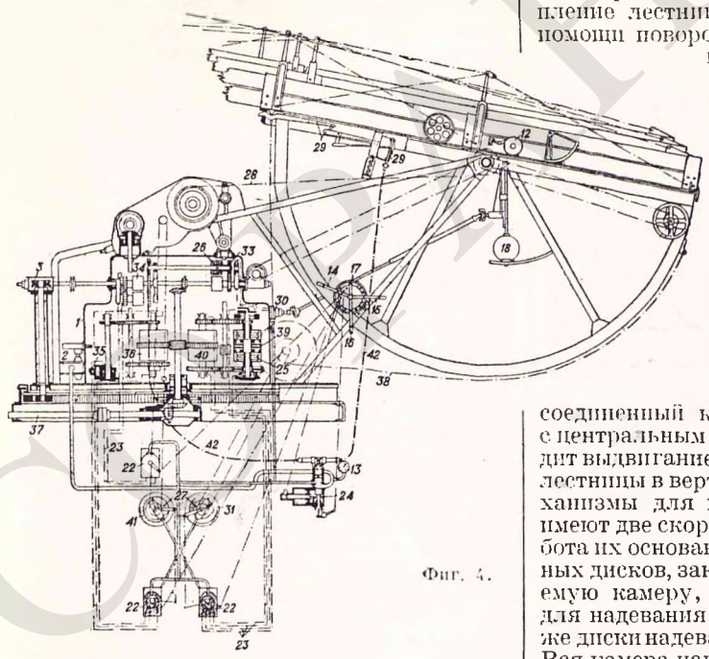
Фиг. 3а.

К числу неудобств этих насосов относится сильная чувствительность к загрязненности воды, сложность конструкции и трудность ухода за насосом. Для осмотра и замены поврежденных частей насос снабжен специальными дверцами. К достоинствам насоса следует отнести большой кид, свободное присасывание на высоту 9,5 *м* через 15 ск., при 3 *м*—через 5 ск. и высокое давление, к-рое может развить насос. Расположение насосов впереди мотора не получило распространения в СССР в виду того, что в зимнее время такой насос сильно охлаждается и не исключена возможность его замораживания. В США же и Италии такое расположение имеет довольно широкое применение.

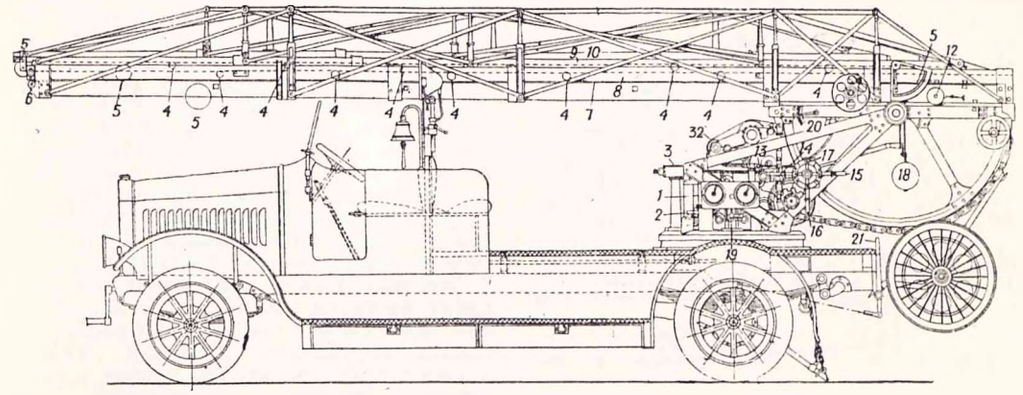


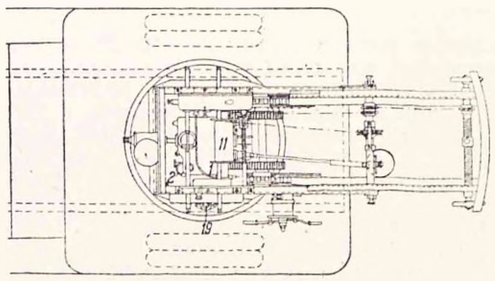
Фиг. 3б.

Автолестница. На фиг. 4 и 5 изображена автолестница; обозначения на фигурах следующие: *1*—картер передач, *2*—масляный насос, *3*—червячная передача поворотного механизма, *4*—направляющие ролики, *5*—ролики для троса, *6*—головной ролик, *7*—направляющие, *8*, *9* и *10*—внешняя сторона лестничной обвязки, *11*—барабан для троса, *12*—сигнальный звонок, *13*—манометр, *14*—рычаг для подъема лестницы, *15*—рычаг для выдвигания лестницы, *16*—рычаг для поворота лестницы, *17*—рычаг для включения предохранителя, *18*—маятник, *19*—предохранитель вращения, *20*—шкала для динамометра, *21*—рычаг для разгрузки рессор, *22*—распределительный кран, *23*—трубопроводы, *24*—включение предохранителя, *25*—диски, *26*—сцепление, *27*—упоры на шкалах высоты и наклона, *28*—трос механизма выдвигания, *29*—предохранитель от опрокидывания лестницы, *30*—кран регулирования (управления) бокового наклона лестницы, *31*—шкала наклона, *32*—механизм для выдвигания лестницы, *33*—передача к боковому наклону, *34*—передача к механизму поворота, *35*—механизм пуска в ход, *36*—механизм для выдвигания лестницы, *37*—приводной вал от мотора, *38*—цепь передачи подъемного механизма, *39*—механизм для наклона лестницы, *40*—шкала высоты, *41*—гибкий вал к предохранителю, *42*—гибкий вал к предохранителю от опрокидывания лестницы *29*. Автомобильная лестница монтируется на шасси мощностью не ниже 4,5 *т* с соответствующим удлинением рамы. Делается двойное приспособление для снятия рессор во время подъема лестницы для того, чтобы избежать вредных наклонов при качании. Крепление лестницы с шасси происходит при помощи поворотной башни, помещающейся в хвостовой части шасси. Для прочности соединения башни с шасси последнее укрепляют при помощи дополнительных стальных рельсов, к которым прикрепляют наглухо стальной круг, имеющий два ряда углублений с заложенными в них стальными шариками. На этих шариках вращается второй круг, соединенный с вылитой из стали башней, в которой заключены механизмы, приводящие лестницу в движение. Движение механизмам дает второй карданный вал, соединенный конусообразными шестернями с центральным валом башни, к-рый производит выдвигание, подъем, поворот и установку лестницы в вертикальное положение. Все механизмы для каждого действия лестницы имеют две скорости (большую и малую), и работа их основана на сцеплении особых стальных дисков, заключенных в маслонепроницаемую камеру, внутри к-рой имеются ребра для надевания на них одних дисков, вторые же диски надеваются на вращающийся валик. Вся камера наполнена маслом. В этой камере имеются отверстия, куда входят небольшие поршни, на к-рые может давить масло. При давлении масла поршни входят внутрь камеры, сжимают диски, и получается плотное сцепление валика, приводящего в движение тот или другой механизм. Масло по-



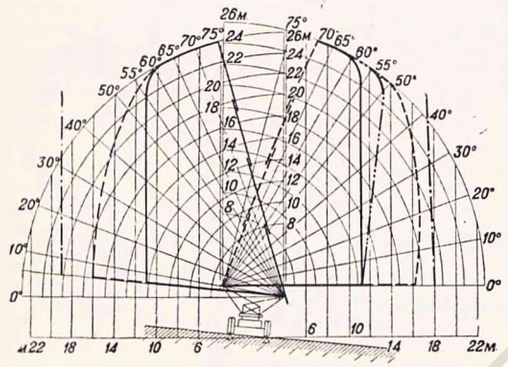
Фиг. 4.





Фиг. 5.

дается под давлением 6 *atm* при помощи особых насосов. Для прекращения сцепления необходимо открыть соответствующие краники, тогда масло начнет вытекать, давление уменьшится, диски разойдутся и движение остановится. Благодаря такому устройству сцепления движение лестницы получается очень плавное. Поворот вокруг своей оси лестница совершает или при помощи зубчатой нарезки на поворотном круге (сист. Метца) или при помощи фрикционной передачи особого диска приводного вала (сист. Магируса). Придание лестнице вертикального положения при наклонной поверхности до 10° в сист. Метца совершается при помощи тяжелого маятника, в автолестнице сист. Магируса—при помощи маятника с электромагнитом. Деревянные части лестницы лежат на особой подпорной раме, соединенной с вращающейся башней посредством специального соединительного вала. Подъем лестницы совершается цепями Галля (сист. Метца), червячной передачей (сист. Магируса) или особой шайбой, движущейся по навинтованным колонкам (сист. Мерриветера). Передняя часть лестницы лежит на особой подставке позади шоферского сидения. Для того чтобы колена лестницы не раздвигались при быстрой езде или при спускании с горы, делаются особые штыри или крюки. Выдвигание лестницы совершается при помощи стального троса, укрепленного с коленами лестницы через особые ролики. Трос наматывается на барабан, складывание происходит под действием тяжести колен при разматывании троса. Для закрепления лестницы в раздвинутом виде в конце каждого колена укреплены автоматич. задержки (с о б а ч к и), правильность положения к-рых показывает особый прибор. На фиг. 6 дано по-



Фиг. 6.

ложение автолестницы длиною 26 *м* при наклонной плоскости и при вращении лестницы вокруг своей оси на 360°. Вертикальная черта показывает угол наклона в 75°. Полукруги показывают выдвижение лестницы в *м*. Наружные цифры по дугам обозначают градусы наклона лестницы. Черта —·—·— показывает положение лестницы, при котором она опрокинется. Черта — — — показывает момент, когда лестница подходит к опасному положению, но у нее остается еще значительный запас прочности. Черта ———— показывает, при каком наклоне начинают работать предохранительные приборы, останавливающие движение лестницы. Черта —·····—·····— показывает прохождение линии остановки движения автоматич. приборами при горизонтальной местности. Горизонтальная линия показывает, на какое расстояние может лестница доставать по горизонтальному направлению. Из приведенного чертежа видно, насколько запас прочности сохраняется для лестниц при их работе (против опрокидывания, а следовательно и поломки, сопряженной с этой аварией). У механика всегда имеется запас от линии действия автоматов до линии предельной нагрузки лестницы (— — — — —), что достигается выдвиганием лестницы при нажиме рычага предохранителя (вертикального).

Деревянные части лестницы состоят из 4 или 5 колен в зависимости от высоты лестницы. Каждое колено является отдельной лестницей, причем первое колено как самое прочное является остовом. Второе колено лежит на первом и для предупреждения выпадения закрепляется особыми скобами. Третье, четвертое и пятое колена входят друг в друга по особым пазам, окованы стальными пластинами и снабжены бронзовыми роликами для легкости движения. Для придания жесткости коленам устраиваются особые приспособления, состоящие из отдельных металлич. стоек, равномерно прикрепленных к тетивам колен. Эти стойки соединены между собою стальными пластинами. В автолестнице сист. Мерриветера вместо стальных пластин применяются стальные тросы, проходящие через вершины стоек, или же стальные трубы. Такое укрепление уменьшает прогибы отдельных колен и всей конструкции в целом и в то же время дает боковое ограждение поднимающимся по лестнице. С целью уменьшения способности лестницы принимать винтообразное положение в сист. Метца применяют в верхних коленах стальные листы с подковообразной вырезкой и помимо этого у всех лестниц делают крестообразное крепление стальными лентами. Все лестницы имеют управление механизмами при помощи отдельных рукояток с четкими надписями, указывающими, для какого действия они предназначены. Кроме того имеются шкалы, показывающие длину выдвижения лестницы и угол безопасного наклона при различных длинах. Добавочная шкала показывает, на какую длину лестница выдвинута в каждый данный момент и под каким углом наклона она находится. Каждый механизм движения снабжен предохранителем против вредного движения в данном направлении. Напр.) если лестница выдвигается под углом на бо́льшую длину, чем это показано на шкале, автомат, при подходе лестницы к указанной длине, остановит дальнейшее выдвигание лестницы. То же произойдет, если лестница при известной длине будет опускаться на меньший угол наклона. Автоматы также выключают лестницу, когда она наталкивается на какое-либо препятствие или развертывается на большой угол наклона—в последнем случае действует предохранитель против опрокидывания. Действия лестницы могут совершаться как в отдельности каждое, так и все три вместе, причем развертывание, подъем и поворот осуществляются в 1,5 мин., а складывание—в 1 мин. Вообще

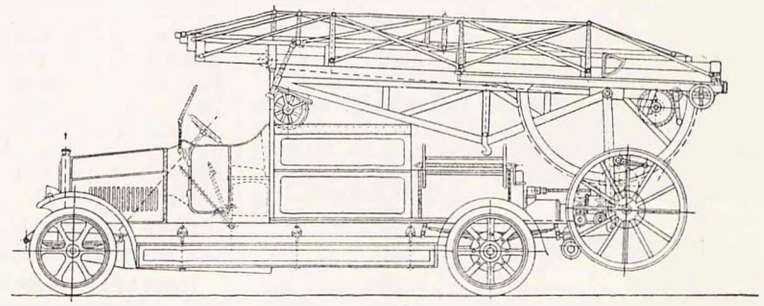
механизмы движения лестницы разработаны самым тщательным и детальным образом. Кроме механич. приводов имеются приводы также и от руки.

Американские механические лестницы. Применяемые в америк. городах механич. лестницы по своему устройству резко отличаются от европейских. Лестницы бывают двух- и трехколенные, колена входят одно в другое, а т. к. лестницы бывают высотой от 25 до 30 *м*, то и колена получаются длиной от 10 до 17 *м*. Для такой длины лестницы приходится строить особого типа шасси с 4, а зачастую и с 6 колесами (см. вкл. лист); в последнем случае передняя часть является обыкновенным автомобилем, а задняя—служит прицепкой и управляется отдельным рулем. Для подъема и удержания лестницы в вертикальном положении на автомобиле устроен специальный стальной вращающийся круг, на к-ром укреплены все механизмы, приводящие лестницу в действие. Для подъема служат две особо сильные пружины, которые заключены в цилиндры, расположенные на вращающемся кругу горизонтально; при надобности поднять лестницу, пружины эти особым механизмом освобождаются и приводят в действие подъемную тягу, к-рая, вращаясь, поднимает лестницу до желаемого угла наклона. Чтобы повернуть лестницу вокруг ее оси, особыми маховиками приводят во вращательное движение круг, на к-ром покоится сама лестница. Выдвигание лестницы происходит при помощи других маховиков. Для складывания в горизонтальное положение имеется особое винтовое приспособление, состоящее из длинного винта и гайки, сквозь к-рую винт при подъеме проходит свободно; при нагибании же лестницы в горизонтальное положение гайка замыкается, и винт, вращаемый при помощи рукояток, будет отталкивать гайку, к-рая в свою очередь упирается в лестницу и наклоняет ее к автомобилю. Укрепление отдельных колен лестницы, для придания им жесткости, производится при посредстве стальных тяг, укрепленных по концам колен и поддерживаемых в натянутом положении с помощью особых подпорок. Лестница как самостоятельный ход не применяется, а служит вообще под названием л е с т и ч н о г о х о д а, т. к. на ней кроме механическ й лестницы возится целый ассортимент других лестниц: складных, приставных, крышевых, а также и разного другого пожарного ломового инструмента. Из описания видно, что американские механические лестницы по своей конструкции значительно уступают нашим европейским, и последние понемногу начинают вытеснять эти лестницы, в особенности в небольших городах. Кроме неудобного устройства самих лестниц большим неудобством является также слишком удлиненная форма автомобиля, к-рая только и может работать в америк. городах; в европейских городах она конечно не сумела бы повернуть с главной улицы в переулок или же, въехав в переулок, не могла бы повернуть обратно; вот почему в Европе нет ни одного такого длинного автохода, какие применяются в Америке (15—19 *м*).

Т е л е с к о п и ч е с к и е л е с т н и ц ы. До появления ныне употребляемых автолестниц в Германии были в большом ходу т. н. телескопич. лестницы, несколько штук к-рых сохранилось в Берлинской пожарной команде и до настоящего времени.

Устройство таких лестниц состоит в следующем. На автомобиле (обыкновенно электромобиле) устраивается особая башня, на к-рой, опираясь на переднюю подставку, лежит телескопич. лестница, состоящая из 4 стальных труб, плотно входящих одна в другую. На верхней стороне каждой трубы прикреплено по одной металлич. лестнице. Лестницы эти нижними концами входят друг в друга, составляя при раздвигании труб одну целую лестницу. При помощи электромотора трубы с лежащими на них лестницами можно поднять на 40° и вращать вокруг вертикальной оси на 180°. Выдвигание труб происходит при помощи углекислоты, находящейся в сжатом виде в баллонах, возимых при лестнице. Когда лестница выдвинута, то после прекращения действия углекислоты лестница при помощи особого шестиходного крана затормаживается, чтобы отдельные трубы не складывались. По окончании работ углекислота выпускается из труб, последние растормаживаются, под действием своей тяжести входят одна в другую, и лестница складывается в положение для отъезда. Неудобство этих лестниц состоит в том, что металлич. трубы и самые лестницы во время холодов сильно обмерзают, а между тем, достигая в развернутом виде высоты до 25 *м*, не имеют поручней и хождение по этим лестницам в холодное время далеко небезопасно. Немалое неудобство составляют также и баллоны с углекислотой, особенно в отношении их зарядки.

А в т о н а с о с ы с о с ъ е м н ы м и р а з д в и ж н ы м и л е с т н и ц а м и. Для небольших городов приобретение большой автоматич. лестницы не оправдывает себя; в видах экономии можно соединить автонасос с лестницей. Для этого на грузовом шасси в 3,5 *т* устраивают автонасос со съемной лестницей. Этот тип П. а. получил в Европе широкое распространение, так как представляет собою вполне оборудованную боевую единицу. В данном случае насос монтируется, как обыкновенно, лестница же прочно

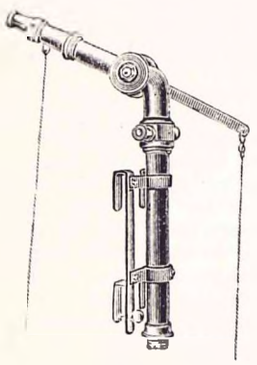


Фиг. 7.

укрепляется на задней части автомобиля (фиг. 7), куда поднимается при помощи особых приспособлений, состоящих из откидных концов рамы, опускающейся почти до земли. По этим концам лестница движется при помощи специальных колесиков, имеющих с внутренней стороны выступающие борты (как у железнодорожных колес). Подъем и спуск лестницы совершаются при помощи широкой оцинкованной проволочной ленты. Раздвигание лестницы производится стальными тросами, наматываемыми на барабан при помощи особых рукояток вручную. Высота лестницы в раздвинутом виде дости-

тает 20 м. Подъем лестницы на шасси совершается следующим порядком. Лестница подвозится к шасси, колесики кладутся на концы рельс, лента цепляется при помощи крюка за особую петлю, и при помощи рукояток начинают вращать барабан для наматывания ленты, к-рая поднимает лестницу кверху. Когда лестница займет свое положение, освобожденные концы рельс автоматически откинутся обратно и закрепят лестницу в неподвижном положении. Подъем совершается в течение 50 ск., а спуск 15—20 ск., причем для предохранения от удара имеется специальный тормоз.

Водяная башня. В америк. городах почти всюду применяются водяные башни (см. вкл. лист), составляющие отдельные отряды. В Нью Норке их имеется 4, в Филадельфии и Бостоне по 3, в Чикаго и других городах по 2 и по 1 башне. Водяная башня при полном выдвигании имеет в высоту до 21 м и состоит из двух телескопич. труб, заключенных в стальную раму, опирающуюся на поворотный круг. Верхняя труба укрепляется посредством растяжных тросов. На верхней трубе укреплен вращающийся в двух направлениях (вверх и вниз) ствол (фиг. 8), из которого производится поливка горящего здания. Управление стволом производится снизу посредством особого механизма. В обыкновенное время башня находится в лежачем положении на автомобиле наподобие наших автолестниц. Подъем и выдвигание совершаются гидравлич. способом, при помощи особого шланга от насоса, к-рый привинчивается снизу поворотного круга и сообщается с трубами водяной башни; при подъеме переставляется задвижка, и водяное давление (в 8,5 *atm*) действует на водяные цилиндры, которые поднимают башню до вертикального положения; затем производится переключение давления на выдвигание отдельных труб на требуемую высоту. Управление стволом и поворот вокруг оси совершаются ручным способом. Работа башни рассчитывается на работу ствола при давлении до 14 *atm* при диаметре спрыска от 38 *мм* до 57 *мм* и более, а поэтому эффективность работы огромная, но действие ее не превышает высоты 7 этажей. Применяют башни при громадных открытых пожарах на уровне свыше 3 этажей, т. к. по нижним этажам работа производится из особых стволов—мониторов, к-рые укрепляются или на отдельных ходах или на том же ходе, на котором перевозится сама башня. Струи как стволов на башне, так и мониторных весьма большой силы благодаря величине диаметра спрыска и того давления, которое развивается при подаче воды, а потому результаты от обилия воды колоссальны; с другой стороны, и разрушительное действие воды при сильно раскаленной поверхности стен столь велико, что при значительных пожарах почти все дома разрушаются. В Европе имеется пока одна такая водяная башня—в Баку, выписанная Азнефтью для тушения пожаров нефтяных вышек.



Фиг. 8.

Лестничные хода особенно распространены в США, где нет почти ни одной команды, которая не имела бы этих ходов. На шасси 11—12 м при специальном устройстве кузова располагаются целые наборы лестниц длиною от 2 до 18 м. На этих ходах возят также и другой мелкий пожарный инструмент различного рода.

Рукавные автохода строятся на обыкновенном шасси и представляют собою кузов, на к-ром располагают целые ряды специальных катушек; на катушки наматывают пожарные рукава, от 4 до 8 шт. на каждую. Эти автохода имеют назначение подвозить рукава к месту пожара гл.обр. в местности, где в виду слабого развития или отсутствия водопровода приходится брать воду из отдаленных водных источников.

Вспомогательные хода. Т. к. на пожарные команды возлагается обязанность оказывать помощь при стихийных бедствиях и крупного рода несчастиях, то пожарные команды больших городов имеют для этой цели специальные автоповозки, снабженные всем необходимым для оказания ожидаемой от них помощи. Сюда входят: подъемные краны, домкраты, треноги с лебедками, доски, бревна, пилы, сварочные аппараты, веревки, багры, ломы и ряд других предметов и инструментов.

Отряды спасения имущества, имеющиеся при пожарных командах во всех крупных центрах Европы и Америки, состоят из специально оборудованных автомобилей с кузовами наподобие карет, где в отделениях расположено все необходимое для спасения имущества во время пожара от поливки его водою, поломок и расхищения, а именно: насосы для откачки воды, вентиляторы для освобождения помещений от дыма, брезенты для накрывания мебели и других вещей, опилки, ивабры, лопаты, вилы, приборы для сушки помещений, специальные лотки для отвода воды и ряд других мелких инструментов. Обычно эти отряды, состоящие из автомашин и людей, содержатся за счет страховых обществ, т. к. они предназначаются главным образом для защиты имущества, в большинстве случаев застрахованного.

Лит.: Конокотин А. П., Пожарные лестницы, теоретич. основы их построения, М., 1929; Гартье Н. Ю., Пожарные автонасосы, М., 1930.

ПОЖАРЫ ЛЕСНЫЕ, явление горения лесных территорий, происходящее от действия разнообразных причин, среди к-рых подавляющей является неосторожное обращение с огнем. П. л. наносят серьезный вред лесному хозяйству, т. к. в результате их уничтожается значительное количество накопленной в лесах ценной древесины; уничтожается на больших площадях самосев и подрост и ухудшаются условия возобновления леса как в силу того, что деревья, поврежденные пожаром до степени прекращения роста и полного отмирания, не производят необходимых семян, так и в силу того, что уничтожаются лесная подстилка и лесной гумус в почве; ухудшаются условия роста и развития оставшихся после пожара

древостоев. В таких ослабленных древостоях и на отдельных деревьях происходит массовое размножение вредителей из мира насекомых (короеды), которые не только уничтожают остатки леса на пожарищах, но являются очагами, откуда вредные насекомые распространяются на соседние здоровые участки. П. л. нарушают все плановые предположения лесного хозяйства и отвлекают на борьбу с ними население в самые напряженные моменты с.-х. работ.

Общие данные о размерах П. л. в РСФСР приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Размеры лесных пожаров в РСФСР.

Годы	Число пожаров	Общая площадь пожаров. *га*	В среднем на 1 случай пожара. *га*
1910—1911	9 250	485 323	52,5
1923/24	12 715	706 087	56.0
1924/25	17 208	879 265	51.1
1925/26	10 465	613 695	51.5
1926/27	9 110	808 595	85.7

Убытки от П. л. в РСФСР исчисляются примерно в 4—5 руб. с *га*, а на всю площадь пожаров ок. 3 млн. руб. ежегодно, не считая того косвенного вреда, который трудно поддается оценке. П. л. являются бедствием, к прекращению которого путем ряда мероприятий, не допускающих возникновения пожаров или способствующих быстрой их ликвидации, необходимо приложить самые серьезные усилия, поставив это перед всем населением Союза и советской общественностью как одну из первоочередных задач.

Различают следующие виды П. л.: подземный пожар, когда огонь распространяется под землей и горит высохший торфяной слой и одновременно выгорают корни древесных и кустарниковых пород, растущих в торфе; наземный, или беглый, пожар, когда огонь распространяется в почвенном покрове леса, горит на поверхности почвы сухая трава, опавшая листва, мелкие кустарники, валежные деревья, хворост и т. п.; повальный, или верховой, пожар, когда огонь переходит на кроны деревьев и здесь распространяется со страшной силой, и наконец стволовый лесной пожар, когда горят отдельные дуплистые деревья; последний вид пожара весьма редок. Сравнительные данные о различных видах П. л. в РСФСР и Баварии приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Сравнительные данные П. л. в РСФСР и Баварии (в % к общему числу).

Виды пожаров	РСФСР (1921—1927 гг.)	Бавария (1887—1924 гг.)
Подземные	2,5	2.2
Беглые	92.0	73.9
Беглые с верховыми	5,5	19.3
Беглые с верховыми и стволовыми	—	3.6
Стволовые	—	1,0
Итого . . .	100	100

Из этих цифр ясно, что наиболее распространенным видом П. л. является беглый П. л. и беглый пожар, связанный с верховым. Последнее и понятно, т. к. чаще всего верховой пожар образуется из беглого пожара, когда таковой вступает на захламленную территорию, где огонь, вздымаясь кверху, достигает сухих ветвей взрослых деревьев и по ним быстро поднимается в крону. Стволовый пожар сырорастущего леса исключается и только тогда он может произойти, когда загораются сухие или живые деревья, но с большими дуплами, наполненными растительными остатками.

Основными условиями возникновения и распространения П. л. является наличность, с одной стороны, достаточного количества горючего материала в состоянии легкой воспламеняемости (т. е. достаточно сухого), а с другой стороны—причин, производящих воспламенение. Наличность в лесах достаточного горючего материала обусловлена естественными факторами, а также формами хозяйства; состояние же этого горючего материала, делающее его пригодным для воспламенения, в значительной степени зависит от сочетания метеорологических элементов. В силу этого, леса, состоящие из различных древесных пород и растущие в различных условиях произрастания, а также при различных способах ведения хозяйства, являются в разной степени опасными в смысле их горимости. Леса, состоящие из хвойных пород, подвергаются П. л. значительно чаще, чем леса, состоящие из лиственных пород. Так, по данным Gaertner'a для великого герцогства Гессенского за период 1898—1907 гг. в хвойных лесах произошло 59% пожаров, в лиственных 41%; по его же данным для Саксонии (1905—1908 гг.) величина поврежденной пожарами площади у разных пород, выраженная в % общей площади, была для ели 67%, сосны 32% и у других пород 1%. Выясняется, что по степени горимости и опасности от П. л. на первом месте стоят древостои из сосны и черной сосны, затем ель, пихта и лиственница и на последнем месте лиственные древесные породы. С точки зрения наносимого вреда древесные породы с толстой коркой повреждаются в меньшей степени, чем деревья с тонкой корой, и их, по степени вреда, наносимого во время пожара, можно сопоставить в такой ряд, начиная с наиболее устойчивых: лиственница, дуб, сосна, ясень, ильм, ель, пихта, бук, граб и осина. У последней группы, начиная с ели, беглые пожары часто вызывают отмирание коры, к-рая отстает от заболони, отторпывается и отваливается, тогда как у первой группы только обжигается корка, самый же камбий не повреждается. Особенно чувствительна к повреждению хвоя ель, у к-рой хвоя желтеет и осыпается; у лиственницы и у лиственных пород листва снова возобновляется, старая же гибнет. Обилие влаги в стволе лиственных пород и в листве обусловливает их меньшую горимость и, наоборот, обилие смолы и эфирных масел у хвойных пород усиливает степень их горимости. Т. о. смешанные древостои из хвойных и лиственных пород создают условия, препятствующие как возникновению, так и распространению П. л. Древостои из хвойных пород, с сильно развитым почвенным покровом, мертвым и живым, предста-

вляют наибольшую опасность в смысле возникновения П. л. Наличность большего или меньшего количества лесной подстилки и сухой травы, верескового, ягодникового, мохового и лишайникового покрова и др.— все это будет обусловлено условиями произрастания и сомкнутостью древостоев, следовательно степень горимости лесных территорий будет зависеть от типа леса и состояния древостоев. На сухих почвах П. л. бывают значительно чаще, чем на влажных и сырых.

Возраст древостоев является фактором, также обусловливающим пожарную опасность, что видно из следующих данных для Баварии и Гессена (табл. 3).

Табл. 3.—Частота пожаров древостоя разных возрастов (в % к общему числу П. л.).

Страна	Класс возраста (лета)			
	1—30	31—60	61—90	св. 90
Бавария (1877—1906 гг., одни верховые пожары) .	83,3	13,8	2,2	0,7
Гессен (1898—1907 гг.). . .	74	13	10	3

Наблюдения в лесах РСФСР за 1921 и 1922 гг. показывают, что и у нас молодняки и средневозрастные древостои горели чаще (63,5%), чем спелые древостои (36,5%). Эта зависимость объясняется тем, что в молодняках, особенно хвойных, быстро отмирают сучья, но еще долго держатся на стволе, не опадая; кроме того в момент критич. возраста и непосредственно после него в них наблюдается большое скопление отпада в виде сухих стволиков и сучьев. Благодаря этому наземный пожар по сухим ветвям очень быстро переходит в верховой, и древостои в мгновение захватываются огнем и уничтожаются. В древостоях сложной формы, с подростом и вторым ярусом, а также в древостоях, состоящих из деревьев разного возраста в результате выборочного хозяйства, пожарная опасность наибольшая, т. к. возникающие пожары переходят часто в наиболее страшную форму—верховую. Также чрезвычайно опасными в пожарном отношении являются леса, в к-рых ведется нерациональное лесное хозяйство, в результате чего в древостоях накапливается значительное количество естественного отпада в виде сухостойного и валежного леса, сухих сучьев, разного хлама и остатков от заготовки древесины. Весь этот горючий материал высыхает и легко дает пищу огню и способствует распространению П. л. Естественно, в сухие годы и в засушливое время года этот горючий материал настолько высыхает, что его воспламеняемость становится чрезвычайно легкой, и как возникновение пожаров, так и их распространение становятся весьма вероятными. Считается, что при падении влажности горючих материалов в виде остатков древесины до 10% воспламенение их делается чрезвычайно легким. Отсюда ясно, что в появлении П. л. следует ожидать известного рода периодичности, что в действительности и наблюдается. Так, проф. Тюриным для брянских лесов установлена периодичность горимости лесов, за период с 1753 по 1872 г., в среднем в 17 лет с колебанием от 26 до 8 лет. Schow и Kotok для Калифорнии в США установили таковую в 8 лет при колебаниях от 3 до 11 лет. Т. Н. Нехорошев для б. Костромской губ. установил среднюю периодичность в 24,5 и для Печорского края в 8 лет (от 21 до 3 лет).

Т. о. связь горимости лесов с засушливыми периодами вполне ясна, а следовательно и с такими климатич. факторами, как влажность воздуха, его темп-ра и осадки. Т. к. все элементы погоды имеют свою годичную периодичность, то очевидно, что будут и лесные территории в известные периоды года обладать наибольшей горимостью, что будет соответствовать наилучшему сочетанию метеорологич. элементов, приводящих в состояние, способствующее воспламенению и горению, различные растительные остатки, находящиеся на территории лесов. Это можно видеть из табл. 4, где показано число случаев возникших пожаров в каждом месяце для различных стран.

Табл. 4.—Распределение лесных пожаров по месяцам (в %).

Страна	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Всего
РСФСР (1921—24 гг.)	0,0	0,05	1,23	12,22	29,5	20,10	15,3	14,35	5,45	1,765	0,025	0,0	100
Бавария (1887—1924 гг.) . . .	0,3	1,5	12,1	25,4	21,3	11,5	14,5	7,4	4,1	1,1	0,5	0,3	100
Рейнские провинции (1907—1923 гг.)	0,5	2,6	13,2	25,0	24,4	8,8	8,5	7,7	6,9	1,7	0,4	0,3	100

Повышаясь с апреля, горимость лесов достигает максимума в мае, затем падает к осени и почти отсутствует зимой, когда влажность древесных и растительных остатков столь велика, что они становятся трудно воспламеняемыми. Отсюда вытекает, что в известные периоды года бдительность в отношении лесных пожаров д. б. усилена. Можно наметить еще и дневную периодичность в смысле возникновения лесных пожаров: чаще пожары возникают в сухое время дня, вслед за полднем, когда горючий материал является более легко воспламеняющимся. Наличность горючего материала в состоянии легкой воспламеняемости еще не обусловливает возникновения П. л.,— нужен огонь, вызывающий вспышку этого материала. Источник появления огня—это небрежное обращение с ним со стороны граждан в сухое время года. Статистические данные о причинах возникновения П. л. для РСФСР и Германии приведены в табл. 5.

Т. о. ясно, что П. л. возникают чаще всего по причине небрежного обращения с огнем, и случай возникновения пожара от молнии— явление весьма редкое, хотя по данным для сев. Финляндии молния является гораздо более частым фактором возникновения по-

Табл. 5.—Статистика П. л. РСФСР и Германии (в %).

Причины пожаров	РСФСР (1923—27 гг.)	Бавария (1887—1924 гг.)	Рейнские провинции (1907—23 гг.)	Канада (1917—21 гг.)
Неосторожное обращ. с огнем	18	73,2	29,9	37
Поджоги	2,6	13,1	7,5	2
От огня, перешедшего с других участков	4,4	—	—	—
От искр паровозов	2,5	9,0	4,7	31
От молнии	0,2	1,1	1,1	5
От других причин	—	—	—	2
От невыясн. причин	72,3	3,6	56,8	23
Итого . . .	100	100	100	100

жаров, и в разные годы вероятность возникновения от нее пожаров колеблется от 71% до 20% (1924—27 гг.).

Меры борьбы с П. л. можно расклассифицировать таким образом: меры предупредительного характера, меры тушения П. л. и мероприятия по ликвидации последствий П. л. Предупредительные меры имеют своей задачей 1) привести древостои путем организационно-технич. мероприятий в такое состояние, при котором вероятность появления пожара и его сильного распространения была бы исключена; 2) путем административно-просветительных мероприятий придать использованию населением леса такой характер, чтобы исключалась возможность неосторожного обращения с огнем; 3) путем организации специальной охранной службы добиться того, чтобы своевременно обнаруживать П. л. в моменты их возникновения и немедленно приступать к их ликвидации.

Уборка сухостойного и валежного леса в средневозрастных и спелых древостоях; ограждение противопожарными просеками опасных в пожарном отношении участков леса и содержание этих просек в чистоте; создание смешанных древостоев; создание противопожарных полос из лиственных древесных пород среди хвойных, особенно молодых древостоев, и вдоль грунтовых, шоссейных и железных дорог; очистка от сухой травы, хлама, валежа, мелкого кустарника опасных в смысле возникновения пожара мест и держание таких очищенных полос в состоянии черного пара; кроме того достаточно хорошая сеть лесных дорог, позволяющая осуществить быстрый подход к местам пожарища,—вот мероприятия хозяйственно-технич. порядка первой категории. Вся совокупность таковых должна найти себе отражение в составлении особого организационного плана мероприятий по борьбе с лесными пожарами, строго выполняемого. На плане леспромхоза и его отдельных частей наносят все опасные в смысле горимости места, указывают противопожарные линии и т. п. Этот план будет основой для проведения дальнейших мероприятий по борьбе с пожарами, во время их возникновения, давая возможность легкой ориентировки в направлении противопожарных работ.

Мероприятия просветительно-административного характера будут сводиться к ознакомлению населения окружающих данный лесной массив поселений с народнохозяйственным значением П. л., а также и тем вредом, к-рый они наносят лесу и лесному хозяйству, с причинами их возникновения, мероприятиями предупредительного характера и ролью и обязанностью населения во время тушения П. л. Воспитание в населении сознания необходимости осторожного обращения с огнем—основа этого вида мероприятий. Наряду с просветительными мероприятиями следует проводить на основе сов. законодательства (Лесной кодекс) ряд административных распоряжений по принятию мер предупредительного характера против возникновения пожаров от неосторожного пользования огнем в лесах в опасное в пожарном отношении время с указанием и тех мер воздействия, к-рые последуют за невыполнение населением этих мер.

Выработка ежегодных планов мероприятий по борьбе с лесными пожарами, с распределением населения по окружающим лесным массивам для тушения П. л. и правилами о трудовой повинности населения в момент пожаров, возлагаемая на местные советы,—важнейшее мероприятие административного характера, которое предусмотрено советским законодательством. В целях своевременного обнаружения П. л. необходимо иметь в опасное для П. л. время специальную конную пожарную лесную охрану, выстроить наблюдательные пункты (см. *Вышки пожарные*), надлежащим образом их оборудовать и связать телефонной сетью между собою, с местожительством заведующего леспромхозом и с местными сельсоветами. В наст. время для обнаружения П. л. и частично для первоначальной борьбы с ними должны применяться аэропланы, как это имеет место в США и в Канаде. Аэропланы при помощи радио должны поддерживать связь с землей и давать указания о месте возникновения пожара, а при пролете над ним принимать и первые меры тушения, сбрасывая огнетушительные бомбы или огнетушительные препараты. Это дело в наших условиях громадного протяжения лесов и равнинного их расположения должно найти самое широкое применение. Пространство, обозреваемое с аэроплана, измеряется радиусом в 30—60 *км*. Каждый леспромхоз и отдельные участки в зависимости от характера огнеопасных мест д. б. снабжены соответствующими инструментами: лопатами, мотыгами, граблями, бочками, ведрами, особыми парусиновыми ранцами для воды, огнетушительными приборами (Minimax, мод. F), газовыми масками и т. п. При этом следует распределять инструменты в соответствии с естественноисторич. особенностями данного участка: напр., где можно ждать подземного пожара, следует сконцентрировать лопаты и топоры; где ожидается беглый пожар, там надлежит иметь набор разнообразных мотыг, лопат и т. д. Несмотря на то, что население обязано являться на тушение пожаров со своими инструментами, леспромхозам следует иметь полный комплект инструментов, употребляемых для тушения пожаров, и располагать средствами быстрого передвижения—автомобилями, велосипедами и т. п.

Тушение П. л. чаще всего ограничивается локализацией таковых, но не производством самого тушения, поэтому основные меро-

приятия в этих случаях будут заключаться в том, чтобы прекратить дальнейшее продвижение огня. Это достигается тем, что на известных местах проводится ряд работ по уничтожению на территории леса всех горючих материалов, сгребаются сухие ветви, листва, вырубается кустарник, убирается хлам и т. п. Так. обр. вокруг П. л. образуется полоса, освобожденная от горючего материала—так наз. и з о л я ц и о н н а я п о л о с а, благодаря чему пожар локализуется. В зависимости от рода П. л. изоляционная полоса имеет вид или канавы определенной ширины и глубины (подземный пожар), или полосы, очищенной от мертвого почвенного покрова и кустарника (беглый пожар), или разрывной полосы в области крон, получаемой прорубкой надлежащей просеки. Одновременно с локализацией П. л. происходит и тушение такового в местах, где тлеют пни, горят муравьиные кучи, кучи хвороста. Это тушение производится путем заброски горящих предметов землей, что устраняет доступ воздуха к ним, в силу чего прекращается горение. Лесная охрана принимает сама меры к тушению немедленно после обнаружения пожара, что в самом начале сделать нетрудно; если же пожар разгорается, то тогда дает знать заведывающему леспромхозом и через сельсоветы собирает окружающее население, предупреждая его, чтобы оно являлось на пожар с орудиями для тушения и запасом продовольствия на сутки.

Руководит тушением пожара заведывающий учлеспромхозом. По прибытии на место пожара он должен определить вид пожара, быстроту его движения и направление в связи с силой и направлением ветра и, приняв во внимание направление наиболее опасных в смысле дальнейшего распространения пожара мест, установить план необходимых работ по тушению. Руководитель так распределяет рабочих, чтобы их работа по локализации лесных пожаров закончилась до того момента, когда пожар подойдет к месту локализации на 50 *м*, т. к. только на этом расстоянии от пожара возможно производить работу по его тушению в силу развивающейся высокой температуры воздуха в прилегающих непосредственно к пожару местах. Если обозначим скорость продвижения пожара через v, а время, необходимое для производства работ при данном контингенте рабочих по созданию изоляционной полосы, через t, то расстояние D в *м*, на к-рое следует отойти от пожара для того чтобы приготовить изоляционную полосу, будет равняться $D=vt+50$.

Определив все эти элементы, руководитель распределяет рабочих т. о., что часть их направляется на вышеуказанное расстояние и здесь, поперек движения огня, создает изоляционную линию, другая часть охватывает пожар с боков и тоже делает такую изоляционную линию, одновременно производя тушение пожара, и наконец третья часть рабочих, особенно младшего возраста, образует позади линии тушащих особую линию с задачею тушить искры и падающие головни. Кроме того для снабжения работающих при тушении водой создаются особые группы для подноски питьевой воды. Самое тушение П. л. при различных его видах будет различно. При п о д з е м н о м П. л. после определения расстояния, на к-ром следует проводить изоляционную линию, рабочим дается задание произвести разрыв в торфяном грунте при помощи прорытия канавы шириною от 0,7 до 1 *м* и такой глубины, чтобы канава прошла через весь торфяной слой и дошла до минерального слоя почвы или до грунтовой воды, если она близка к поверхности. Торф выбрасывается из канавы на сторону пожара, а минеральная почва—на противоположную сторону, распределяясь равномерным слоем по краю канавы. При рытье такой канавы надлежит тщательно следить, чтобы все корни и перемычки торфа, по которым огонь может проникнуть в защищаемую территорию, были удалены и дно канавы покоилось на минеральном грунте. Все деревья по краю канавы со стороны пожара должны быть срублены и сброшены в сторону пожара, лучше с обрубкой сучьев. В противном случае при сгорании корней деревья могут упасть так, что лягут в виде моста через канаву и по ним огонь может распространиться на защищаемую сторону. Проведенная канава, особенно если она наполняется водой, вполне служит преградой для распространения этого вида П. л. В течение всего времени горения окруженного такой канавой участка тщательно следят за тем, чтобы пожар не перешел за изоляционную линию, установив для этого посменный надзор. Тушить такой пожар чрезвычайно трудно, кроме случая возможности напуска вод на территорию. Тушащие пожар не должны проникать на территорию подземного пожара, т. к. это грозит опасностью для их жизни. При б е г л о м П. л. техника локализации и тушения будет заключаться в следующем. При слабом пожаре и небольшой быстроте его движения, особенно во время тихой погоды, возможно затушить пожар захлестыванием горящей травы и почвенного покрова ветвями лиственных пород, лучше—смоченных водою. При сильном ветре, при распространении пожара в участках с мощно развитыми вересковым покровом и слоем лесной подстилки или вообще с большим количеством находящегося на поверхности горючего материала, приходится прибегать уже к другим мерам. Они основаны на том, что пожар распространяется вперед гораздо быстрее, чем в бока. В этом случае сильных рабочих вооружают лесными мотыгами, лопатами и граблями, а часть слабых рабочих вооружают ветвями для захлестывания. Образуют 3 отряда: 2 отряда работают с боков, а 1 заходит спереди пожара на определенное расстояние. Работа первых двух отрядов будет заключаться в следующем. Впереди каждого отряда идут двое рабочих, к-рые быстрыми ударами мотыги производят разрыв почвенного слоя и вырубание мелкого кустарника; следующие за ними рабочие с лопатами расширяют ширину изоляционной линии; за ними идут рабочие с лопатами, к-рые окончательно придают оформление изоляционной полосе, а за ними идут рабочие с граблями, к-рыми разгребают кучи подстилки и часть ее сбрасывают в сторону пожарища. Ширина такой полосе придается в 1—4 *м*. В нек-рых случаях, где имеется глубокий гумусовый горизонт и мощная лесная подстилка, роют канавы шириною 40—60 *см* и глубиною в 30—40 *см*, выбрасывая землю в сторону пожарища. Вдоль полосы устанавливается цепь жещин с ветвями и лопатами, к-рые при приближении огня забрасывают горящие предметы землей или захлестывают ветвями. Захлестывание ветвями следует производить не ударами сверху, чем иногда можно раздуть огонь, а ударами сбоку, с небольшой высоты. При наличии поблизости тракторной станции выгодно бывает произвести опашку беглого П. л. при помощи тракторных двухотвальных лесных плугов и ручным способом лишь расчистить полосу. Оба отряда, идущие по бокам, должны стремиться снимать П. л. с боков, чтобы так свести его на клин. В это же время головной отряд, проводя изоляционную линию, подготовляет опорную линию борьбы с пожаром в голове его движения; ширина этой линии находится в зависимости от мощности почвенного живого покрова и достигает до 4 *м*; иногда копают, как указано выше, канавки. После проведения изоляционных линий приступают к тушению пожара. Тушение обычно лучше производить в ночное время: это основано на том, что в быстроте распространения пожара и в силе горения существует определенная периодичность. К ночи, благодаря снижению темп-ры воздуха и повышению относительной влажности воздуха, П. л. затихают, к утру постепенно разгораются и после полудня достигают максимальной силы. Т. о. ночью легче справиться и сбить П. л., а также и легче тушить, т. к. видны горящие пни, кучи и т. п. Самое тушение заключается в том, что рабочие, подвигаясь сплошной линией от изоляционной полосы внутрь пожара, забрасывают землей горящие материалы и захлестывают еще горящую траву, тушат кучи хвороста, горящие пни и т. п. В течение нескольких дней вокруг пожарища держится караул с тем, чтобы не возник вновь пожар от раздутия не вполне потушенных пней, куч хвороста, муравьиных куч и т. п.

При возникновении п о в а л ь н ы х (в е р х о в ы х) пожаров основная мера борьбы с ними заключается в создании разрывной полосы в области крон древесных пород и изоляционной полосы на поверхности почвы. Для этого прорубают в древостое широкую просеку шириною до 45 *м*, причем лучше, чтобы ее ширина соответствовала высоте самого высокого дерева. Иногда пользуются для разрывов уже имеющимися просеками, расширяя и расчищая их, а также дорогами, ручьями, речками и т. п. естественными местами разрыва полога древостоя. Прорубка просеки производится т. о., что деревья валятся в сторону пожара, немедленно освобождаются от сучьев и ветвей и, если возможно, оттаскиваются на противоположную пожару сторону. Ветви и сучья оставляются на стороне пожара. Просека очищается от кустарников, мертвого почвенного покрова и вообще от горючих материалов. Т. к. сами древесные стволы редко горят, то в последнее время в Германии применяют для создания разрыва полога специальную меру—обезвершинивание, что достигается закладкой динамитных патронов в место начала кроны, и после взрыва вершина падает на землю. Работа д. б. закончена до того момента, когда огонь пожара подойдет на расстояние 50 *м*. Тогда остается следить за тем, чтобы огонь не был переброшен за заградительную просеку. При верховом пожаре головешки и искры летят далеко—на 400—600 *м* от места пожара, а потому крайне необходимо, проводя работы по созданию разрывной просеки, обеспечить себе тыл, расставив позади работающих цепь из слабосильных рабочих, на к-рых д. б. возложена обязанность тушить головешки, искры и возникающие небольшие пожары. Пренебрежение этой мерой может иногда вызвать образование огневого кольца, в к-ром окажутся рабочие, что бывает весьма опасно для их жизни. Иногда борются с верховым пожаром путем пуска встречного огня. Это—мера крайняя, хотя и действительная, но должна проводиться с величайшей осмотрительностью; суть ее заключается в следующем. Отступя от пожара на расстояние, необходимое для производства работы, прорубают просеку в 4—6 *м* шириной, убирают деревья с нее, затем впереди просеки складывают широкий и высокий вал из горючих материалов, сухих веток, листвы, сухостоя и пр. За просекой вырывают канаву. Когда такой вал готов, то руководитель тщательно следит за движением воздуха и в момент, когда обнаружится в месте расположения вала тяга воздуха в сторону пожара (что вызывается образованием над пожарищем тока горячего воздуха вверх, а внизу к пожару идет приток свежего воздуха с боков), рабочим, стоящим непрерывной линией позади вала, вдоль его, отдается распоряжение одновременно зажечь вал. Пламя быстро вздымается кверху и тягой воздуха направляется навстречу пожару. В месте столкновения пожара и встречного огня происходит громадная вспышка, а затем пожар прекращается. Это происходит в силу того, что впереди весь материал уже выгорел, а также потому, что в момент встречи двух огней кислорода воздуха становится недостаточно для дальнейшего горения. По прекращении пожара следят за тем, чтобы он не возобновился, ставя охрану и производя тушение горящих предметов. После того как пожар ликвидирован, заведующий леспромхозом должен осмотреть все участки и определить размер понесенного убытка путем оценки стоимости леса на корню до пожара и после пожара, а также установить и расклассифицировать поврежденные деревья по степени их жизнеспособности. Деревья нежизнеспособные или сильно ослабленные д. б. немедленно вырублены, т. к. в противном случае они послужат очагами для размножения вредных насекомых. Жизнеспособные деревья остаются и, в зависимости от их числа и распределения, они или будут играть роль семенников или же впоследствии будут расти. В случае полной гибели древостоя следует немедленно произвести уборку мертвого леса и приступить к закультивированию лесных пространств, считаясь с особенностями лесных почв после пожара.

Лит.: Шафранов Н. С., Лесохранение, СПБ, 1876; Кравчинский Д. М., О лесных пожарах, СПБ. 1911; Нехорошев Т. В., Берегитесь лесных пожаров, Москва, 1930; Перспективный план развития лесного хозяйства РСФСР без автономных республик на период 1928/29—1932/33 гг., «Лесное

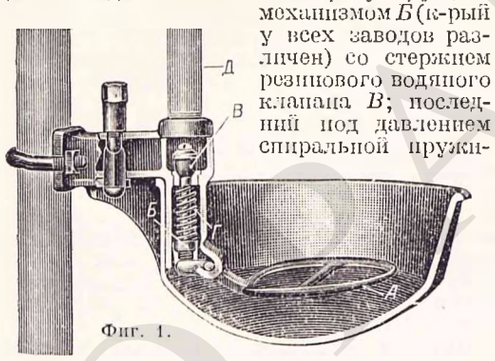
хозяйство», М., 1928, *9—12*; Соловьев В. И. и Колонтаев В. С., Лесной кодекс РСФСР, стр. 833—851, М., 1929; Инструкция об охране лесов от пожаров, М., 1925; Ткаченко М. Е., Лес и лесная промышленность Канады, «Лесопромышленное дело», М., 1924, стр. 41—44; Тюрин А. В., Основы хозяйства в сосновых лесах, М., 1925; Тюрин Н. Г., Лесные пожары и борьба с ними, «Лесовод», М., 1925; Степанов И. И., Физико-химич. особенности почв лесных гарей, «Труды по лесному опытному делу», М., 1925, вып. 2, стр. 58—84; Ситнов М., О связи между горимостью лесов и факторами гигрометрич. состояния воздуха, «Труды по лесн. оп. делу Уральской обл.», М.—Свердловск, 1930, вып. 2, стр. 97—106; Казанский Н. А., Опыты по изучению влияния огня на возобновление сосны, Исследования по лесоводству, под ред. М. Е. Ткаченко, М.—Л., 1931; Гулисашвили В. В., Опыты по изучению влияния огня на возобновление леса, там же; Сушкин И. Н., К микробиологии лесных почв в связи с действием на них огня, там же; Kienitz D. M., Massregeln zur Verhütung von Waldbränden, B., 1904; Tschaen E., Anlage von Feuerschutzstreifen längs der Eisenbahn, Deutsche Forst-Zeitung, Neudamm, 1926, B. 41, *17*, p. 423—425; Tschaen E., Die Organisation des Waldbrandschutzes, «Forstarchiv», 1928, H. 7, p. 121—124; Hess R. u. Beck R., Forstschutz, B. 1—2, 5 Aufl., Neudamm, 1927; Stumpf, Die Waldbrandversicherung, B., 1926; Saari, Kuloista etupäässä Suomen valtionmetsiä silmälla Pitaen, «Acta forestalia fennica», Helsingforsiae, 1923, *26*, p. 1—55; Keränen J., Blitzschlag als Zünder der Waldbrände im nordlichen Finnland, «Acta forestalia fennica», Helsinki, 1929, *34*. **Н. Кобранов.**

ПОЗУМЕНТ, ткацкие и плетеные изделия ленточного типа, особенность к-рых заключается в том, что в состав их входит капительная проволока и капительная пряжа, к-рую называют волокой и прядевом и к-рая готовится из чистого серебра, из медно-никелевого сплава, из мишуры или из лигатуры (см. *Капительное производство*). П. разделяются на две группы: одна называется галуном, а другая—собственно позументом.

П. играет такую же роль в костюме народов, какую играют лента и кружева из волокнистых материалов. У П. основа всегда из волокнистого материала, а уток из капительных изделий, у галуна—из капительной волоки и у собственно П.—как из волоки, так и из капительной пряжи и других капительных изделий. Изготовляется П. на многочелночн. станках с жаккардовской головкой или на коклюшечных станках. В СССР ткацкие станки для галуна называют качалками. Строятся качалки обычно из дерева в 10 и 15 челноков, с ограниченным применением металла (только для вращающихся частей). П., в к-рых рисунок выработан капительным материалом по волокнистому фону (к-рый в П. преобладает), обычно вырабатываются на механич. ленточных ткацких станках приемами, практикуемыми в *ленточном производстве* (см.), или на коклюшечных кружевных машинах заграничного производства. Производство П., особенно галуна, в наст. время в СССР сильно сокращено; до революции это производство было сосредоточено в Москве и ее уездах, в Варшаве и Петербурге. **Т. Алексеенко-Сербин.**

ПОИЛКИ для скота (автоматические). Кроме примитивных способов поения животных из естественных или искусственных водоемов или наконец из ведра, при рациональном содержании животных принято устанавливать в их помещениях автоматич. П., в к-рые поступает вода из общего водопровода. При этом способе поения животное может утолить жажду при более благоприятной $t°$ воды для питья в любое время и в том количестве, в котором оно нуждается. При применении П. устраняется опасность заражения эпизоотич. болезнями одного животного от другого, которые при поении из общего водоема часто переходят на все стадо. Своевременное поение свежей, незагрязненной водой не только отражается на здоровье животных, но улучшает усвоение ими корма, благодаря чему более быстро увеличивается вес откармливаемого скота, ускоряется рост молодняка и увеличивается количество молока и прочих продуктов животноводства. Расход рабочей силы по содержанию скота при установке П. значительно сокращается, т. к. требуется лишь надзор за содержанием П. в чистоте и за исправным состоянием их механизмов, что при несложной конструкции их не требует особого внимания. В виду указанных преимуществ автоматич. П. являются необходимой принадлежностью всякого благоустроенного животноводческого хозяйства и применяются не только при содержании молочных коров и прочего рогатого скота, но и лошадей, свиней, птицы и других животных. Для поения дойных коров, помещаемых рядами на привязи, перед кормовым проходом обыкновенно устанавливается на две головы одна П. Все П. соединяются посредством общей водопроводной трубы с водяным баком, помещенным внутри здания, благодаря чему зимою вода в нем бывает не слишком холодна, а летом не слишком тепла.

В зависимости от системы П. могут быть подразделены на три главные группы: 1) П., в к-рых постоянный уровень воды поддерживается без применения каких-либо клапанных механизмов, причем вода находится в них на том же уровне, как и в распределительном баке; 2) П., в к-рых уровень воды устанавливается посредством шарового механизма (поплавка), соединенного с запорным клапаном, и 3) П., в к-рые вода поступает в чашу под напором по мере нужды в ней животного. Первый устаревший тип П. требует установки кроме главного водяного бака небольшого распределительного бака, в к-ром вода посредством шарового поплавкового клапана поддерживается на уровне, соответствующем уровню воды во всех П. помещения. Система эта требует очень точной установки П. и водопровода по высоте и не гарантирует животных от перенесения по трубам из одной П. в другую заразных микробов. Каждая П. второго типа снабжается отдельным клапаном с поплавком, благодаря чему вода, поступающая из трубопровода под напором, поддерживается в чаше на установленном для каждой уровне. Этот способ подачи воды вполне предотвращает перенесение заразных болезней по трубопроводу, но благодаря применению клапана с поплавком, помещаемого за перегородкой в самой П., размер последней увеличен, и все устройство довольно сложно. Первый и второй тип П. снабжаются обыкновенно крышкой на шарнире, к-рую животное с целью напиться поднимает мордой. После того как оно напилось и подняло голову, крышка сама захлопывается. Хотя крышки обыкновенно снабжаются резиновыми буферами, они непрочны и от постоянного употребления портятся. Третий тип П., изготовляемый в настоящее время многими з-дами, состоит из сравнительно небольшой полукруглой чаши (фиг. 1), в к-рой шарнирно подвешен на некоторой высоте щиток *А*, разделяющий чашу на две части—верхнюю и нижнюю. Шарнир щитка соединен несложным регулируемым механизмом *Б* (к-рый у всех заводов различен) со стержнем резинового водяного клапана *В*; последний под давлением спиральной пружины *Г* на стержне не допускает притока воды из трубопровода *Д*. В нижней части чаши под щитком имеется обыкновенно небольшой запас воды. Желая им воспользоваться, животное к нему тянется и нажимает мордой на щиток, к-рый, отклоняясь вниз на шарнире, открывает клапан, и вода через него начинает поступать в чашу. Повышающийся в ней уровень воды принуждает пьющее животное постепенно поднимать морду выше, благодаря чему поднимается и щиток и прекращает дальнейшее поступление воды до нового его нажатия вниз мордой животного. В нек-рых конструкциях чаши П. бывают прикреплены неподвижно на месте и для выпуска оставшейся в них воды и промывки дно их снабжено пробкой. В других конструкциях чаша легко отнимается, причем щиток и механизм клапана остаются на трубопроводе. По тому же принципу устроены П. для лошадей, но лишь с той разницей, что они снабжаются еще запорным краном, к-рый при всяком положении щитка не допускает поступления воды в чашу. Это приспособление необходимо в тех случаях, когда лошадь, разгоряченная ездой, ставится в стойло, и во избежание опоя принято поить ее через 2—3 ч. По истечении этого срока открывают запорный кран, и П. начинает действовать обычным способом.



Фиг. 1.

Простейший тип П. для птицы—бутылка с широким горлом, установленная вверх дном на подставке над неглубоким поддоном (фиг. 2). Вода, налитая в бутылку, частью при ее опрокидывании выльется в поддон, но как только уровень ее в нем поднимется выше горла бутылки, вода из последней перестает выливаться (благодаря прекращению доступа в нее воздуха) и удерживается в поддоне на установленном уровне. По мере израсходования птицей воды в поддоне и понижения в нем ее уровня воздух, проходя через горло в бутылку, дает возможность части воды пополнить убыль. На том же принципе устроены заводские металлич. П., в к-рых бутылка заменена цилиндрич. сосудом, открытая сторона которого соединена с поддоном. **К. Шиловский.**


Фиг. 2.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ. Всякое сложное явление м. б. познано только тогда, когда все образующие его факторы изучены и измерены; вполне понятен поэтому тот интерес, какой уж давно возбуждает проблема П. к. п., или количественного выражения качества—этой важнейшей категории экономики и техники. П. к. п. наравне с другими техно-экономич. показателями необходимы и должны получить применение при решении самых разнообразных вопросов народнохозяйственной жизни. Это относится в первую очередь к проблеме качества продукции, т. е. проблеме производства и сбыта продукции оптимальной народнохозяйственной ценности. Если в условиях капиталистич. хозяйства надлежащее качество устанавливается и удерживается силами конкуренции, то в условиях бесконкурентного планового хозяйства качество должно удерживаться на определенном уровне законодательным путем, для чего для этого качества д. б. установлены объективные цифровые показатели. Практика борьбы за качество в условиях советского хозяйства определенно приводит к необходимости установления таких объективных показателей; можно было проследить систематич. ухудшение качества во всех случаях, когда ему не было дано цифрового выражения. Заводской контроль качества сырья, поступающего в производство, полуфабрикатов, переходящих от операции к операции, от цеха к цеху и т. д., именно базируется на цифровых показателях.

Количественный учет качества является крайне важным элементом также в вопросах планирования—в промышленности, в с. х-ве, в снабжении и т. д. Не определив точно качества, трудно установить цифры выпуска продукции, себестоимости, производительности труда и т. д., потому что изменение качества может существенно изменить все производственные показатели; известны многочисленные случаи увеличения выпуска и снижения себестоимости, к-рые произошли за счет прямого снижения качества продукции. В результате отсутствия П. к. п. во всей системе планирования народное хозяйство несло значительнейший ущерб, измеряемый многими десятками миллионов. То же можно сказать и о капитальном строительстве, где эффективность вложений в значительной степени зависит как от качества той продукции, которая будет выпускаться вновь выстроенным предприятием, так и от качественных показателей, примененных в системе строительства; отсутствие таких показателей приводит во многих случаях к удорожанию строительства, продукции и т. д. Количественное определение качества имеем в стандартах, представляющих систему частных П. к. п. Напр. стандарт суперфосфата (ОСТ 51) содержит ряд показателей:

	I сорт	II сорт
а) Усвояемой фосфор. к-ты (P_2O_5)	16%	14%
б) Влаги не свыше	15%	15%
в) Содержание водно-растворимой P_2O_5 должно составлять не менее 75% от суммы, усвояемой P_2O_5 *		

* Допускается отклонение для содержания P_2O_5 на 0,5% и влаги на 1%.

Однако наряду с данными цифровыми показателями стандарт содержит также указания («д. б. рассыпчатым, не слеживаться в комки и т. п.»), к-рые не всегда м. б. выражены цифрами, однако существенны для качества продукта. Система частных показателей, выраженных в качественном стандарте, будет тем ценнее, чем меньше он содержит спорных описательных моментов, касающихся обычно внешних свойств продукта—цвета, запаха, вкуса и т. д. В отношении цвета в нек-рых случаях в стандарт вводятся показатели по шкале Оствальда; в отношении же запаха, вкуса, отделки и т. д., с к-рыми приходится сталкиваться гл. обр. в продуктах пищевкусовых и широкого потребления, здесь необходимо допустить некоторые показатели, определяемые субъективным путем.

Система П. к. п., уложенная в стандарт, представляет собой то решение в области качества, к-рого в условиях планового хозяйства должен придерживаться производственный сектор. Показатели, учитывающие интересы всего народного хозяйства, не должны ни превышаться ни снижаться: в случае их превышения произойдет удорожание производства за счет расхода излишних материалов и рабочей силы (с получением продукта, в к-ром не учитывается амортизационная политика в данной области потребления), в случае же снижения качественных показателей будет нанесен ущерб потребительскому сектору народного хозяйства. Поэтому во всех планах момент качества продукции д. б. отражен только ссылкой на соответствующий общесоюзный стандарт. Если в условиях планового хозяйства качественный стандарт представляет собой закон, то он и должен, в особенности для целей арбитража, детально охватывать все факторы, характеризующие качество. Система П. к. п. устанавливает, как видно из приведенного выше примера, сорта продукта, учитывая этим неодинаковые производственные возможности различных предприятий данной отрасли. Стандарт дает также указания относительно допусков, за пределами к-рых начинается брак изделия. В некоторых стандартах, напр. в текстильных тканях, наряду с П. к. п. имеется также система скидок для бракованных изделий с классификацией брака. Такие таблицы однако как бы указывают брак и связанные с ним народнохозяйственные потери и поэтому должны считаться недопустимыми.

Система частных П. к. п. наряду с указанными преимуществами по выявлению всех качественных факторов имеет все же нек-рые практич. неудобства. Сюда относится прежде всего сложность поверки, которая по всем характеризующим качество физико-технич. и химич. константам, которых иногда бывает значительное число, м. б. произведена только в лабораторной обстановке. Вот почему практика зачастую оставляет качественные показатели и их поверку гл. обр. для арбитражных случаев, вырабатывает наряду с этим методы упрощенной поверки качества, сводя его к единому интегральному показателю. Так, технич. условия для упаковки ящиков с товарами могут содержать целый ряд показателей, однако практика выработала метод интегральной поверки числом сбрасывания ящика на чугунную плиту с определенной высоты; таким же интегральным показателем для стали долгое время был показатель $R+2l$ (сумма из временного сопротивления и двойного удлинения), который, хотя и был неточен, все же давал одним числом приблизительную характеристику металла. Установление интегрального показателя особенно важно для сложных изделий—двигателей, станков, котлов и т. д.,—где система частных П. к. п., как цифровых, так и описательных, чрезвычайно разрастается по объему. Вот почему для характеристики сложных двигателей наряду с системой частных П. к. п. применяются более общие показатели, напр. для паровой турбины таким показателем является расход пара на производственный kWh, для паросиловой установки—число Cal топлива на получение одного kWh, и т. д.

Важным недостатком системы частных П. к. п. является трудность, а зачастую и невозможность сравнений качества двух или нескольких продуктов различных достоинств. Если в стандарте имеется только один показатель, то сравнение легко возможно; при наличии же большого числа показателей или напр. в случае сложного изделия система частных П. к. п. не всегда может дать ответ на вопрос о превосходстве качества сравниваемых продуктов. Ответ на этот вопрос можно получить только тогда, когда качество выражено одним числом—интегральным показателем. Если для продукции советского производства, к-рая должна соответствовать установленному стандарту, такие сравнения должны производиться не особенно часто, то для сравнения с заграничной продукцией, напр. в случаях экспорта, импорта и т. п., при заимствовании нового типа продуктов, такие сравнения должны обязательно производиться. Для того чтобы интегральный П. к. п. давал возможность сравнения качества, он должен отразить в себе все факторы, обусловливающие потребительскую ценность продукта. Приведенный пример общего показателя в паровой турбине—расход пара на 1 kWh—является только частным комплексным показателем совершенства агрегата, но не может служить интегральным показателем, ибо не отражает многочисленных факторов, характеризующих всю работу турбины, напр. надежности работы, расхода на обслуживание, смазку, цены. Из этого следует, что интегральный показатель в своей сложности д. б. выражен не именованным, а отвлеченным числом, представляющим комплексный индекс качества.

Попытки выражения качества интегральным показателем мы имели во многих областях техники. Так, известно предложение немецкого ученого Кёнига определять пищевую ценность продукта числом, выражающим общее количество пищевых единиц, содержащихся в 1 *кг* продукта; при этом за единицу ценности принималась ценность 1 *г* углевода, ценность 1 *г* жира приравнивалась 3 единицам, ценность 1 *г* белка—5 единицам. Зная содержание в продукте белка, жира и углеводов, можно выразить числом его пищевую ценность. Предложение это имеет тот недостаток, что оно неполно, не

учитывая таких качественных признаков, как вкус, аромат и др., не поддающихся числовому выражению, однако имеющих большое значение для оценки продукта. Более сложные системы были предложены в других областях пищевой промышленности, например в герм. системе бонификации пивоваренного ячменя. В СССР вопросами количественного определения качества занималось Особое совещание по качеству продукции при ВСНХ СССР, к-рое после длительного рассмотрения вопроса пришло к заключению о возможности и целесообразности установления для всей продукции интегральных П. к. п., так называемых сравнительных коэфициентов.

Интегральный индекс качества K м. б. установлен при наличии качественного стандарта и определяется по ф-ле уд. в. сложных сплавов, смесей и тому подобных явлений. Показатель K зависит от следующих показателей. 1) От степени важности той или иной качественной характеристики предмета, т. е. удельного веса ее в качестве предмета. Так, для тканей наиболее важными качественными признаками будут носкость, к-рая определяется разрывной крепостью ткани по основе и утку, вес ткани, ее плотность, белизна и количество аппрета. Все эти качественные признаки k_1, k_2, ... оцениваются субъективным путем по степени их важности баллами, отражающими их уд. в. в «качествообразовании» (для ткани напр. разрывная крепость имеет балл +10, вес +5, плотность +5, степень белизны +2, количество аппрета + 1). 2) От «весов» a_1, a_2, ..., определяющих количество того или иного качественного признака. В частности для тканей напр. можно установить особую шкалу для разрывной длины: обычно для хл.-бум. тканей разрывные длины 2,5—9,5 тыс. *м* разбиваются на 5 групп, так что ткань после испытания получает, в зависимости от своей крепости, отметку, «в е с», по пятибалльной шкале 1—5. То же можно сделать и с оценкой веса ткани, ее плотности, к-рая характеризуется количеством ниток на определенную ширину и т. д. После установления по испытании данного образца отметок a_1, a_2, ... по всем признакам, интегральный показатель K, как уд. в. сплава металла с различными уд. в., определяется по ф-ле:

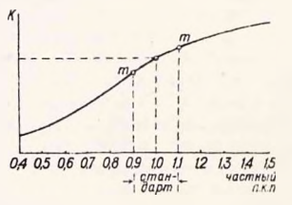
$$K = \frac{a_1k_1 + a_2k_2 + \ldots + a_nk_n}{k_1 + k_2 + \ldots + k_n}.$$

Т. о. напр. хл.-бум. ткань, разрывная длина к-рой по основе 6 600 *м* (отметка 3,0), по утку 4 535 *м* (отметка 2,0), вес 1 *м*² 102 *г* (отметка 2,0), плотность, т. е. количество ниток на 50 *мм*, 149 (отметка 2,5), белизна по полутеневому фотометру 73,2% (отметка 3) и количество аппрета 6,72% (отметка 3), получает по пятибалльной шкале суммарную оценку:

$$\frac{3.0\times10 + 2.0\times10 + 2.0\times5 + 2.5\times5 + 3.0\times2 + 3.0\times1}{10+10+5+5+2+1} = 2.47.$$

Приведенная ф-ла страдает тем дефектом, что она недостаточно оценивает изменение всего качества изделия с изменением веса по какому-либо одному признаку. Даже если какой-либо качественный признак окажется очень низким, даже равным нулю, то по ф-ле качество может оказаться вполне удовлетворительным.

Суммарная потребительская ценность продукта представляет собой степенную функцию, т. е. с уменьшением какого-нибудь качественного признака достоинство продукта не изменяется пропорционально, а резко падает, иногда до нуля (например утонение ткани вдвое может сократить носкость вчетверо, а при утонении в три раза, носкость, а следовательно и качество ткани, может стать равной нулю). Очевидно также, что с увеличением какого-либо отдельного качественного признака против стандарта, при неизменности всех остальных, суммарное качество продукта не будет возрастать пропорционально; так напр., при увеличении крепости утка вдвое, втрое и т. д. и при неизменности остальных факторов, общие потребительские достоинства ткани не возрастут соответственно вдвое, втрое и т. д., но значительно меньше; точно так же напр. увеличение механич. прочности электроламны вдвое, втрое и т. д. не вызывает пропорционального изменения общей потребительской ценности электролампы—длительности ее службы. Т. о. зависимость суммарного качества продукта от изменения отдельного качественного признака м. б. графически изображена в виде кривой, имеющей точку перегиба в месте, соответствующем норме стандарта; она изобразится приблизительно, как на фигуре. По оси абсцисс и ординат мы откладываем здесь процентные значения как отдельн. качественного признака, так и интегрального показателя качества; 100% соответствуют норме стандарта. Зависимость качества продукта K от изменения отдельного качественного признака м. б. изображена графически (см. фиг.). В виду указанных недостатков приведенной выше ф-лы предложена другая ф-ла, где отдельные показатели-сомножители входят в общее произведение—интегральный показатель качества. Здесь уже, если по одному из признаков получен низкий балл, то и произведение получит низкую оценку, при нулевом балле качество также будет равно нулю. Для того чтобы учесть неравномерность возрастания качества, показатели важности вводятся в ф-лу показателями степеней, и ф-ла имеет вид:



$$K = \sqrt[z]{a_1^{k_1} \cdot a_2^{k_2} \ldots a_n^{k_n}},$$

где $z = k_1 + k_2 + \ldots + k_n$. Логарифмируя эту ф-лу, мы получаем:

$$\lg K = \frac{k_1 \lg a_1 + k_2 \lg a_2 + \ldots + k_n \lg a_n}{k_1 + k_2 + \ldots + k_n},$$

т. е. логарифм комплексного показателя качества представляет средневзвешенное не отдельных баллов, как в первом случае, а их логарифмов. Логарифмич. ф-ла имеет то преимущество, что она пригодна во всех случаях сравнения качества; недостатком ее является сложность и необходимость б. или м. сложных подсчетов логарифмированием. Т. к. на практике редко приходится сравнивать продукты, качественные показатели к-рых далеко отстоят от стандарта

(тем более, когда показатели эти близки к нулю, т. е. изделие представляет брак), то в этом случае можно свободно пользоваться первой ф-лой. Как видно из диаграммы, участок кривой качества *mn* на небольшом расстоянии вправо и влево от 1, т. е. без больших отступлений от стандарта, м. б. принят как прямолинейный, а в этом случае более простая арифметич. ф-ла окажется также и теоретически правильной.

Возражения, приводимые против оценки качества интегральным показателем на основе субъективно устанавливаемых коэф-тов важности и весов отдельных признаков, не обоснованы, ибо практика уже показала высокую степень точности при установлении этих величин экспертами. Здесь только важно, чтобы интегральный показатель действительно учел все качественные признаки, которые полностью определяют потребительскую ценность продукта; при этом должны учитываться такие качества, как напр. для трактора—легкость и простота обращения, безопасность, возможность снабжения топливом. Разумеется, цена продукта также должна войти значительным фактором в составной качественный показатель. Кроме того не следует забывать, что интегральный показатель представляет отвлеченный индекс, применяемый для сравнений; в этом случае возможная субъективная ошибка исчезает при делении напр. показателей качества для двух продуктов. Необходимо все же при этом помнить, что вполне объективная оценка качества дается только системой частных показателей—качественным стандартом, заменить который интегральный показатель не может; область применения последнего—обычная для всех индексов подобного порядка.

Лит.: Сравнительные коэфициенты качества продукции, ч. 1 и 2, М.—Л., 1926. **М. Аронович.**

ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ есть отношение фазовых скоростей волны в двух соприкасающихся средах, в которых волна распространяется:

$$n = \frac{v_1}{v_2}.$$

Для изотропных и непоглощающих сред n не зависит от направления волны и равняется отношению синусов углов падения и преломления:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r}.$$

В анизотропных и поглощающих средах П. п. зависит от направления (см. *Двойное лучепреломление* и *Отражение света*). Относительно зависимости n от длины волны см. *Дисперсия света*, о способах измерения см. *Рефрактометр*. В электромагнитной теории света n связан с диэлектрич. постоянной среды:

$$n = \sqrt{\varepsilon}$$

(магнитная проницаемость при этом положена равной 1). **С. Вавилов.**

ПОКРОВНЫЕ ЛАКИ, жидкости, наносимые тонким слоем на различные поверхности (дерево, металл, стекло, камень, бумагу, кожу и т. д.), на к-рых после б. или м. продолжительного времени они высыхают, образуя твердую и прозрачную пленку. Лаковая пленка имеет назначением 1) предохранить предметы от внешних влияний (сырости, действия воздуха и других газов, загрязнений и т. д.); 2) придать им более приятный внешний вид (гладкую, блестящую или матовую, окрашенную или бесцветную поверхность); 3) сообщить предметам различные свойства (водонепроницаемость, неэлектропроводность и др.). П. л. представляют собою растворы одного или нескольких веществ, образующих твердую пленку (о б р а з о в а т е л е й п л е н к и, или л а к о в ы х т е л) в растворителях и разбавителях. Вещества, образующие пленку, м. б. твердыми или жидкими. К ним принадлежат 1) смолы естественные (копалы, даммар, шеллак и многие другие) и искусственные (альдегидофенольные, кумароновые и пр.); 2) жирные высыхающие и полувысыхающие масла (льняное, древесное, маковое и др.); 3) эфиры целлюлозы (нитроцеллюлоза, ацетилцеллюлоза); 4) битуминозные продукты (асфальт, стеариновый пек и гудрон, каменноугольный пек и т. д.); 5) растительный и животный клей, декстрин, казеин и другие вещества в смеси с щелочными растворами шеллака и других смол. Как летучие растворители и разбавители употребляются спирт, скипидар, бензин и другие жидкости. Жирные масла обычно выполняют обе функции: образователя пленки и растворителя для других лаковых тел (смол, асфальта и т. д.). П. л. представляют собой б. ч. коллоидные растворы, свойства которых зависят от очень многих условий: природы, состава и относительного содержания различных лаковых тел, свойств растворителей и разбавителей, способа получения, $t°$, концентрации, продолжительности хранения и других условий. Свойства твердой лаковой пленки зависят также от способа нанесения, тщательности покрытия, подготовки грунта и т. д. Поэтому качество лаков представляет очень сложную функцию самых разнообразных факторов. Наиболее существенное влияние на свойства лаков оказывают все-таки свойства и качество применяемых лаковых тел. Выбор и комбинирование тех или иных смол, масел, эфиров целлюлозы и т. д., изменение относительного содержания их в составе и пр. дают возможность получать лаки с самыми различными свойствами; этим обычно широко пользуются в производстве лаков, строго учитывая те цели, для которых лаки предназначены. Лак, пригодный для покрытия одного материала, напр. дерева, непригоден для покрытия кожи; лаки для внутренних работ не могут с успехом применяться для наружных и т. д.

Лаки в зависимости от процесса, к-рый происходит при образовании пленки, делят на масляные и летучие. М а с л я н ы е л а к и представляют растворы различных смол и других лаковых тел в жирных *высыхающих маслах* (см.) в смеси с летучими разбавителями. При высыхании таких П. л. происходит физико-химич. процесс, так как помимо испарения разбавителя протекает химич. реакция (окисление и полимеризация высыхающего масла), сопровождающаяся поглощением кислорода и превращением жидкого масла в твердую эластичную пленку. Последний процесс значительно ускоряется в присутствии *сиккативов* (см.)—растворенных в масле особых соединений, содержащих металлы, к-рые часто вводят в состав масляных П. л. в незначительном количестве. Одни высыхающие масла без примеси других лаковых тел после соответствующей обработки путем сгущения при высокой $t°$ (полимеризованные масла: диколь, штандоль и др.) или путем продувания воздуха (оксидированные масла—см. *Олифа*) также употребляются для получения П. л. Они применяются гл. обр. для приготовления л а к о в ы х, или э м а л е в ы х, к р а с о к, представляющих смесь лака с различными пигментами. Л е т у ч и е л а к и представляют растворы различных лаковых тел (смол, эфиров целлюлозы и т. д.), за исключением жирных высыхающих масел, в летучих растворителях и разбавителях. При высыхании летучих лаков происходит простой физич. процесс—испарение летучих составных частей лака, после удаления которых остающаяся на поверхности твердая пленка не претерпевает дальнейших изменений. Жирные масла могут входить в состав лака только как добавка в незначительном количестве и не оказывают заметного влияния на процесс высыхания. По роду растворенного тела или растворителя летучие лаки делят на спиртовые и целлюлозные, а также скипидарные, бензиновые, водяные и др.

Особое место среди П. л. занимают к а у ч у к о в ы е л а к и, представляющие растворы каучука в бензине, скипидаре и других растворителях, или растворы хлорированного каучука в бензоле, ксилеле и других углеводородах, которые могут смешиваться с маслами и смолами. В лаковом производстве они применяются гл. обр. только как добавки к другим П. л. При получении П. л. очень часто употребляют не одно какое-либо лаковое тело, а смесь их в зависимости от тех требований, которым должны удовлетворять П. л. Поэтому комбинируют не только лаковые тела одного и того же класса, например смолы (различные копалы между собой и с другими смолами, естественные смолы с искусственными и т. д.), но и различные классы лаковых тел, напр. нитроцеллюлозу со смолами, каучук с нитроцеллюлозой и смолами и т. д., получая различные смешанные или комбинированные П. л. П. л., содержащие асфальт, называются асфальтовыми (см. *Асфальтовые лаки*).

Помимо состава лаки часто классифицируют в практике по роду и цели применения, по способу нанесения и т. д. В первом случае различают лаки для наружных работ, для внутренних работ или П. л. по металлу, коже, дереву и т. д. По объекту применения различают лаки экипажные, автомобильные, мебельные, печные и др. По способу нанесения различают П. л., наносимые кистью, путем погружения, пульверизации и т. д. (см. *Лакировка*). Кроме того выделяют П. л. специального назначения: для изоляции (см. *Изоляционные лаки*), для авиации (см. *Аэролаки*), для фотографии, для получения *водонепроницаемых тканей* (см.) и др.

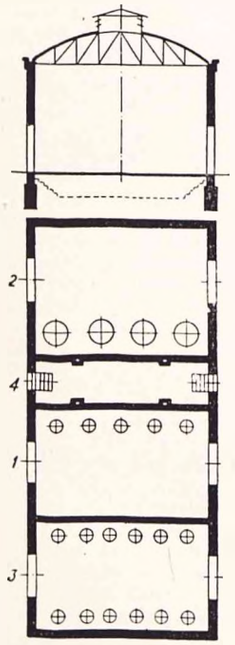
Масляные лаки дают наиболее прочную, стойкую по отношению к атмосферным влияниям, эластичную и долговечную пленку; поэтому их применяют для наиболее ответственных покрытий и наружных работ, к-рые подвергаются постоянным неблагоприятным внешним влияниям (погоде, колебаниям $t°$, механич. действию и т. д.). Недостатком масляных лаков является продолжительность сушки, вызванная необходимостью нанесения нескольких слоев лака (что обычно требуется при лакировке). Покрываемая поверхность должна быть соответствующим образом хорошо прогрунтована. В связи с применением для получения хороших масляных лаков твердых смол (копалов), продолжительностью отстаивания и других процессов обработки они значительно дороже спиртовых и других летучих П. л. С п и р т о в ы е П. л. дают по сравнению с масляными гораздо более хрупкую и менее прочную пленку, к которой для увеличения эластичности приходится прибавлять различные добавки—мягкие смолы, масло и т. д. Поэтому они применяются гл. обр. для внутренних покрытий. Спиртовые П. л. быстро высыхают, дают возможность получать очень светлые, почти бесцветные, а также окрашенные пленки, которые хорошо полируются и обладают значительным блеском. Получение их менее сложно, чем масляных П. л. Цена зависит от рода и качества применяемых смол. Ц е л л ю л о з н ы е П. л. дают очень эластичную, быстро высыхающую, почти бесцветную блестящую пленку, которая не размягчается при нагревании, достаточно стойка к действию атмосферных условий, но чувствительна к свету; они находят широкое применение для покрытия различных поверхностей, а также тканей. А с ф а л ь т о в ы е П. л., в особенности масляные, дают пленку очень стойкую к нагреванию, действию к-т и разбавленных щелочей, света и других атмосферных условий. Применяются как для наружных, так и внутренних работ, гл. обр. для предохранения металлов от ржавчины. Недостатком асфальтовых П. л. является их черный цвет. К а у ч у к о в ы е П. л. обладают большой эластичностью и стойкостью к химич. действиям. В настоящее время применяются как добавка при получении комбинированных лаков.

Масляные лаки. С ы р ы е м а т е р и а л ы и к л а с с и ф и к а ц и я. Сырыми материалами для приготовления масляных лаков служат: 1) естественные смолы — копалы, янтарь, даммар, канифоль и другие, смеси этих смол и продукты их переработки—эфиры и другие соединения. В зависимости от рода применяемой смолы различают копаловые, янтарные, даммаровые, канифольные и другие масляные лаки; 2) искусственные смолы—кумароновые, альдегидофенольные и продукты их конденсации с естественными смолами—а л ь б е р т о л и; 3) жирные высыхающие масла: лаковое, льняное, древесное, маковое, конопляное и др., а также их смеси и продукты переработки: *олифа* (см.), диколь, штандоль, оксидированные и другие масла; 4) сиккативы: а) окиси металлов и простые соли (свинцовый глет, уксуснокислый свинец, борнокислый марганец, гидрат окиси марганца и др.); б) резинаты (соли Co, Pb и Mn абиетиновой к-ты канифоли); в) линолеаты (соли тех же металлов жирных кислот льняного и других масел); 5) разбавители: скипидар и его заменители (сангайол и др.), лаковый бензин, сольвент-нафта, декалин и пр. Для получения асфальтовых масляных лаков вместо смол, а иногда и в смеси с ними, применяется натуральный и искусственный асфальт, стеариновый пек и гудрон и другие битуминозные продукты (см. *Асфальтовые лаки*). Кроме обозначения масляных лаков по составу их классифицируют также по отношению содержания вы-

сыхающего масла к твердым лаковым телам (смоле, асфальту и т. д.) на а) ж и р н ы е лаки (отношение масла к смоле 3 : 2 и выше); б) т о щ и е лаки (отношение 1 : 2 и меньше); в) п о л у ж и р н ы е лаки, занимающие промежуточное положение между первыми и вторыми. Т. о. наиболее полным и рациональным было бы следующее обозначение масляных лаков: конго-копаловый на льняном и древесном масле, отношение масла к смоле 1 : 1, отношение льняного масла к древесному 2 : 1.

В продаже чаще всего лаки обозначают по цели их применения. Зелигман и Цике дают следующую классификацию масляных лаков: 1) П. л. для наружных работ (вагонные, экипажные, для садовой мебели, автомобилей и т. д.), к-рые подвергаются постоянному действию атмосферных условий (дождь, пыль, ветер, колебания $t°$ и т. д.); от них требуется большая эластичность, твердость и прочность; поэтому они изготовляются из наиболее твердых смол (копалов) со значительным количеством масла (жирные П. л.); сохнут медленно. 2) П. л. для внутренних работ (мебельные, машинные, половые и т. д.) находятся в более благоприятных условиях, поэтому могут изготовляться не только из копалов, но также из препарированной канифоли и других смол; содержат меньше масла и сохнут значительно быстрее. 3) П. л. для внутренних и наружных работ занимают промежуточное положение между первыми и вторыми. Сюда относятся П. л., достаточно быстро высыхающие для внутренних работ и достаточно прочные для употребления снаружи. 4) П. л. для горячей сушки (печные, лаки для швейных машин и т. д.) д. б. стойки к нагреванию, т. к. сушка их производится в особых печах при $t°$ 60—100° и выше; употребляются для лакировки жести и различных металлических изделий; содержат сравнительно много масла; при высыхании должны давать твердую и блестящую пленку. 5) П. л. для специальных целей (матовые, для покрытия кожи, тканей, изоляции и т. д.) должны удовлетворять особым требованиям соответственно цели их применения.

П р о и з в о д с т в о м а с л я н ы х л а к о в. Лаковарочные з-ды в виду опасности их в пожарном отношении д. б. по возможности удалены от других строений. По этой же причине обслуживание топок должно находиться вне помещения для плавки смол и препарирования масла. Для удаления выделяющихся газов и паров разбавителя необходимо устройство вентиляции. Полы делают из бетона или каменных плиток. Окна и двери д. б. железные. Крыша д. б. сделана из неогнеопасного материала и снабжена верхним светом и окнами. Освещение (лучше всего электрическое) должно быть так устроено, чтобы была исключена всякая возможность образования искр. Общий план отделения для приготовления П. л. и масел изображен на фиг. 1.

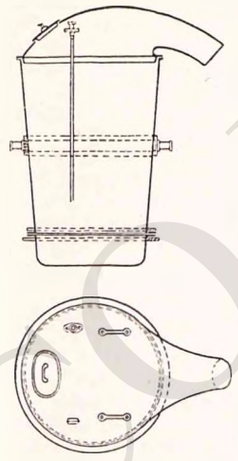


Фиг. 1.

Он состоит из помещения *1* для плавки копала, в к-ром расположены небольшие подвижные котлы, помещения *2* для приготовления олифы и сгущенных масел, а также препарирования канифоли в больших стационарных котлах, помещения *3* для смешивания, охлаждения и разбавления П. л. и кочегарки *4*. К ним примыкают помещения для фильтрования, отстаивания и хранения П. л., склады для смол, масел и разбавителей и других материалов. Трубопроводы для жидкостей часто окрашивают в разные цвета, а резервуары снабжают шкалами для определения расхода материалов.

К о п а л о в ы е л а к и чаще всего изготовляются из следующих копалов: конго, занзибар, мадагаскар (твердые копалы), каури, твердый манила и другие (полутвердые копалы), мягкий манила и другие (мягкие копалы). Качество копала определяется его твердостью, цветом и чистотой. Наиболее прочные и светлые лаки получаются из твердых и светлых копалов. Копалы, а также янтарь растворяют в высыхающих маслах только после того, как из них удалены нерастворимые в масле летучие составные части путем нагревания копала выше $t°_{пл.}$; поэтому этот процесс называют п л а в к о й копала. Перед плавкой копал сортируют, измельчают и просеивают. Сортировка производится по происхождению, цвету и содержанию в смоле примесей. Плавку копалов разного происхождения ведут отдельно, так как вследствие разных $t°_{пл.}$ плав получается неоднородным и темным. Измельчение копала также необходимо для получения равномерной плавки. Копал измельчается обычно на куски одинаковой величины диаметром ~3 *см*, а получающаяся при этом копаловая пыль отсеивается и перерабатывается отдельно на темные лаки. Раньше измельчение и сортировка копалов производились б. ч. вручную, в настоящее время для переработки больших количеств копала применяют дробилки и механич. сита. Подготовленный копал отвешивают и помещают в котел для плавки. Подготовка высыхающих масел состоит в очистке их, а также в обработке их тем или иным способом перед употреблением для получения лаков. Масло д. б. совершенно прозрачным, не содержать слизистых и белковых веществ, свободных к-т и примеси других масел. Для светлых лаков масло д. б. кроме того по возможности слабо окрашено. Обычно применяется лаковое льняное масло, к-рое при быстром нагревании до 300° не дает никакого осадка. Для удаления механич. примесей масло отстаивают или фильтруют, для удаления слизистых, белковых и красящих веществ обрабатывают отбельными землями, химич. реагентами и другими способами (см. *Рафинация масел*). Кроме сырых масел—льняного, древесного, конопляного и т. д.—нередко применяются олифа и сгущенные масла (полимеризованные из льняного масла: штандоль или смеси его с древесным; диколь и др.). Эти масла, получаемые в отсутствие воздуха при высокой $t°$, отличаются светлым цветом и большой вязкостью, вследствие чего варка лаков значительно сокращается. Кроме того они улучшают качество лаковой пленки, делая ее более прочной, твердой и блестящей. Плавка копала и соединение его с маслом являются одной из наиболее важных операций в производстве масляных копаловых лаков. Для плавки копала в небольших производствах до сих пор еще употребляют ручные переносные котлы

на 15—20 *кг* копала, емкостью до 200 *л*. В больших производствах они употребляются только для пробной плавки, а для работы служат котлы большего размера, передвигаемые при помощи тележек. Наиболее часто применяется котел сист. Зоммера (фиг. 2). Корпус котла делается из алюминия или эмалированного железа, к нему привинчивается медное днище. Сбоку котла находятся две цапфы, при помощи которых котел устанавливается на тележке. При помощи специального механизма котел можно поднимать над огнем на большую или меньшую высоту, что дает возможность легко регулировать $t°$ нагрева. Котел плотно закрывается крышкой, в к-рой имеются три отверстия: для воронки, через которую в котел вливают масло, для термометра из прочного кварцевого стекла и для ручной мешалки из стали или алюминия. В Америке применяют котлы из сплава никеля и меди с высоким содержанием никеля. Размеры котлов: полная высота 100 *см*, глубина днища 20 *см*, ширина верхней и нижней части котла в свету 60—50 *см*, 80 и 65 *см*, 85 и 75 *см*, что соответствует емкости котла в 200, 400 и 500 *л*. Нагревание котлов производится углем или коксом, который сжигается в очаге. Перед плавкой д. б. положено столько топлива, чтобы его хватило на всю плавку, т. к. при снимании котла с очага $t°$ его понижается, процесс задерживается, образуется много пены и получается темноокрашенный продукт. В наст. время для нагревания котлов применяют газ или масло, к-рые сжигают соответственно в горелках или форсунках, благодаря чему можно очень точно регулировать $t°$ процесса. Выгодность переработки больших партий копала за один раз раньше считали сомнительной, однако последние опыты показали, что процесс плавки больших партий копала проходит значительно проще и безопаснее, чем при маленьких количествах, так как образуется меньше пены и требуется более низкая $t°$, особенно если плавка ведется в атмосфере углекислого или другого инертного газа. Поэтому некоторые ф-ки за границей плавят до 1 000 *кг* копала за раз в больших стационарных котлах. Для удаления газов, выделяющихся при плавке, раньше пользовались высокими трубами; в наст. время газы сжигаются или конденсируются при помощи вбрызгивания холодной воды. Процесс плавки в небольших котлах происходит сл. образом.: после того как в очаге достигнута достаточная $t°$, устанавливают в нем котел с отвешенным копалом, плотно закрывают крышкой и соединяют последнюю с газоотводной трубой. Темп-ра нагрева зависит прежде всего от рода копала, материала и емкости котла, устройства топки и качества топлива, а также от опыта работающего. Обычно она 300—360°, например для каури и манила до 330°, для конго и других твердых копалов выше (до 370°). При более низких $t°$ образуется больше пены, и процесс плавки задерживается; при более высоких—происходит обугливание отдельных частиц, и копал может легко воспламениться. При нагревании из копала выделяются сначала пары чистой воды, затем летучие продукты (летучие к-ты, эфирные масла и др.) и продукты разложения, образующие к о п а л о в о е м а с л о. Так как эти газы легко воспламеняются, необходимо хорошо изолировать их от соприкосновения с огнем. Во время плавки образуется много пены, поэтому производят легкое перемешивание плава. Если пена начинает спадать, плав становится жидким и однородным, легко стекает с вынутой из котла мешалки и не оставляет на ней никаких кусочков, то процесс плавки считается законченным. После этого к копалу прибавляют масло. Некоторые копалы (конго, твердый манила), а также смеси копалов с канифолью предварительно препарируют для понижения кислотности. Потеря при плавке копала 10—25%, напр. у каури 10—20%, у конго 18—20% и т. д. Все попытки проводить растворение копала в масле без плавки не получили пока практич. значения. Правильное ведение процесса плавки требует опытности, т. к. одного контроля за $t°$ недостаточно. Поэтому производят предварительную пробную плавку для определения того момента, когда к копалу можно без боязни прибавлять масло. Определение этого момента очень важно, так как при недостаточном удалении летучих веществ копал при добавке масла (а иногда при добавке разбавителя) может выделиться и даже свернуться; при продолжительном же нагревании ухудшается качество лака и происходит непроизводительная потеря дорогого материала. Масло обычно подогревается до 180—200° и прибавляется к копалу при помешивании постепенно маленькими порциями. После каждой добавки $t°$ раствора доводится до прежней (у копаловых лаков до 310—320°, у канифольных 230—280°), и берется проба на стекло, которая д. б. совершенно прозрачной. После прибавки всего масла лак варится до определенной вязкости, пока капля охлажденного раствора не будет тянуться в нити определенной длины. Прибавка сикативов производится при разных $t°$. Из трудно растворимых сикативов наиболее часто применяют: свинцовый глет, свинцовый сахар, борнокислый марганец; их прибавляют к лакам после масла при непрерывном помешивании: первый при 250—280°, остальные при 220—240°; они образуют соединения не только с маслом, но и со смолами. Котел перед прибавлением сикатива снимают с огня во избежание приставания его ко дну и сильного вспенивания массы. Из растворимых сикативов (резинаты и линолеаты) наиболее часто применяют свинцовомарганцовый резинат, для светлых лаков—кобальтовый резинат и линолеат, для печных лаков и жести — марганцовый линолеат. Их прибавляют перед прибавлением разбавителя или после него, так как они легко соединяются с раствором копала при низкой $t°$ и не дают


Фиг. 2.

нерастворимого остатка. Прибавка разбавителя служит для получения определенной консистенции лака. Количество разбавителя определяется предварительной пробой. Прибавка производится при $t°=170\div180°$, т. к. при более высокой $t°$ происходит потеря разбавителя (также возможно воспламенение и даже взрыв), при более низких $t°$ смесь смолы и масла очень трудно диспергируется и не получается достаточно однородной. Наибольшей дисперсионной способностью обладает скипидар, к-рый и является наилучшим разбавителем для масляных П. л. Вместо него или в смеси с ним применяют различные заменители (сангайол, гидротерпин и другие), лаковый бензин, бензол и пр. (см. *Растворители*). Очистка масляных лаков необходима для удаления из них грубых механич. примесей: песка, кусочков дерева, волокон и т. д. и более мелких взвешенных частиц. Первые удаляются отстаиванием и центрифугированием, а вторые—при помощи фильтр-прессов и фильтровальных центрифуг. Жирные и полужирные копаловые лаки, как резко выраженные коллоидные растворы требуют кроме того б. или м. продолжительного времени для равномерного распределения частиц смолы, масла и разбавителя, т. к. чем однороднее дисперсия раствора, тем лучшего качества получается лак. Этот процесс носит название вызревания лака. Он сопровождается различными физич. и химич. изменениями. Вследствие вязкости лака вызревание его при обыкновенной $t°$ происходит медленно. Для ускорения процесса применяют большие сосуды, помещаемые в нагретом помещении или снабженные рубашками, между к-рыми циркулирует нагретая вода. Готовые лаки хранятся в железных оцинкованных сосудах, расположенных на известном расстоянии от пола и имеющих спускные краны, отверстия для чистки и шкалы для измерения объема.

Состав и применение копаловых лаков находятся в тесной зависимости. Жирные и полужирные лаки являются наиболее прочными и стойкими к атмосферным влияниям и применяются для наружных покрытий и других ответственных работ, где требуются большая эластичность и долговечность лакового слоя. Вагонные, автомобильные, экипажные и другие лаки делятся на 1) лаки для шлифовки, которые наносятся непосредственно на грунтованную поверхность и шлифуются тонкой сырой пемзой; они имеют примерно следующий состав: 35 ч. конго-копала, 28 ч. диколя (1 : 1), 36 ч. бензина, 1 часть льнянокислого кобальта; должны через 10—12 ч. хорошо шлифоваться; 2) лаки подготовительные наносятся перед последним слоем и д. б. немного жирнее предыдущих; 3) лаки для окончательного покрытия поверхности д. б. жирными, отличаться твердостью и блеском, высыхать в 10—12 ч. и полностью затвердевать в течение 3—5 дней; продолжительность службы не менее 2—3 лет; имеют примерно следующий состав: 17 ч. конго-копала (плавка при 350—360°), 43 ч. лакового льняного масла (прибавляется при 310°), 9 ч. древесного масла (при той же $t°$), 5 ч. скипидара, 24 ч. лакового бензина, 2 ч. раствора линолеата кобальта и резината марганца. Копаловые лаки, стойкие к повышению $t°$, употребляются для локомотивов, лакировки жести и других предметов. Тощие П. л. служат гл. обр. для внутренних работ: покрытия полов, скамей, стен и тому подобных предметов. Они должны быстро высыхать и давать долго сохраняющийся блеск. Состав их примерно следующий: 44 ч. манильского копала, 22 ч. льняного масла, 0,1 ч. свинцового глета, 0,05 гидрата окиси марганца, 33,85 ч. бензина. В виду дороговизны чистых копаловых лаков для внутренних и даже наружных работ в настоящее время б. ч. пользуются смешанными лаками, состоящими из копалов и препарированной канифоли, или искусственными альбертолевыми П. л. или П. л. из одной препарированной канифоли, в особенности на древесном масле.

Канифольные лаки. Несмотря на хорошие качества канифоли (светлый цвет, дешевизна, хорошая растворимость в масле при низкой $t°$) ее довольно редко применяют для получения лаков, т. к. она дает очень хрупкую пленку, к-рая при небольшом нагревании становится мягкой и клейкой. Для улучшения качества канифоли ее предварительно подвергают обработке, препарированию, для чего применяют гл. обр. следующие способы: 1) сплавление канифоли с чистым гидратом извести в виде тонкого порошка, часто вместе с цинковыми белилами и другими основаниями; при этом получают продукт более твердый, чем сама канифоль; 2) этерификацию канифоли с глицерином и другими веществами; получаемый при этом эфир канифоли отличается большой стойкостью к различным влияниям; 3) комбинируют оба способа обработки одновременно. При работе по первому способу сплавление производят обычно в больших железных стационарных котлах, вмазанных в каменную кладку и снабженных мешалкой. К расплавленной при 180° канифоли сначала прибавляют маленькими порциями при помешивании 2% ZnO, повышая $t°$ до 210—240°, после соединения их прибавляют постепенно 4% гидрата извести и держат $t°$ в пределах 240—270°, пока капля пробы на стекле не будет после охлаждения совершенно прозрачной. В заключение прибавляют к плаву при 260—270° сикативы (свинцовый глет, гидрат окиси марганца и др.), к-рые так же, как известь и цинковые белила, способствуют отвердеванию канифоли. Теоретически для насыщения всех свободных к-т канифоли требуется 10—11% гидрата извести, но уже при добавке более 8% легко наступает внезапное затвердевание плава. Поэтому обычно применяют не более 6% гидрата извести и получают продукт с кислотным числом 80—90, обладающий по сравнению с канифолью более высокой $t°_{пл.}$ и дающий с высыхающими маслами более твердую и менее чувствительную к $t°$ пленку. Однако последняя при действии воды разлагается и становится через б. или м. продолжительное время белой вследствие образования эмульсии. Поэтому для наружных работ лучше применять эфиры канифоли, к-рые отличаются трудной омыляемостью, почти полной нейтрализацией к-т и большой стойкостью к различным химич. действиям. Получение эфира канифоли производится (обычно с глицерином 8—10% от веса канифоли) в котлах, напр. системы Зоммера, близких по своему устройству к котлам для получения полимеризованных масел (см. *Олифа*), а также в автоклавах. Применение открытых котлов нерационально, так как в этом случае теряется много глицерина до соединения его с канифолью. Обыкновенно закрытые котлы соединяются с конденсатором, в котором глицерин, увлеченный вместе с парами воды и других веществ, собирается и снова возвращается в котел. Температура этерификации 270—280°. Продолжительность 3—5 ч.; окончание процесса определяется при помощи пробы на кислотное число, к-рое м. б. получено ниже 10. По окончании процесса канифоль нагревают короткое время до 300—320° для удаления из нее летучих продуктов и свободного глицерина. Иногда для получения более твердого продукта прибавляют при этом для светлых лаков 1—2% извести или магнезии, а для темных 2—3% свинцового глета и других сикативов. Готовый продукт, сравнительно светлый, особенно при работе в атмосфере углекислого газа, выливают в оцинкованные ящики или же непосредственно растворяют в масле. Растворы нагревают б. или м. продолжительное время для получения определенной вязкости (что значительно сокращается при применении сгущенных масел) и после пробы на стекло к ним прибавляют сикативы и разбавители. Состав и применение канифольных П. л. чрезвычайно разнообразны. Они вместе с копалами, к к-рым препарированная канифоль добавляется тотчас после плавки, а также сами по себе находят в наст. время широкое применение для замены чистых копаловых лаков. В особенности хорошими качествами (твердость, эластичность, хорошая высыхаемость, стойкость к воде, атмосферным и химич. влияниям и т. д.) отличаются канифольные П. л. из эфира канифоли на древесном масле. Они употребляются для наружных работ, для лодок, для наружных эмалевых красок, для смешения с копаловыми лаками, для аккумуляторных зданий как прочные к к-там и щелочам, для лакировки мебели и т. д. Состав их примерно следующий: 16 ч. канифоли светлой, 1,25 ч. глицерина, 0,15 ч. окиси цинка, 0,30 ч. свинцового глета, 32 ч. древесного масла, 40 ч. бензина, 0,30 ч. линолеата кобальта. Канифольные лаки с высоким содержанием масла (2 : 1) применяются для чемоданов, клеенки, садовой мебели, кожи, наружных красок и т. п.; должны быть стойки к погоде и механич. влияниям. Они имеют примерно следующий состав: 24 ч. препарированной канифоли светлой (с 5% извести, 1% ZnO и 1% глета), 15 ч. древесного масла, 7,5 ч. льняного масла, 22 ч. диколя (9 : 1), 30 ч. бензина и 1,5 ч. линолеата кобальта. Все же в большинстве случаев канифольные лаки уступают по прочности копаловым и применяются преимущественно для внутренних покрытий как мебельные, декоративные, половые, а также светлые лаки для клена, белых эмалей, жести и т. п. В общем все они принадлежат к полужирным (1 : $1^1/_2$, 1 : 1) и имеют следующий состав: 40 ч. канифоли, 1,5 ч. гидрата извести, 30 ч. диколя (1 : 1), 27,5 бензина и 1 ч. жидкого кобальтового сикатива. Эти П. л. должны высыхать через ночь, давать хороший и постоянный блеск, не загустевать с красками и не изменяться от времени.

Альбертолевые масляные лаки состоят из альдегидофенольных смол, к-рые после конденсации с естественными смолами легко растворяются в масле при невысокой $t°$. В качестве масел применяют диколь, итандоль, древесное и др.; в качестве разбавителя—лаковый бензин, скипидар, сангайол, тетралин и др. Варка с маслом продолжается до тех пор, пока прозрачная капля раствора не будет растворяться в двойном количестве разбавителя, применяемого для получения лаков. Альбертолевые лаки получили широкое применение за границей вместо натуральных копалов, так как по своей стойкости к атмосферным условиям, химическим и другим влияниям они превосходят наилучшие канифольные лаки, а по прочности к воде—даже копаловые. Высыхающая способность хорошая. Приводим для примера состав жирного лака для наружных работ: 20 частей альбертоля 111 L (растворяется в масле при 100—150°), 50 ч. диколя (3 : 1), 30 ч. разбавителя (скипидар+бензин), для сушки прибавляется кобальтовый сикатив. Другие искусственные смолы (за исключением кумароновых) почти не имеют значения.

Даммаровые лаки получаются из даммара (Вост. Индия), который легко растворяется в скипидаре, бензоле, тетралине и т. д., а также в высыхающих маслах, образуя очень светлую и блестящую пленку, к-рая легко окрашивается, но имеет ряд существенных недостатков: незначительную твердость, хрупкость, плохо выдерживает атмосферные влияния и др. Для растворения даммара применяется светлый, быстро высыхающий диколь, для большей эластичности добавляется 2—5% отбеленного льняного масла. Темп-ра растворения около 150°. Даммаровые лаки употребляют в виду их непрочности только для внутренних покрытий (кухонной мебели, для декоративных работ и т. д.); для получения смешанных лаков с копалами с целью их осветления для определенных назначений, напр. покрытия плакатов, вывесок и т. д., для белых и светлых эмалевых красок, которые при нагревании не должны показывать никакого изменения цвета, и т. п. Растворы даммара в скипидаре, бензоле, тетралине служат как летучие лаки для картин, напр. 10 ч. даммара, 12 ч. тетралина или 10 ч. бензола. Масляный даммаровый лак для плакатов имеет примерно следующий состав: 30 ч. копалового лака тощего, 28 ч. даммара, 12 ч. диколя (1 : 1), 29,5 ч. тетралина и 0,5 ч. линолеата кобальта.

Асфальтовые лаки получают из естественного асфальта, стеаринового пека, искусственных асфальтов (нефтяного, каменноугольного и других пеков). Они отличаются от вышеописанных светлых масляных лаков темным цветом (от коричневого до черного). Асфальт сначала подвергают нагреванию до 300°, чтобы удалить из него воду и другие летучие составные части, которые могли бы задерживать сушку. Свободные к-ты можно нейтрализовать известью. Затем прибавляют жирное высыхающее масло (б. ч. олифу) и нагревают раствор при

250—280° продолжительное время. Последнее необходимо для хорошего просыхания лака. Скорость сушки зависит от количества масла; жирные лаки сохнут очень медленно, поэтому для них применяется горячая сушка при разных $t°$ (до 150°). Как разбавитель при горячей сушке помимо бензина и др. часто употребляется керосин. Тощие лаки очень стойки к действию к-т и разбавленных щелочей, вообще же асфальтовые лаки хорошо выдерживают $t°$, действие света и атмосферных влияний. При добавлении к асфальту стеаринового пека получаются еще более прочные, эластичные и блестящие пленки. С копалами асфальтовые лаки дают т. н. черные японские лаки. Для замены асфальта употребляют более дешевые искусственные продукты, напр. каменноугольный пек (растворяется в бензоле, сольвент-нафте, но не допускает прибавки бензина и масла) и др. При смешивании асфальтовых лаков с сажей получаются матовые лаки. Применение их очень разнообразно, гл. обр. для покрытия металлич. предметов, для предохранения от ржавчины, для изоляции, лакировки бумаги и т. д. (см. *Асфальтовые лаки*).

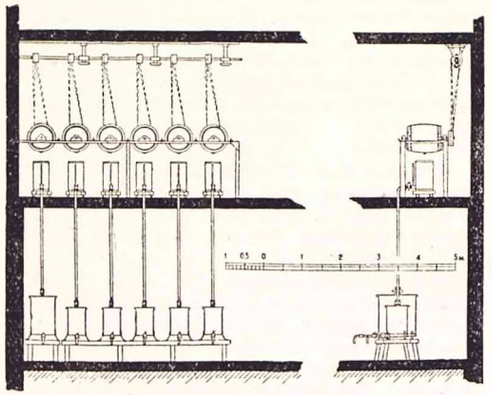
Лаки специальные (матовые, цветные и др.). Матовые лаки получают при добавке к масляному П. л. воска (5—8%), парафина, церезина и т. п. Благодаря этим прибавкам лаки очень медленно сохнут, легко размягчаются и становятся чувствительными к воде. Лучшие результаты дает прибавка гидрата глинозема, жирнокислых глиноземных солей и в особенности тунгатов (мыл древесного масла); они употребляются для покрытия мебели из твердого дерева (дуба, ореха) и других целей. Прозрачные цветные масляные лаки получаются при помощи анилиновых красителей (суданы, хинолиновый желтый и др.), растворимых в жирных маслах. Они дают очень яркие, но непрочные к нагреванию окраски. С пек-рыми красками: парижской синей, сепией, кран-лаком и другими также получаются прозрачные лаки; т. н. золотой лак для жести получается прибавкой к копаловому П. л. окиси меди. В зависимости от степени нагревания при этом получаются различные окраски (зеленая, желтая, золотисто-желтая и наконец коричневая).

Свойства масляных лаков. К свойствам самих лаков относятся цвет, степень прозрачности, запах, консистенция, способность к нанесению лаков кистью и другими способами, текучесть, продолжительность сушки, способность смешиваться с красками и др. К свойствам твердой лаковой пленки: блеск, твердость, эластичность, прочность к воде, прочность связи с поверхностью, прочность к к-там и щелочам, к нагреванию, способность к полировке, тиснению и др. Цвет лака зависит от цвета примененной смолы, количества и цвета жирного масла и способа приготовления. Масляные лаки за исключением асфальтовых бывают от светложелтого до темнокоричневого цвета. Степень прозрачности лака играет очень важную роль. Требуется, чтобы лак (за исключением матовых и других специальных лаков) был совершенно прозрачным и не выделял никакого осадка. Запах лака д. б. мягким и приятным, для чего к нему прибавляют незначительное количество скипидара, соснового масла и других веществ. Консистенция, способность к покрытию поверхности и текучесть лака тесно связаны между собою. Лак д. б. так составлен, чтобы он при нанесении легко и ровно покрывал поверхность тонким слоем, не оставляя на ней штрихов. Густые лаки кроют неровно, жидкие дают слабый блеск и стекают с кисти. На густоту лака оказывает влияние кроме его состава и продолжительности варки также и применяемый разбавитель. Продолжительность сушки м. б. очень различна. Она зависит от рода и количества сикатива, количества масла, $t°$, атмосферных условий и других факторов. При высыхании П. л. различают следующие моменты: 1) «лак затягивается»—растворитель б. ч. испарился, но поверхность еще липка; 2) «лак высох от пыли»—пленка настолько высохла, что к ней уже не пристает пыль, но при надавливании пальцем получается отпечаток; 3) «лак высох вполне»—при надавливании пальцем не получается отпечатка, и пленку можно шлифовать. Требования, предъявляемые к лакам, зависят от рода лака и цели применения. В общем лаки для наружных работ (жирные) должны высыхать от пыли за 6—8 ч., полное же высыхание у них наступает только через 2—4 дня. Лаки для внутренних работ (тощие) должны высыхать от пыли в 3—8 ч. и вполне в 15—18 ч. (не более 24 ч.). Способность лаков смешиваться с красками без загущения зависит гл. обр. от кислотного числа смол и масла. Поэтому смолы с высоким кислотным числом должны препарироваться с известью или глицерином, напр. канифоль, конго и др. Степень блеска зависит от поверхности пленки: чем она ровнее и чем больше отражает света, тем сильнее получается блеск. Различают блестящие, полуматовые и матовые пленки. Правильно приготовленный масляный лак отличается в общем хорошим блеском. Для повышения блеска пленку шлифуют. Уменьшение блеска является одним из первых признаков разрушающего влияния атмосферных условий. Твердость пленки зависит гл. обр. от рода применяемой смолы: чем тверже копал, тем прочнее получается пленка к механическим и другим действиям. Поэтому мягкие смолы (манильский копал и др.) применяются больше для внутренних работ. Масло также оказывает влияние и на твердость пленки, напр. пленки с древесным маслом получаются более твердыми и прочными. Эластичность пленки зависит прежде всего от содержания масла. Тощие лаки скорее растрескиваются и крошатся. Эластичность пленки д. б. особенно большой в тех случаях, когда пленка подвергается широким колебаниям $t°$. Прочность к воде у тощих копаловых лаков больше, чем у жирных, т. к. масло омыляется и пленка белеет. Особенно прочны лаки из эфира канифоли на древесном масле. Прочность связи с поверхностью очень важна для лакового покрытия. Она зависит от подготовки поверхности, нанесения лака и свойств его. Лак должен наноситься на соответствующим образом подготовленную поверхность очень тонкими слоями. Большое значение имеют

эластичность его и способность к расширению, одинаковая с поверхностью, на которую он нанесен. Прочность к разбавленным кислотам и щелочам—достаточная у большинства копаловых лаков и хорошая у лаков на чистом древесном масле и у асфальтовых лаков. Концентрированными растворами к-т и щелочей лаки разрушаются. Прочность к нагреванию, свету и другим атмосферным условиям зависит от очень многих причин. Поэтому при практич. испытании поверхности (напр. доски), покрытые лаком, помещают на крыше здания, где они подвергаются действию различных атмосферных условий, и через известные промежутки времени осматриваются. В общем можно считать долговечность правильно нанесенных лаков (для наружных работ) равной 5—6 г., при особенно неблагоприятных условиях—2—3 г.

Летучие лаки. Спиртовые лаки представляют растворы различных смол в спирте и в смеси его с другими растворителями. Сырыми материалами для получения спиртовых П. л. являются т. о.: 1) а) естественные смолы: шеллак различных сортов, манильский копал, акаронд, канифоль, сандарак, мастикс, даммар и др. или б) искусственные смолы: искусственный шеллак, альдегидофенольные и др.; 2) растворители: спирт, часто в смеси с амиловым спиртом, амилацетатом, петролейным эфиром, ацетоном и др.; 3) смягчители, различные добавки, служащие для уменьшения хрупкости лаковой пленки: обыкновенный и венецианский терпентин, различные бальзамы, элеми, галипот, мастикс, жирные к-ты льняного масла, касторовое масло и др. Для получения прозрачных цветных лаков употребляют различные красители, а для улучшения запаха — розмариновое, лавандовое и другие масла. Выбор смолы зависит от свойств, предъявляемых к лаковой пленке (твердости, эластичности, блеска, цвета и т. д.), требований потребителя, цели применения и цены лака. Комбинирование различных смол для получения определенного качества лака требует большого опыта. Все смолы за исключением отбеленного шеллака и искусственных смол содержат нерастворимые в спирте остатки, состоящие гл. обр. из растительных примесей (у акаронда и др.), воска (у шеллака), нерастворимых смол (у некоторых манильских копалов), а также песка и др. Содержание их у различных смол 2—15%. После растворения смолы и удаления растворителей эти остатки обычно сжигают за исключением остатков шеллака, из к-рых получают шеллаковый воск и оставшийся в них нерастворенный шеллак. Для светлых лаков шеллак отбеливают при помощи хлора или солей хлорноватистой кислоты. Главным растворителем спиртовых лаков является спирт, обычно денатурированный, крепостью 96% (во всяком случае не ниже 90%). Для повышения растворяющей способности и регулирования скорости испарения к спирту прибавляют в небольшом количестве также и другие растворители: амиловый спирт, ацетон и т. д. Выбор их имеет большое значение: очень важно, чтобы при удалении части растворителей остаток не обогащался компонентами с малой растворяющей способностью, в присутствии к-рых смола могла бы преждевременно выделиться и образовать мягкую и клейкую пленку. Содержание растворителей у спиртовых лаков составляет 50—75%. Обычно употребляют на 1 ч. смолы 2—2½ ч. растворителя; лаки, идущие для смешивания с красками, получаются более концентрированными: 1 : 1½ или 1 : 1. На фабриках очень часто такие концентрированные растворы (полупродукты) готовят в запас, чтобы из них можно было быстро составить по определенным рецептам различные типы лаков. В зависимости от цели применения и способа их нанесения различают лаки крепкие, средние, густые, жидкие и т. д. Смягчители служат для повышения эластичности, а также увеличения блеска. Мягкие смолы, терпентин и другие эфирные масла оказывают только временное действие, так как они постепенно теряют летучие части, особенно при повышении $t°$. Очень хорошие результаты получаются при применении жирных кислот льняного масла; 3—4% их достаточно, чтобы получить эластичную и обладающую большим блеском пленку. Касторовое масло прибавляется к спиртовым лакам после фильтрации. Для увеличения прочности соединения с поверхностью рекомендуется прибавка до 1% борной к-ты. Красители употребляются б. ч. основные. На выцветание их кроме других условий часто оказывает влияние также и смола (например сандарак, канифоль, даммар и др.). При смешивании спиртовых П. л. с кроющими красками получаются глазури (эмалевые краски), к-рые помимо эластичности должны еще отличаться твердостью, прочностью и непроницаемостью для жидкостей и газов. Получение спиртовых лаков состоит в 1) измельчении и сушке смолы, 2) растворении смолы и 3) очистке лаков. Измельчение смол необходимо, чтобы возможно полнее и скорее перевести их в раствор. Для этого пользуются ручными и механич. мельницами, в к-рых крупные куски сначала дробятся, а затем измельчаются между конич. поверхностями до получения муки. Влажные смолы предварительно сушатся при умеренной $t°$ в сушилках. Для растворения смол применяют 1) неподвижные деревянные чаны, 2) вращающиеся бочки, 3) двустенные котлы с мешалками. Растворение смол в деревянных чанах производят сл. образом: измельченную смолу, к-рую во избежание образования комков смешивают с песком, загружают в чан, наливают спирт, чтобы он покрывал смолу на 5—8 *см*, и тотчас же начинают перемешивать ручной мешалкой до полного растворения смолы; затем прибавляют смягчители, остальное количество спирта и еще раз хорошо перемешивают. Продолжительность растворения зависит от природы смолы и других условий. Для замены ручной работы механической чаны снабжают в настоящее время мешалками или применяют вращающиеся бочки, благодаря чему значительно сокращается продолжительность растворения и устраняется потеря растворителей. Бочки вращаются от общего вала или при помощи роликов (фиг. 3). Для наполнения и сливания устраивают хорошо закрывающиеся отверстия. Загрузка в одну бочку составляет 120—150 *кг*. Растворение заканчивается обычно через 8 ч. Бочки наполняют не до

верха, чтобы смола и растворитель могли хорошо перемешиваться. Ряд вращающихся бочек, емкостью каждая 200 *л*, располагается на такой высоте, чтобы под ними мог поместиться на тележке сосуд емкостью вдвое больше бочки. Раствор смолы из бочки спускается в сосуд, где он отфильтровывается от грубых примесей, нерастворившихся в спирте, и спускается по трубе в нижний этаж для окончательной очистки.



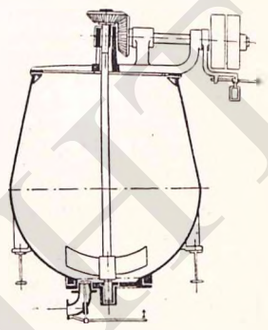
Фиг. 3.

С 6 бочками можно т. о. получить за 2 смены $150\times2\times6=1\,800$ *кг* лаков. Для растворения больших количеств смолы (500—1 000 *кг*) употребляются котлы с двойными стенками, между которыми циркулирует горячая вода. Внутренняя часть котла делается из эмалированного или луженого железа, наружная—из чугуна. В последнее время применяют котлы из алюминия (фиг. 4). Они снабжаются быстро вращающейся мешалкой (типа пропеллера), отверстиями для очистки, спуска и т. д. Для сильно клеящих смол применяют сетчатые ящики, в к-рых смола погружается в спирт. Очистка лаков производится путем фильтрования или центрифугирования. Для фильтрования употребляют мешочные фильтры или просто две бочки, из которых верхняя наполняется раствором, проходящим по рукаву в нижнюю бочку с натянутой в ней тканью, после чего лак выпускают через кран. На ф-ках с большой производительностью употребляются центрифуги, которые позволяют производить очистку лаков значительно быстрее и лучше. Несмотря на фильтрацию лаков, требуется и осветление их. С этой целью их отстаивают в деревянных или каменных приемниках при $t°\cong15°$. Приемники из жести окисляются и ухудшают качество продукта: для черных спиртовых лаков они совершенно непригодны. Оцинкованное железо также с течением времени разрушается. Указанные замечания относятся и к таре для пересылки лаков. Приемники должны быть плотно закрыты крышками, удобны для чистки и слива лаков.

Применение спиртовых лаков очень разнообразно. По сравнению с масляными лаками они менее прочны, но более дешевы, быстро высыхают, хорошо распределяются по поверхности, легко окрашиваются и т. д. Поэтому их употребляют гл. обр. для внутренних работ. В большом количестве они идут для покрытия металла и дерева, затем кожи, бумаги, соломы, различных искусственных масс, стекла, фарфора и т. д. В зависимости от применения находится и их состав. Ниже приведены свойства и применение основных видов спиртовых лаков.

1) Спиртовые лаки из **шеллака** дают очень твердую, эластичную и блестящую пленку, какая не получается с другими растворимыми в спирте смолами. Для светлых лаков применяют отбеленный шеллак, для более темных—оранжевый, рубиновый, зернистый и другие менее чистые сорта. Разбавленные П. л. из шеллака называются *политурами* (см.). Щелочные растворы шеллака служат для получения водяных П. л. и аппретирования кожи. В виду сравнительно дорогой цены П. л. из шеллака в настоящее время употребляются (кроме политур) как кожаные, зеркальные, шляпные П. л., затем для переплетных работ, галантерейных товаров, покрытия металлов (латунные П. л.), в электротехнике как *изоляционные лаки* (см.), в фотографии и т. д. Для соломенных шляп например лак имеет состав: 20 ч. раствора шеллака (1 : 2), 2 ч. раствора галипота (1 : 1), 78 ч. спирта (92%-ного); П. л. для латуни: 4 ч. шеллака отбеленного, 3 ч. зернистого лака светлого, 1,3 ч. венец. терпентина, 81,7 ч. спирта (93%-ного).

2) Спиртовые лаки из **копалов** получаются при растворении в спирте с примесью амилового спирта, ацетона и т. д., нек-рых копалов, напр. манильского копала, ангола и др. Они дают твердую и хрупкую пленку, к-рая при добавке смягчителей становится эластичнее. Для улучшения качества также прибавляют шеллак; нередко смешивают с искусственными смолами и канифолью. Употребляются для покрытия бумаги (этикетные П. л.) и дерева (музыкальных инструментов, масштабов и пр.), для лакировки пивных бочек, чанов, для смешивания с красками и т. д. Этикетный П. л. состоит из 50 ч. манильского копала, 5 ч. терпентина густого, 45 ч. спирта (93%); П. л. для музыкальных инструментов: 13 ч. копала светлого, 6 ч. шеллака отбеленного, 20 ч. спирта (96%), 1,5 ч. касторового масла, 0,5 ч. венецианского терпентина.



Фиг. 4.

3) Спиртовые лаки из **сандарака** и **мастикса** обычно дают светлые П. л. Первые образуют очень хрупкую, вторые гибкую пленку, поэтому часто применяются вместе или в смеси с другими смолами. Употребление их вследствие высокой цены ограничено; преимущественно служат для лакировки бумаги (этикеток, плакатов, акварели и т. п.), дерева (школьные доски и др.), а также в фотографии как негативные лаки, для позолоты и т. д. Примерный состав их: 20 ч. сандарака, 10 ч. мастикса, 14 ч. спирта (95%-ного), 6 ч. густого терпентина.

4) Спиртовые лаки из **акаронда**, дающие желтую или красную окраску, применяются очень часто. При высыхании дают твердую и блестящую пленку, цвет к-рой устойчив к свету. Применяются в смеси с шеллаком для темных политур, покрытия фортепиано, рам, плинтусов и т. д., с манильским копалом—как цветные мебельные лаки, с растворами бакелита—для металлов (латуни), а также для изделий из олова, в фотографии и т. д. В качестве примера можно привести следующий состав: 48 ч. акаронда красного, 51 ч. спирта, 1 ч. касторового масла.

5) Спиртовые П. л. из **канифоли** имеют светлый цвет, но дают очень хрупкую и непрочную пленку. Применяются редко—или как примесь к другим лакам или для очень дешевых изделий, например игрушек: 42 ч. светлой канифоли, 4 ч. густого терпентина, 54 ч. спирта 93%-ного.

6) Спиртовые лаки из **искусственных смол** (искусственный шеллак, новолак, альбертоли, идитол и т. п.) применяются в нек-рых случаях для замены естественных смол, образуя лаки лучшего качества, чем канифольные. Новые продукты этого рода не отличаются по твердости от шеллака, легко полируются, не имеют запаха и достаточно стойки к свету. Цвет их колеблется от светлого, как вода, до более или менее желтого или желто-коричневого. Для нек-рых специальных целей применяют растворы бакелита, к-рые требуют горячей сушки П. л. при 120—130° в течение ~1 ч. Большинство продуктов по составу представляет альдегидофенольные смолы. Лаки с другими летучими растворителями, например со скипидаром, бензином, моно- и дихлорбензолом, толуолом и др., получаются таким же образом, как и спиртовые П. л.

Целлюлозные лаки представляют растворы эфиров целлюлозы в летучих растворителях. Особенное значение получили нитроцеллюлозные и ацетилцеллюлозные лаки. Другие эфиры целлюлозы (этилцеллюлоза, бензилцеллюлоза и пр.) пока не имеют технич. значения. **Нитроцеллюлозные лаки** получают путем растворения смеси ди- и выше нитрованной целлюлозы, целлюлоида и тому подобных материалов в ацетоне, в этилацетате, бутилацетате, амилацетате и других растворителях, часть которых заменяют более дешевыми разбавителями (спиртом, бензолом и т. п.). Для увеличения эластичности и мягкости прибавляют **смягчители**: касторовое масло, трикрезилфосфат, эфиры фталевой, адипиновой и других к-т. Для повышения твердости пленки, прочности связи с поверхностью и блеска нередко в наст. время добавляют смолы (даммар, смоляные эфиры, искусственные смолы, каури-копал и др.). Получение не представляет трудности. Обычно употребляют вращающиеся барабаны или котлы с хорошими мешалками, снабженные термометром, манометром, рубашкой и т. д. Отверстия плотно закрываются крышками. Растворение производят при обыкновенной $t°$ или с подогреванием не выше 40°. После растворения лаки осветляют при помощи центрифуг. Нитроцеллюлозные лаки получили в настоящее время очень широкое применение и во многих случаях заменили спиртовые и даже масляные лаки. Они обладают многими ценными свойствами: бесцветны, быстро высыхают, образуя твердую, неклейкую и не размягчающуюся при нагревании пленку, отлично окрашиваются и т. д. Прибавлением смолы и смягчителей в большем или меньшем количестве можно по желанию увеличить или твердость или эластичность пленки. Нанесение лаков производится путем пульверизации, погружения и другими способами. Нитроцеллюлозные П. л. применяются для лакировки различных изделий—металлических, стеклянных, деревянных, бумажных, фарфоровых и т. д., для получения нитроцеллюлозных красок, в производстве искусственной и естественной кожи, водонепроницаемых тканей, в деревообрабатывающей промышленности, для покрытия ценных документов и рисунков, электрических ламп и т. д. Ацетилцеллюлозные лаки отличаются более высокой ценой. Выбор растворителей для ацетилцеллюлозы довольно ограничен (ацетон, метилацетат, формиаты, метилгликоль). Пленки по сравнению с нитроцеллюлозой менее эластичны, но обладают двумя ценными свойствами—невоспламеняемостью и большой электроизолирующей способностью. Поэтому ацетилцеллюлозные лаки применяют гл. образом как изоляционные и аэролаки, а также для получения негигиеопасных пропиток и т. д. **Комбинированные лаки** из нитроцеллюлозы и масляных лаков имеют задачей сочетать ценные свойства тех и других: быстрое высыхание и отвердевание с прочностью связи с поверхностью и блеском. Однако эти попытки до наст. времени еще не получили удачного разрешения, и потому применение таких лаков весьма ограничено.

Скипидарные, бензиновые и другие скипидарные лаки употребляются редко в виду их высокой цены. Бензин служит для растворения асфальта (металлич. лаки и др.). Каменноугольный пек растворяют в бензоле или сольвент-нафте. Многие из этих летучих растворителей при смешивании друг с другом и со спиртом образуют матовые лаки, напр. растворы даммара в бензоле с эфиром, растворы многих смол в смеси спирта со скипидаром, бензолом, монохлорбензолом и другими растворителями.

Водные лаки представляют растворы шеллака в водных щелочах, буре и т. д., к-рым для удешевления прибавляют клей, декстрин, казеин и прочие вещества. После высыхания они образуют стойкую к воде пленку; их часто применяют для аппретирования кожи, для получения непропускающих воду красок, для покрытия дерева, обоев и т. п.

Каучуковые лаки представляют растворы каучука в летучих растворителях или высыхающих маслах. Растворы чистого каучука применяются для пропитки тканей, для чего высушенный каучук растворяется в подогретом безводном скипидаре, четыреххлористом углероде, бензоле, бензине и других растворителях. Каучуковые лаки отличаются большой эластичностью, стойкостью к воде, к-там и другим химич. реагентам; но дают матовые, трудно высыхающие и клейкие пленки, в виду чего в лаковой промышленности применяются только как добавки к другим лакам. При растворении каучука в горячем высыхающем масле он повидимому отчасти теряет ценные свой-

ства. В последнее время стали получать каучуковые лаки из хлорированного каучука, к-рый смешивают с высыхающими маслами на холоду или при $t°$ не выше 100°. Хлорированный каучук получается с содержанием 40—70% хлора при обработке последним сырого каучука. Качества лака тем выше, чем больше хлора содержит каучук и чем более полимеризовано масло. В качестве растворителей служат бензол, толуол, ксилол, сольвент-нафта и др. Примерный состав такого лака следующий: 25 ч. высокохлорированного каучука растворяют в 50 ч. сольвент-нафты и прибавляют затем 75 ч. полимеризованного древесного масла. Масло получается нагреванием в течение 45 мин. при 200° древесного масла, к к-рому после этого прибавляют около 12% канифоли, препарированной с известью. Вместо древесного масла могут применяться и другие высыхающие масла. Как сикатив употребляется резинат, тунгат и др.

Лит.: Брусиловский И. К., Сикативы, лаки и олифа, Харьков, 1928; Гуткс Б. А., Лаковарное дело, приготовление масляных красок и сургучей, Рига—М., 1917; Бродерсен Р., Производственная техно-химич. рецептура, 3 изд., М.—Л., 1931; Боттлер М., Производство лаков и олифы, пер. с нем., 2 изд., М., 1926; Киселев В. С., Олифа и лаки, М., 1926; его же, Краски, масла и лаки, 2 изд., Л., 1926; его же, Лакокрасочное производство, М.—Л., 1929; Сапожников А. В., Краски и лаки, М., 1928; Оссовецкий И., Малярное дело, 2 изд., СПБ, 1897; Ушаков С. Н., Искусственные смолы и их применение в лаковой промышленности, Л., 1929; Вольф Г., Бальзамы, смолы, искусственные смолы, олифы и лаки, пер. с нем., П., 1923; Andes L., Prakt. Rezeptbuch f. die gesamte Lack- u. Farbenindustrie, 3 Aufl., W.—Lpz., 1922; Andés L., Die Surrogate in d. Lack-, Firnis- u. Farbenfabrikation, 2 Aufl., W.—Lpz., 1926; Andés L., Die Fabrikation d. Kopal-, Terpentinöl- u. Spirituslacke, W.—Lpz., 1909; Gardner H., Physical a. Chemical Examination of Paints, Varnishes, Lacquers a. Colours, Wsh., 1925; Gardner H., Untersuchungsmethoden d. Lack- u. Farbenindustrie, 4 Aufl., B., 1929; Kreuzburg, Lackierkunst, Lpz., 1902; Oliver E., Die Technik d. Auto- u. Kutschenlackierung, B., 1927; Scheiber J., Lacke u. ihre Rohstoffe, Lpz., 1926; Scheiber J. u. Sandig K., Die künstlichen Harze, Stg., 1929; Seeligmann F. u. Zicke E., Handbuch d. Lack- u. Firnisindustrie, 4 Aufl., B., 1930; Sproxton F., Zellulose Ester-Lacke, B., 1926; Stock E. u. Antony W., Waren- u. Materialienkunde d. Lack- u. Farbenfaches, B., 1927; Stock E., Die Fabrikation d. Spirituslacke, 3 Aufl., B., 1929; Stock E., Die Fabrikation d. Öllacke u. Sikkative, W.—Lpz., 1915; Stock E., Die Grundlagen des Lack- u. Farbenfaches, B. 1—3, Meissen, 1923—1924; Wilson S., Pyroxylin-Emaillen u. Lacke, B., 1928; Wolff H., Die natürlichen Harze, Stg., 1928; Wolff H., Die Harze, Kunstharze, Firnisse u. Lacke, B.—Lpz., 1921; Wolff H., Die Lösungsmittel d. Fette, Öle, Wachse u. Harze, Stg., 1927; Wolff H., Laboratoriumsbuch f. die Lack- u. Farbenindustrie, Halle a/S., 1924; Taschenbuch f. die Farben- u. Lackindustrie, hrsg. v. F. Wolff, W. Schlick u. H. Wagner, 6 Aufl., Stg., 1930; Zimmer F., Handbuch d. Lackier- u. Dekoriertechnik, 2 Aufl., B., 1929; Ullm. Enz., B. 5, 2 Aufl.; Brown B. K. a. Crawford F. M., A Survey of Nitrocellulose Lacquer, N.Y., 1928; Main W., Enduits cellulosiques, Préparation et application des peintures, laques, vernis et apprêts à base de nitrocellulose et acétocellulose, Paris, 1930.

П. Черенин.

ПОЛЕ электромагнитное, см. *Электромагнитное поле.*

ПОЛЕВАЯ АРТИЛЛЕРИЯ входит в состав общевойсковых соединений, с которыми она связывается как организационно (частично может придаваться им временно), так и в отношении общности боевых задач в любых условиях боя и во все его периоды (завязка боя, его развитие, нанесение главного удара, преследование). Основное требование, предъявляемое к П. а., связанной организационно или придаваемой временно к общевойсковым соединениям и частям,—подвижность при достаточной степени мощности (могущества). Подвижность П. а. обеспечивает: своевременное вступление П. а. в бой при его завязке, своевременное сосредоточение огня по важным целям в период развития боя, возможность сосредоточения массы артиллерийских средств в решительный период боя на важнейшем направлении и участие в неотступном преследовании противника при завершении боя. Увеличение подвижности П. а. всегда связано с повышением ее тактич. значения, и обратно—увеличение могущества П. а. в ущерб подвижности приводит к упадку ее тактического значения, следовательно и к уменьшению влияния П. а. на благоприятный исход боя.

Подвижность П. а. может быть рассматриваема с двух точек зрения: 1) возможности быстрого передвижения орудий П. а. на колесах в походном порядке по местности и 2) возможности быстрого сосредоточения огня орудий П. а., размещенных на местности в боевом положении, т. е. в полной готовности вести огонь, без передвижения на колесах. Подвижность П. а. на колесах и быстрота ее огневой работы находятся в прямой зависимости от веса, системы орудия, способов перевозки орудия и боеприпасов, конструкции орудия и лафета (быстрота перехода из походного в боевое положение, быстрота заряжания и наводки), слаженности личного состава, обслуживающего орудия. Применение только конной тяги для орудий П. а. ограничивало все системы легкого полевого орудия 2 *т*, что в свою очередь определяло предел его могущества. Введение в П. а. механич. тяги орудий, вполне обеспечив необходимую ее подвижность, значительно расширило пределы и возможность использования в полевых (полевых в отличие от крепостных, позиционных) боях орудий до самых мощных включительно. В настоящее время с введением гусеничной тракторной тяги для передвижения орудий не только по дорогам, но и по местности возможно появление в полевых боях орудий любого калибра, без ограничения пределов их могущества. Применение тех или иных орудий в настоящее время ограничено лишь боевою целесообразностью и в первую очередь наличием у противника объектов (целей), требующих применения тех или иных орудий, до высокой мощности включительно.

Мощность (могущество) П. а. слагается гл. обр. из дальнобойности и скорострельности орудий, разрушительности действия снарядов (соответственно целям); эти слагающие в свою очередь зависят от некоторых специальных технич. данных. Пехота, являясь главным родом войск, на к-рый падает вся тяжесть боя, нуждается в содействии П. а., к-рая должна увязывать свою работу в бою с действиями пехоты так. обр., чтобы облегчалось достижение задач, поставленных тем общевойсковым соединениям и войсковым частям, которые поддерживает данная артиллерийская часть (группа). Принимая во внимание эту особенность действий П. а., ее подразделяют на войсковую, связанную с войсковыми соединениями и частями организационно по определенным штатам, и на П. а. количе-

Табл. 1.—Характеристика орудий полевой артиллерии, находящихся на вооружении в армиях иностранных государств.

Государства и род орудия	Калибр в мм	Длина тела орудия в калибрах	Вес системы в боевом положении в кг	Вес системы в походном положении в кг	Вес гранаты в кг	Вес шрапнели в кг	Наибольшая дальность полета в км	Наибольшая начальн. скорость в м/сек
Англия								
1904 г. 18-фн. легкая пушка	83,8	29,4	1 320	2 270	8,4	—	8,7	491
1910 г. 45″ легкая гаубица	114	15,5	1 368	2 123	15,8	—	7,5	308
60-фн. тяжел. пушка корп. арт-ии	127	—	4 400	5 310	27	—	9,5	624
6″ тяж. гаубица корп. арт-ии	152,4	14	3 690	4 200	45,3	—	9,2	370
Германия								
Полев. пушка 1896 г.	77	27	1 020	1 910	6,8	—	8,4	465
Полев. пушка 1916 г.	77	35	1 350	2 256	7,2	6,6	10,7	545
Конн. пушка 1896 г.	77	27	1 295	1 690	6,9	—	8,4	—
Полев. гаубица 1896 г.	105	16	1 225	2 260	15,8	12,8	6,3	302
Полев. гаубица 1916 г.	105	22	1 380	2 300	15,7	—	9,7	427
Италия								
Полев. пушка сист. Крупна 1906 г.	75	30	1 000	1 700	6,5	—	7,6	510
Полев. пушка сист. Крупна 1911 г.	75	30	958	1 606	6,5	—	7,6	510
Полев. пушка 1912 г.	75	30	1 040	1 600	6,5	—	8,6	510
Австр. полев. гауб. 1914 г.	100	18	1 350	2 300	12,4	—	8,4	420
Конн. пушка 1911 г.	75	—	943	1 496	6,5	—	7,6	—
Горн. пушка 1911 г.	65	—	556	—	4,3	—	6,5	345
Австр. горн. пушка 1916 г.	75	—	613	—	6,3	—	7,0	360
Австр. горн. гаубица 1916 г.	100	17	1 253	—	16	—	7,7	350
Латвия								
Франц. полев. пушка 1897 г.	75	36	1 160	1 970	5,5	7,2	11,0	529
Рус. полев. пушка 1902 г.	76,2	30	—	—	—	—	—	—
Англ. 18-фн. полев. пушка 1904 г.	83,8	29,4	1 320	2 270	8,4	—	8,7	491
45″ англ. полев. гаубица	114	15,5	1 368	2 123	15,8	—	7,5	308
Польша								
Франц. полев. пушка 1897 г.	75	36	1 160	1 970	5,5	7,2	11	529
Австр. полев. гаубица 1914 г.	100	—	1 350	2 300	12,4	—	8,4	420
Рус. конн. пушка 1902 г.	76,2	—	—	—	—	—	—	—
Франц. горн. пушка 1906 г.	65	18,6	400	—	4,5	3,8	5,5	400
Австр. горн. гаубица 1916 г.	100	17	1 253	—	16	—	7,7	350
Румыния								
Полев. пушка 1903 г. сист. Крупна	75	30	1 070	1 770	6,5	—	8	500
Франц. полев. пушка 1897 г.	75	36	1 160	1 970	5,5	7,2	11	529
Полев. пушка 1911 г. сист. Крупна	75	30	958	1 606	6,5	—	7,6	510
Австр. полев. гаубица 1914 г.	100	18	1 350	2 300	12,4	—	8,4	420
Полев. гаубица 1912 г. сист. Крупна	105	14	1 065	1 875	14	—	6,4	—
45″ англ. полев. гауб. 1910 г.	114	15,5	1 368	2 123	15,8	—	7,5	308
Конн. пушка сист. Крупна 1908 г.	75	—	—	—	—	—	—	—
Австр. горн. пушка 1916 г.	75	—	613	—	6,3	—	7	360
Австр. горн. гаубица 1916 г.	100	17	1 253	—	16	—	7,7	350
США								
Полев. пушка 1916 г. и 1916 г. М I	75	28,4	1 380	2 050	7,2	—	11,4	630
Франц. полев. пушка 1897 г.	75	36	1 160	1 970	5,5	7,2	11	529
Полев. пушка 1916 г.	75	29	1 300	2 065	7,2	—	7,4	570
Горн. пушка Виккерс-Максим	75	19	373,5	—	5,6	—	5	278
Франция								
Полев. пушка 1897 г.	75	28	1 160	1 970	5,5	7,2	11	529
Полев. гаубица 1917 г.	155	15	3 300	3 750	40,8	43,5	11,5	450
Конн. пушка 1912 г.	75	25	965	1 390	5,5	7,2	7,6	520
Горн. пушка 1906 г.	65	18,6	400	—	4,5	3,8	5,5	330
Чехо-Словакия								
Полев. пушка 1905 г. сист. Шкода	75	30	1 000	1 722	6,5	—	7	500
Полев. пушка 1917 г. сист. Шкода	76,5	30	1 440	2 327	8	—	10,5	520
Полев. гаубица 1914 г. сист. Шкода	100	18	1 350	2 300	12,4	—	8,4	420
Полев. гаубица обр. 1919 г. сист. Шкода	100	—	—	2 295	12,4	—	9,8	—
Полев. пушка 1915 г. сист. Шкода	104	—	—	3 500	17,5	—	12,0	—
Полев. гаубица 1914 г. сист. Шкода	150	—	—	3 200	42	—	8	—
Горн. пушка 1916 г. сист. Шкода	75	—	613	—	6,3	—	7	360
Горн. гаубица 1916 г. сист. Шкода	100	17	1 253	—	16	—	7,7	350
Япония								
Полев. пушка 1905 г. сист. Крупна	75	30	950	1 750	6,1	6,8	8	510
Полев. гаубица 1905 г. сист. Крупна	120	13	1 030	2 075	20	—	5,6	276
Конн. полевая пушка 1915 г.	75	—	840	1 495	6,4	6,8	8,4	510
Горная пушка	75	—	320	—	6,4	6,8	6,5	315

ственного и качественного усиления, придаваемую общевойсковым соединениям и частям временно по мере боевой необходимости. Т. о. термин войсковая артиллерия в настоящее время заменил понятие П. а. в прежнем значении этого слова; теперь под П. а. в широком смысле следует понимать всю артиллерию полевых армий. Введение скорострельной П. а. как преддверие современной усовершенствованной П. а. относится к концу 19 в., когда в 90-х годах впервые во Франции появилась новая полевая 75-*мм* скорострельная пушка образца 1897 г.; вслед за Францией перевооружились новым образцом полевой скорострельной пушки и другие европ. государства (Россия—1902 г., Англия—1903 г., Австрия—1905 г., Германия—1906 г.). Крупнейшим достижением в новых и новейших системах скорострельной П. а. является введение отката и наката тела орудия после выстрела по продольной его оси, с применением гидравлич. тормоза (компрессора)—пружинного, пневматического; так. образом достигнута устойчивость лафета при выстреле; это позволило усилить боевые заряды, поднять начальную скорость (настильность траектории снаряда), увеличить дальнобойность и скорострельность, усилить действие шрапнели (большая глубина поражения вследствие отлогости траектории и большей скорости полета снаряда). Кроме устойчивости лафета при выстреле, достигнутой гидравлич. тормозом, повышению скорострельности в новых системах П. а. способствует введение усовершенствованных *затворов* (см.), унитарного патрона (см. *Снаряды*) в пушках, гильзы—в гаубицах и панорамных оптич. прицелов (см. *Прицельные приспособления*). Введение гидравлич. тормоза (компрессора), уменьшив разрушительное действие выстрела на лафет и боевые колеса, вместе с тем разрешило вопрос конструирования полевых гаубиц для навесного огня. Возможность стрелять из гаубицы, как из пушки, при отлогой траектории и вместе с тем стрелять из нее же под значительными углами возвышения дала даже повод современным артиллеристам считать гаубицу универсальным орудием и стремиться в П. а. к увеличению их числа за счет пушек, стреляющих только при отлогой (настильной) траектории. На путь введения гаубиц и мощной (тяжелой) П. а., учитывая опыт последних войн, стала решительно Германия; Франция не учла этого опыта и вступила в войну 1914—18 гг. без тяжелой П. а., лишь с легкими 75-*мм* пушками (правда, превосходного качества); Россия вступила в войну 1914—18 гг. с незначительным числом 48-линейных гаубиц и тяжелой П. а. Опыт войны 1914—18 гг. явился указанием необходимости увеличения числа видов и количества П. а., а также повышения качеств каждого вида П. а. Приводимая выше табл. 1 разъясняет этот вопрос в отношении армий иностранных государств, указывая главнейшие технич. данные орудий, состоящих на вооружении. Что касается Рабоче-крестьянской Красной армии, то ее П. а. близко подходит к П. а. армий иностранных государств и удовлетворяет основному требованию, что вооружение армии д. б. не хуже вооружения армий ее вероятных противников.

Под влиянием опыта войны 1914—18 гг. во всех армиях произошли следующие главные нововведения в П. а.: 1) придано большее значение наличию гаубиц и тяжелой П. а.; 2) введена батальонная артиллерия мелких калибров (до 50 *мм*), к-рая действует непосредственно с батальоном в интересах усиления пулеметного и ружейного огня по целям, недостаточно поражаемым ими; 3) введена полковая артиллерия, действующая с полком для достижения боевых задач, ему поставленных. Батальонная и полковая артиллерия м. б. названы артиллерией непосредственного сопровождения пехоты; 4) развита количественно и качественно дивизионная артиллерия, поддерживающая действия частей дивизии при централизованном или децентрализованном управлении ее со стороны командования дивизии; 5) развита количественно и качественно корпусная артиллерия (там, где существуют корпуса), позволяющая завязывать бой с более далеких дистанций, дающая возможность достигать превосходства огня артиллерии над огнем противника на данном участке его боевого расположения (подавление противника), обеспечивающая превосходство огня при нанесении главного удара противнику и при его преследовании, облегчающая борьбу с инженерными сооружениями и препятствиями, созданными противником, и наконец обеспечивающая успех борьбы с артиллерией противника; 6) созданы артиллерийские резервы для качественного и количественного усиления войсковой артиллерии в зависимости от поставленных боевых задач, характера и развития боя; 7) введены химич. снаряды; 8) достигнуты крупные результаты в массировании огня П. а. в требуемом районе расположения противника и по избранной цели без передвижения артиллерии на колесах по местности; 9) достигнута возможность поражения глубины боевого расположения противника одновременно с подавлением его на участках, близких к фронту; 10) появились новые методы стрельбы без предварительной пристрелки; 11) применены для борьбы с артиллерией противника воздушные средства (разведка и корректирование огня, а также средства звуковой разведки); 12) введена специальная зенитная артиллерия для борьбы с воздушными силами противника; полевые орудия приспособлены для стрельбы по воздушным силам; 13) введена сначала специальная противотанковая артиллерия для борьбы с танками; впоследствии — вся войсковая артиллерия (гл. обр. пушечная) д. б. противотанковой. Основные требования к современной войсковой артиллерии в армиях различных государств представлены в табл. 2.

Табл. 2.—Характеристика современной войсковой артиллерии.

Вид артиллерии	Калибр, мм	Вид тяги	Вес снаряда, кг	Дальнобойность, км
Батальонная артиллерия *1				
45-мм пушка *2	45	В бою на людях	1,8	5,5
75-мм гаубица	75	На походе, мех. тяга	3	1,8
Полковая артиллерия *3				
65-мм гаубица	65	Самоходная	3	до 4
Дивизионная артиллерия				
75-мм пушка	75	Конн. или механич.	6,5	12—14
105-мм гаубица	105	» » »	16	до 12
Корпусная артиллерия				
105-мм пушка *4 . . .	105	Механическая	16	16—20
120-мм пушка	120	»	22	16
155-мм пушка *5 . . .	155	»	45	25
155-мм гаубица *6 . . .	155	»	45	16
220-мм гаубица	220	»	120	15

*1 По франц. терминологии «пехотные орудия». *2 Дальнобойность (5,5 км) этой пушки получилась вследствие большой начальной скорости, необходимой для хорошего действия бронебойного снаряда по броне танка (пробивание 30-мм брони с дистанции ок. 500 м). *3 По франц. терминологии «артиллерия непосредственного сопровождения пехоты». *4 Оставление этого калибра пушки в составе корпусной артиллерии оспаривается в пользу замены ее 120-мм пушкой. *5 155-мм пушка включается теперь многими специалистами в состав тяжелой артиллерии тракторной тяги (армейская артиллерия). *6 155-мм гаубицу нек-рые специалисты включают теперь в состав дивизионной артиллерии.

Внезапность появления достигнута быстротою и скрытностью движений (маневров) артиллерии благодаря применению механической тяги, обеспечившей сосредоточение значительной массы артиллерии на направлении главного удара в кратчайший срок; внезапность огневого действия достигнута повышением скорострельности и введением усовершенствованных методов стрельбы. Масса (массирование) получила свое выражение в сосредоточении крупных артиллерийских средств к пункту (району) атаки и в массировании огня возможно большего количества артиллерии в решительный момент на направлении главного удара с разных участков своего расположения и из глубины расположения своих сил. Глубина выразилась в эшелонировании П. а., т. е. в расположении ее в глубину боевого порядка, что обеспечивает непрерывность ее огневой работы, а потому и большую устойчивость пехоты, и в огневом действии П. а. по всей глубине боевого расположения противника, что обеспечивает одновременность потрясения всех сил противника, а иногда и подавления сил противника, сосредоточенных им для удара, т. е. в качестве активной ударной группы. Из табл. 1 видно, что до 1930 г. ни одно из европ. государств не перевооружило своей полевой артиллерии новейшими образцами орудий как в силу экономич. условий, так и в виду незаконченности испытаний некоторых систем. Вместо перевооружения большинство государств стало на путь модернизации существующей материальной части П. а. и боеприпасов к ней. Надо полагать, что начавшееся частичное перевооружение П. а. нек-рых армий новейшею материальною частью будет полностью осуществлено в ближайшие 5—10 лет.

Лит.: Нилус, История артиллерии, Курс старшего класса Артиллерийской академии, ч. 1 и 2, СПБ. 1909 (литограф.); Цытович Н. П., Краткий очерк эволюции артиллерии, М.—Л., 1930; Триандофилов З. В., Характер операций современных армий, М.—Л., 1929; Сыромятников А., Прикладная тактика артиллерии, 2 изд., М.—Л., 1927; Риммальо, Артиллерия полевых армий, пер. с франц., М.—Л., 1927; Гаскуэн, Эволюция артиллерии во время мировой войны, пер. с франц., М., 1921; Рожe Ж., Артиллерия при наступлении, пер. с франц., М.—Л., 1927; Шварте М., Техника в мировой войне, пер. с нем., М.—Л., 1927; Кампапа Ж., Успехи артиллерийской техники, пер. с франц., М.—Л., 1927. **В. Грендаль.**

ПОЛЕВОЙ ШПАТ, минерал, являющийся щелочным или щелочно-земельным алюмосиликатом. П. ш. широко распространены в природе. В зависимости от состава и кристаллич. структуры различают следующие главные разновидности П. ш.: 1) калиевые П. ш. (ортоклаз); 2) натриевые П. ш. (альбит); 3) кальциевые П. ш. (анортит). Кроме того часто встречаются шпаты смешанного состава, напр. известково-натровые полевые шпаты (плагиоклазы), представляющие собой смеси альбита и анортита. В табл. 1 приведены разновидности П. ш. Голубовато-зеленая разность микроклина называется амазонским камнем, он имеет блеск стекла, слегка просвечивает (до прозрачного). Адуляр представляет собой бесцветный водянопрозрачный ортоклаз. Лунным камнем называется адуляр, на поверхности которого имеется синий отлив. Солнечным камнем называют образцы с красноватым и золотистым отливом. Чистый П. ш. редко встречается в природе; обыкновенной примесью в П. ш. является кварц, образующий нередко правильные срастания со шпатом; такой П. ш. называют пегматитом. Из других минералов, присутствующих в П. ш., можно назвать кроме кварца мусковит, каолин, биотит, гранат, хлорит, апатит, эпидот, роговую обманку, турмалин, известковый шпат, реже пирит, магнетит, рутил, титанит, плавиковый шпат, берилл, гадолинит, урановую смоляную руду, торит, монацит, ортит и др.

Месторождения П. ш. Наиболее известные в Европе месторождения П. ш. находятся в Швеции и Норвегии. В Швеции имеются месторождения чистого П. ш. в Иттербн, Маргретлунде, Вестланде и Дреме. В Норвегии добывается шпат в окрестностях Tvedestrand и между Bamle и Арендаль; затем в Krager, Farsund, Stavanger, Нарвик и др. Чехо-Словакия обладает многочисленными месторождениями низших сортов П. ш.—в районе Марненбада, Илау, Тегеля, Воллина, Чайова и др. Добыча П. ш. в Германии сосредоточена гл. обр. в Баварии и Тюрингии, отчасти в Саксонии. В Англии добывается гл. обр. «корнваллийский камень» (каолинизированный пегматит, или аплит) в Корнваллисе. Во Франции добывается много пегматита в Сент-Ирие (Лимож). В США—в штатах С. Каролина, Мэн, Нью Йорк, Коннектикут, Нью Гемпшайр и Мэриленд. В Канаде—Онтарио и Квебек. На Цейлоне добывается превосходный шпат, экспортируемый в Англию.

Табл. 1.—Разновидности полевых шпатов.

Название шпата	Кристаллическая система	Химическая формула	Состав шпата в %	Тв.	Уд. вес	Разлагающие кислоты	Средний показатель преломления	Угол погасания на плоскостях совершенной спайности *1		Угол между направлениями совершенной спайности	Цвет
								Плоскость	Угол		
Ортоклаз	Монокл.	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ (Or)	SiO_2 64,7 Al_2O_3 18,4 K_2O 16,9	6	2,56	Только плавиковая	1,524	001 010	0° 5°	Прямой	Белый, желтоват., красноват., редко зеленый
Микроклин	Трикл.	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	Как у Or	6	2,57	»	1,522	001 010	15° 5°	Косой, но лишь менее чем на 1° отличается от d	Нередко зеленый
Альбит	»	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ (Ab)	SiO_2 68,6 Al_2O_3 19,6 Na_2O 11,8	6–6,5	2,62	»	1,529	001 010	4° 20°	Косой, отличается от d на ~3,5°	Чаще всего белый
Анортит	»	$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (An)	SiO_2 43 Al_2O_3 39,9 CaO 20,1	6	2,76	Минеральные	1,583	001 010	−37° −33°	Косой, отличается от d больше чем на 4°	Чаще всего белый
Целзиан	Монокл.	$BaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (Cn)	SiO_2 32,0 Al_2O_3 27,2 BaO 40,8	6	3—4*2	»	1,587	001 010	0° 25°	Прямой	Белый
Натровый ортоклаз	»	$(Na, K)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ($Or_m\ Ab_n$)	Зависит от значения m и n	6	2,58*2	Только плавиковая	1,529	001 010	0° 9÷12°	Прямой	Чаще всего белый
Анортоклаз	Трикл.	$Or_m\ Ab_n$ Or_1Ab_2 до $Or_1Ab_{4,5}$	Зависит от значений m и n	6	~2,60	»		001 010	−1÷−6° 6÷10°	Косой, отличается от d на ~1°	Белый и желтоватый
Олигоклаз	»	Обычно Ab_6An_1 до Ab_2An_1	В среднем SiO_2 61,9 Al_2O_3 24,2 CaO 5,2 Na_2O 8,7	6	2,66*2	*3	1,543	001 010	2°45′÷0°35′ 11°59′÷2°15′	Косой, отличается от d на ~4°	Белый, желтоватый, зеленоватый
Андезин	»	Обычно Ab_3An_2 до Ab_1An_1	В среднем SiO_2 55,4 Al_2O_3 28,5 CaO 10,4 Na_2O 5,1	6	2,70*2	*3	1,557	001 010	−2°12′÷−5°10′ −8°÷−16°	Косой, отличается от d более чем на 3°	Белый
Лабрадор	»	Обычно Ab_3An_5 до Ab_2An_3	В среднем SiO_2 49,1 Al_2O_3 32,8 CaO 15,3 Na_2O 2,8	6	2,73*2	Минеральные	1,558	001 010	−7°÷−18°	То же	Белый, серый, в изломе иногда радужные цвета
Битовнит	»	Обычно Ab_1An_2 до Ab_1An_6	В среднем SiO_2 46,6 Al_2O_3 34,4 CaO 17,4 Na_2O 1,6	6	2,74*2	»	1,569	001 010	−21°÷−27° −31°÷−33°	То же	Белый, серый
Гиалофан	Монокл.	Обычно Or_mCn_n Or_7Cn_3	Зависит от значения m и n	6	2,8–2,9	Зависит от состава		001 010	0° 0÷25°	Прямой	Белый

*1 Относительно их взаимного пересечения, в поляризованном свете. *2 Средний. *3 Лишь незначительно поддается действию минеральных кислот.

Примечание. Состав полевых шпатов, в к-рые кроме SiO_2 и Al_2O_3 входит Na_2O и CaO, м. б. выражен общей ф-лой $Ab_m An_n$; при m = 0 имеем чистый анортит, при n = 0 — чистый альбит. Чем более в состав такого полевого шпата входит вещество анортита (An), тем более его уд. вес, тем значительнее он подвергается действию кислот. Средний показатель преломления альбита 1,529; средний показатель преломления анортита 1,583; у остальных полевых шпатов этой группы средний показатель преломления также находится в зависимости от содержания в них веществ альбитового и анортитового. Величина углов погасания поляризованного света в пластинках, получаемых из различных натровоизвестковистых полевых шпатов, по направлениям спайности изменяется аналогичным образом.

Все натровоизвестковистые полевые шпаты рассматриваются как результат изоморфного смешения силикатов $Ab = Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ и $An = 2(CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)$ в различных соотношениях.

Среди месторождений П. ш. в СССР первое место как по количеству, так и по качеству занимает Карельская АССР. Здесь зарегистрирована добыча на 26 месторождениях, среди к-рых Чупинский район Панфилова Варака и остров Оленчик являются наиболее значительными. На Урале надо отметить Режевский и Вишнегорский районы добычи шпата, причем последний район, расположенный на вост. склоне Вишневых гор в Каслинской даче, обладает одним из самых крупных месторождений Союза. П. ш. здесь очень чистый, без кварца, и может итти в фарфоровую промышленность без предварительного отбора. В Ильменских горах (Урал) имеется единственное месторождение амазонского камня. На Украине, в Волынском районе добывается главн. обр. пегматит, называемый здесь П. ш. Затем добывается П. ш. в Мариупольском районе по реке Буртичья. Знаменитое месторождение лабрадорита находится на юге Волыни (близ г. Житомира). На Кавказе известны месторождения П. ш. в Грузинской ССР по течению реки Дзирулы, в Шаропанском районе и около з-да Шроша, затем по рр. Вашлеури и Сакрнес-геле близ станций Белогоры-Дзирула. В Сибири встречаются П. ш. и пегматиты в Красноярском районе—Пановское месторождение по р. Рыбной, в районе р. Балая и в Канском районе (Утесскала), затем в районе р. Слюдянки (Прибайкалье), в пади Улунтай. В Автономной Бурятской области П. ш. разрабатывается в окрестностях улуса Нарын-Кунта и на самом берегу оз. Байкал, у р. Малая Бугульдейка и мыса Улан-Нур. На юге от Байкала и на р. Селюнке известны месторождения солнечного камня. В Ср. Азии П. ш. еще мало разведан, известен он в районе г. Фрунзе (ст. Ортокой) и в районе Аулие-Ата, в горах Кызыл-Адыр.

П. ш. применяется в керамич. промышленности, в гончарном, глазурном и эмалевом производствах; применяется он также для изготовления искусственных фарфоровых зубов, причем в состав массы входит до 80% высокосортного калиевого шпата. Последний служит также для приготовления электрич. изоляторов, стекла (химич. посуда); для производства прозрачных стекол употребляют высокосортный натровый шпат. Тонко измолотый П. ш. идет в качестве цемента при выработке наждачных и карборундовых кругов; также идет он в качестве наполнителя в мыле, при условии, что он не содержит кварца. П. ш. идет в домны в качестве добавки при плавке руд, т. к. способствует шлакообразованию. В табл. 2 приведена мировая добыча П. ш.

Табл. 2.—Распределение мировой добычи полевого шпата (в m).

Страны	1913 г.	1923 г.	1924 г.	1925 г.	1926 г.	1927 г.
СССР *1	—	441	3 579	8 613	20 960	19 324
Великобритания:						
Корнвал. камень	67 714	52 989	55 581	58 300	48 536	64 633
Полевой шпат		3 298	1 070	—	—	—
Франция	—	12 605	14 124	—	—	—
Германия	6 500	8 993	33 128	10 255	6 660	—
Норвегия	40 842	13 069	20 828	26 778	20 510	27 649*2
Швеция	37 878	16 008	18 875	26 751	33 970	30 634*2
Финляндия	—	689	681	752	738	—
Чехо-Словакия	—	30 000	30 000	30 000	30 000	—
Румыния	—	—	—	—	1 700	—
Италия	—	5 069	5 198	3 399	5 876	—
Канада	15 236	26 513	40 646	26 019	32 614	29 849
США	109 760	147 331	208 059	188 685	214 172	227 809
Япония	—	22 933	23 420	19 044	—	—
Австралия	—	33	15	45	116	—

*1 В 1929/30 г. добыто (Карелия и Урал) 20 000 m, по плану на 1931/32 г. ~ 35 000 m. *2 Короткие тонны.

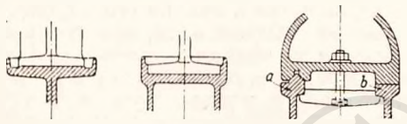
Лит.: Федоровский Н. М., Главнейшие минералы, употребляемые в промышленности, Л., 1925; его же, Минералы в промышленности и сельском хозяйстве, 2 изд., Ленинград, 1927; Гинзбург Н. И., Полевой шпат, «НИ», т. 2, 1927 (имеется литература); его же, Полевой шпат, Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1926/27, Ленинград, 1928 (имеется литература). **Н. Федоровский.**

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ, минералы и горные породы, используемые в промышленности, с. х-ве и в быту. П. и. можно разделить на следующие группы: 1) руды металлов, требующие той или иной переработки для получения металла (руды железа, меди, цинка и т. п.); 2) рудоминералы, применяемые в промышленности без особой предварительной обработки (серный колчедан, полевой шпат, слюда и др.); 3) горючие П. и. (уголь, нефть, горючие сланцы); 4) соли (самосадочная каменная и выварочная соль, калийная соль, глауберова соль); 5) строительные материалы (гранит, диабаз, базальт, кварциты, известняки, доломиты, глины всевозможных типов, пески и гравии). К группе же строительных материалов относятся минеральные краски, природная охра—красная и желтая,—природный сурик и т. п. Более грубое разделение полезных ископаемых, применяемое в технике и имеющее 200-летнюю давность, представляет определение по четырем основным категориям: первая—руды, вторая—соли, третья—камни и земли, четвертая—горючие ископаемые. Термин П. и. чрезвычайно широк, и был ряд попыток к замене его другим. Так, одно время пытались распространить понятие руды не только на металлы, но и на металлоиды. Т. о. привился термин—агрономические руды, руда на серу, руда на калий. Кроме термина П. и. употребляется (обычно в популярных изданиях и брошюрах) в аналогичном смысле термин минеральные богатства; однако более научным термином считается термин П. и. Изучением полезных ископаемых занимаются в СССР гл. обр. Горно-геологич. управление ВСНХ с Геологич. ин-том, входящим в его состав, Ин-т прикладной минералогии, Ин-т по удобрениям, Керамич. ин-т,

Академия наук в лице ее Минералогического отдела и лаборатории, Геологич. кабинет Академии наук и соответствующие лаборатории и кабинеты и научно-исследовательские институты втузов и вузов. Несмотря на сравнительно большое количество учреждений и лиц, занимающихся этими вопросами, изученность территории СССР, очень богатой месторождениями различных полезных ископаемых, чрезвычайно мала, особенно на окраинах. См. *Горное дело*, *Ископаемые*, *Минеральное сырье*. **Н. Федоровский.**

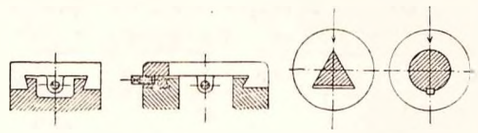
ПОЛЕНСКЕ ЧИСЛО, одна из констант, характеризующих жиры и масла, определяющая содержание в данном жире свободных летучих нерастворимых в воде кислот; выражается числом $см^3$ $^1/_{10}$ N щелочи, необходимой для нейтрализации этих кислот в 5 *г* жира. Практич. определение П. ч. см. *Рейхерт-Мейсля число*.

ПОЛЗУН, элемент кинематич. поступательной пары, осуществляющий во многих механизмах прямолинейно-возвратное движение. Поступательная пара м. б. рассматриваема как частный случай пары вращательной, радиус шипа к-рой увеличился до бесконечности. *Кривошипный механизм* (см.), находящий широкое применение в конструкциях поршневых машин (см. *Паровые машины* и *Двигатели внутреннего сгорания*), является видоизменением четырехзвенного шарнирного механизма, у к-рого одна вращательная пара заменена парой поступательной. В том случае если поршень машины непосредственно шарнирно соединен с шатуном, то роль П. выполняет сам поршень и направляющими для него являются стенки цилиндра, к которым его прижимает нормальная (к направлению движения) составляющая усилия шатуна. При этой конструкции размеры поршня д. б. выбраны в соответствии с его работой в качестве П., и поршень выполняют в виде удлиненного стакана (см. *Поршни*). Для разгрузки поршня от работы в качестве П. кривошипный механизм снабжают *крейцкопфом* (см.), несущим функции П., поршень же жестко соединяют с крейцкопфом при помощи поршневого штока. Если направление силы, нормальной к скользящей поверхности П., не меняется, то он может работать в открытых направляющих, если же направление этой силы изменяется, то необходимо обеспечить П. двойными или закрытыми направляющими. П. с плоскими открытыми направляющими часто встречается в станках в качестве салазок, воспринимающих исключительно действие веса (фиг. 1). При



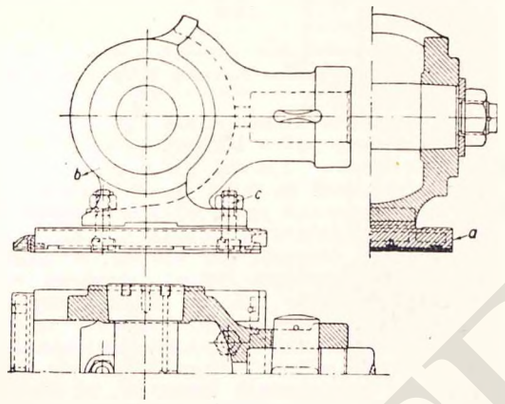
Фиг. 1. Фиг. 2. Фиг. 3.

наличии вертикальных сил и при единовременном действии силы горизонтальной могут быть применимы П. с открытыми призматич. направляющими (фиг. 2). На фиг. 3 дано изображение П. бабки токарного станка; П. имеет призматич. направляющую *a*, к-рая предохраняет П. от бокового перемещения; кроме призматич. направляющей этот П. имеет плоскость скольжения *b*, к-рая воспринимает исключительно силы вертикальные и в то же время обеспечивает свободу перемещения от $t°$-ных деформаций. Для



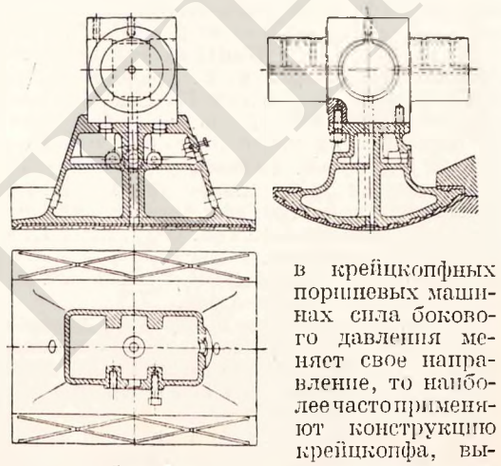
Фиг. 4. Фиг. 5.

обеспечения П. от приподнимания его направляющие часто выполняют в форме ласточкина хвоста (фиг. 4). П. простейшей формы с закрытыми призматич. и цилиндрич. направляющими изображены на фиг. 5. Примером крейцкопфа с одним башмаком, осуществляющим плоскую скользящую пару,



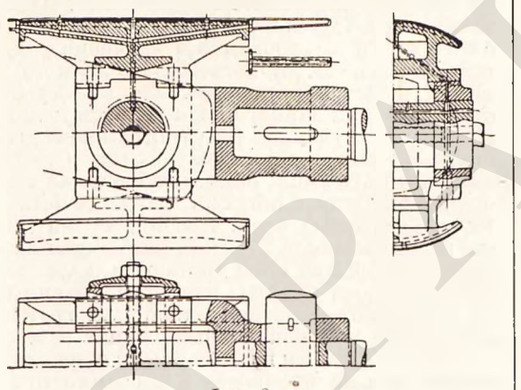
Фиг. 6.

может служить конструкция, изображенная на фиг. 6; башмак *a* выполняют съемным и соединяют его с головкой *b* крейцкопфа с помощью болтов *c*. Скользящую поверхность башмака *a* заливают баббитом. Крейцкопф с одним башмаком, имеющим цилиндрич. поверхность скольжения, дан на фиг. 7. Т. к.



Фиг. 7.

в крейцкопфных поршневых машинах сила бокового давления меняет свое направление, то наиболее часто применяют конструкцию крейцкопфа, выполненного с двумя башмаками, имеющими цилиндрические рабочие поверхности, как это изображено на фиг. 8. Для предотвращения износа рабочих поверхностей давление на трущуюся поверхность крейцкопфа при скоростях поршня до 2,5 *м/сек* не должно превышать 3—4 *кг/см²*. Цилиндрические направляющие крейцкопфа по сравнению с плоскими имеют то преимуще-



Фиг. 8.

ство, что боковое перемещение крейцкопфа является невозможным. Трущаяся поверхность ползуна должна быть обеспечена смазкой. Конструктивное выполнение крейцкопфа—см. также *Крейцкопф*.

Лит.: Засс Ф., Бескомпрессорные двигатели Дизеля, пер. с нем., М.—Л., 1931; Rotscher F., Die Maschinenelemente, B. 2, B., 1929; Dubbel H., Kolbengasmaschinen u. Dampfmaschinen, 6 Auflage, B., 1923; Pohlhausen A., Die Kolbendampfmaschinen, 5 Aufl., B., 1925; Frey H., Die Schubstangen u. Kreuzkopfe, Einzelkonstruktionen aus d. Maschinenbau, hrsg. v. C. Volk, H. 6, B., 1919. **Б. Шпринц.**

ПОЛИБАЗИТ, см. *Серебряные руды*.

ПОЛИВА, см. *Глазури*.

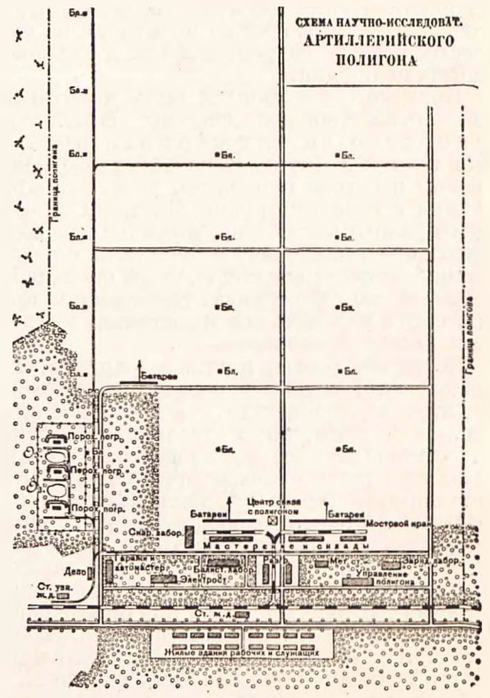
ПОЛИГОН артиллерийский, участок местности, приспособленный и оборудованный для постоянного производства на нем артиллерийских испытаний. Артиллерийский П. по своему назначению м. б. двух видов: научно-испытательный и учебный.

Научно-испытательный П. Научно-испытательный П. служит для производства всякого рода опытных работ, связанных с изучением свойств артиллерийского вооружения и боевых припасов как состоящих на вооружении, так и вновь вводимых. Опытное поле научно-испытательного П. должно по своим размерам давать возможность производить испытания крупных по калибру и мощных орудий морской и береговой артиллерии. Рельеф поля и грунт разнообразный. Оборудование П. (фиг. 1) состоит из ж.-д. и шоссейных путей, блиндажей, сети связи и соответствующих мишенных устройств, производимых в зависимости от характера опыта. Кроме того П. должен обладать мощно развитыми транспортными средствами и тяжелым подъемным оборудованием (ж.-д. мостовые краны, домкраты и пр.) для быстрого вооружения и перевооружения позиций и мишенной обстановки. При научно-испытательном П. должны находиться лаборатории для производства опытов и обработки их результатов, мастерские для изготовления необходимого оборудования и склады для хранения материальной части, приборов, боевых припасов и пр.

Основные виды испытаний материальной части артиллерии заключаются в определении баллистич. свойств орудий, прочности их и удобства служебного обслуживания.

Обычно испытание новой системы орудия начинается с подбора боевого заряда, дающего запроектированную для данного орудия начальную скорость снаряда. Одновременно с определением начальной скорости производится определение наибольшего давления пороховых газов на дно канала орудия. Заряд подбирается так, чтобы для заданной начальной скорости снаряда v_0 давление P не превосходило допустимой и запроектированной для данной системы орудия величины. Определение v_0 и P производится для всех зарядов, принятых для данной системы орудия. Прочность орудийной системы испытывается стрельбой усиленными зарядами при различных углах возвышения и при установке орудия на различных грунтах. Испытание на прочность сопровождается обмерами и осмотром системы для обнаружения как остающихся деформаций, так и повреждений частей системы. После подбора v_0 и P для всех зарядов, принятых для данной системы орудия, и испытания его на прочность, производятся стрельбы для составления таблиц стрельбы. Для этой цели для каждого заряда производится обычно 3 стрельбы (ударными снарядами) на малую, среднюю и большую дистанции при неизменных для каждого заряда угле возвышения φ и направлении орудия.

При производстве табличных стрельб определяются координаты точки стояния орудия и средней точки падения снарядов группы выстрелов, выпущенных при данном



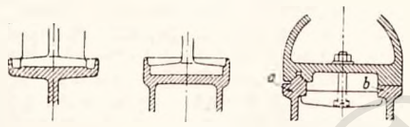
Фиг. 1.

заряде. Результатом произведенных после каждой стрельбы топографич. измерений является определение величины x горизонтальной дальности, z деривации и вероятных отклонений снарядов от средней точки падения как по даль-

Академия наук в лице ее Минералогического отдела и лаборатории, Геологич. кабинет Академии наук и соответствующие лаборатории и кабинеты и научно-исследовательские институты втузов и вузов. Несмотря на сравнительно большое количество учреждений и лиц, занимающихся этими вопросами, изученность территории СССР, очень богатой месторождениями различных полезных ископаемых, чрезвычайно мала, особенно на окраинах. См. *Горное дело*, *Ископаемые*, *Минеральное сырье*. **Н. Федоровский.**

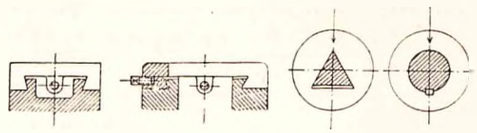
ПОЛЕНСКЕ ЧИСЛО, одна из констант, характеризующих жиры и масла, определяющая содержание в данном жире свободных летучих нерастворимых в воде кислот; выражается числом $см^3$ $^1/_{10}$ N щелочи, необходимой для нейтрализации этих кислот в 5 *г* жира. Практич. определение П. ч. см. *Рейхерт-Мейсля число*.

ПОЛЗУН, элемент кинематич. поступательной пары, осуществляющий во многих механизмах прямолинейно-возвратное движение. Поступательная пара м. б. рассматриваема как частный случай пары вращательной, радиус цапфа к-рой увеличился до бесконечности. *Кривошипный механизм* (см.), находящий широкое применение в конструкциях поршневых машин (см. *Паровые машины* и *Двигатели внутреннего сгорания*), является видоизменением четырехзвенного шарнирного механизма, у к-рого одна вращательная пара заменена парой поступательной. В том случае если поршень машины непосредственно шарнирно соединен с шатуном, то роль П. выполняет сам поршень и направляющими для него являются стенки цилиндра, к которым его прижимает нормальная (к направлению движения) составляющая усилия шатуна. При этой конструкции размеры поршня д. б. выбраны в соответствии с его работой в качестве П., и поршень выполняют в виде удлиненного стакана (см. *Поршни*). Для разгрузки поршня от работы в качестве П. кривошипный механизм снабжают *крейцкопфом* (см.), несущим функции П., поршень же жестко соединяют с крейцкопфом при помощи поршневого штока. Если направление силы, нормальной к скользящей поверхности П., не меняется, то он может работать в открытых направляющих, если же направление этой силы изменяется, то необходимо обеспечить П. двойными или закрытыми направляющими. П. с плоскими открытыми направляющими часто встречается в станках в качестве салазок, воспринимающих исключительно действие веса (фиг. 1). При



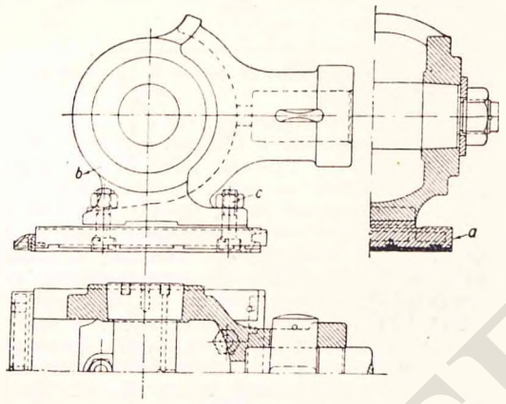
Фиг. 1. Фиг. 2. Фиг. 3.

наличии вертикальных сил и при единовременном действии силы горизонтальной могут быть применимы П. с открытыми призматич. направляющими (фиг. 2). На фиг. 3 дано изображение П. бабки токарного станка; П. имеет призматич. направляющую *a*, к-рая предохраняет П. от бокового перемещения; кроме призматич. направляющей этот П. имеет плоскость скольжения *b*, к-рая воспринимает исключительно силы вертикальные и в то же время обеспечивает свободу перемещения от $t°$-ных деформаций. Для



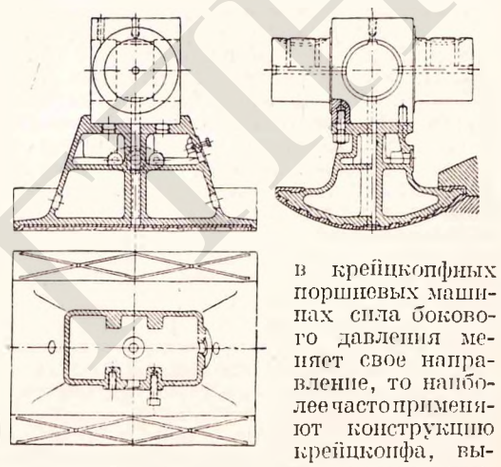
Фиг. 4. Фиг. 5.

обеспечения П. от приподнимания его направляющие часто выполняют в форме ласточкина хвоста (фиг. 4). П. простейшей формы с закрытыми призматич. и цилиндрич. направляющими изображены на фиг. 5. Примером крейцкопфа с одним башмаком, осуществляющим плоскую скользящую пару,



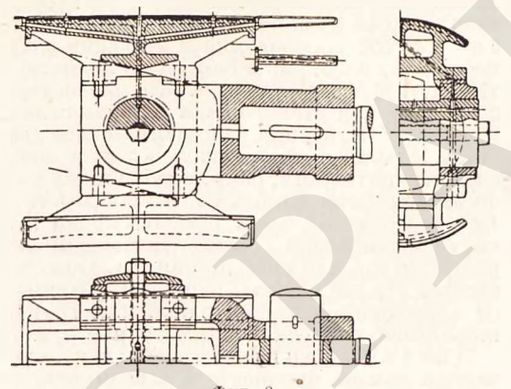
Фиг. 6.

может служить конструкция, изображенная на фиг. 6; башмак *a* выполняют съемным и соединяют его с головкой *b* крейцкопфа с помощью болтов *c*. Скользящую поверхность башмака *a* заливают баббитом. Крейцкопф с одним башмаком, имеющим цилиндрич. поверхность скольжения, дан на фиг. 7. Т. к.



Фиг. 7.

в крейцкопфных поршневых машинах сила бокового давления меняет свое направление, то наиболее часто применяют конструкцию крейцкопфа, выполненного с двумя башмаками, имеющими цилиндрические рабочие поверхности, как это изображено на фиг. 8. Для предотвращения износа рабочих поверхностей давление на трущуюся поверхность крейцкопфа при скоростях поршня до 2,5 *м/сек* не должно превышать 3—4 *кг/см²*. Цилиндрические направляющие крейцкопфа по сравнению с плоскими имеют то преимуще-



Фиг. 8.

ство, что боковое перемещение крейцкопфа является невозможным. Трущаяся поверхность ползуна должна быть обеспечена смазкой. Конструктивное выполнение крейцкопфа—см. также *Крейцкопф*.

Лит.: Засс Ф., Бескомпрессорные двигатели Дизеля, пер. с нем., М.—Л., 1931; Rötscher F., Die Maschinenelemente, B. 2, B., 1929; Dubbel H., Kolbengasmaschinen u. Dampfmaschinen, 6 Auflage, B., 1923; Pohlhausen A., Die Kolbendampfmaschinen, 5 Aufl., B., 1925; Frey H., Die Schubstangen u. Kreuzkopfe, Einzelkonstruktionen aus d. Maschinenbau, hrsg. v. C. Volk, H. 6, B., 1919. **Б. Шрини.**

ПОЛИБАЗИТ, см. *Серебряные руды*.

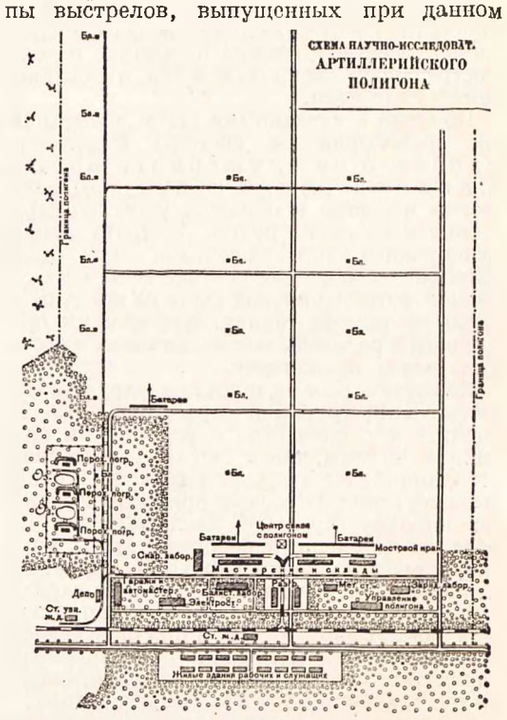
ПОЛИВА, см. *Глазури*.

ПОЛИГОН артиллерийский, участок местности, приспособленный и оборудованный для постоянного производства на нем артиллерийских испытаний. Артиллерийский П. по своему назначению м. б. двух видов: научно-испытательный и учебный.

Научно-испытательный П. Научно-испытательный П. служит для производства всякого рода опытных работ, связанных с изучением свойств артиллерийского вооружения и боевых припасов как состоящих на вооружении, так и вновь вводимых. Опытное поле научно-испытательного П. должно по своим размерам давать возможность производить испытания крупных по калибру и мощных орудий морской и береговой артиллерии. Рельеф поля и грунт разнообразный. Оборудование П. (фиг. 1) состоит из ж.-д. и шоссейных путей, блиндажей, сети связи и соответствующих мишенных устройств, производимых в зависимости от характера опыта. Кроме того П. должен обладать мощно развитыми транспортными средствами и тяжелым подъемным оборудованием (ж.-д. мостовые краны, домкраты и пр.) для быстрого вооружения и перевооружения позиций и мишенной обстановки. При научно-испытательном П. должны находиться лаборатории для производства опытов и обработки их результатов, мастерские для изготовления необходимого оборудования и склады для хранения материальной части, приборов, боевых припасов и пр.

Основные виды испытаний материальной части артиллерии заключаются в определении баллистич. свойств орудий, прочности их и удобства служебного обслуживания. Обычно испытание новой системы орудия начинается с подбора боевого заряда, дающего запроектированную для данного орудия начальную скорость снаряда. Одновременно с определением начальной скорости производится определение наибольшего давления пороховых газов на дно канала орудия. Заряд подбирается так, чтобы для заданной начальной скорости снаряда v_0 давление P не превосходило допустимой и запроектированной для данной системы орудия величины. Определение v_0 и P производится для всех зарядов, принятых для данной системы орудия. Прочность орудийной системы испытывается стрельбой усиленными зарядами при различных углах возвышения и при установке орудия на различных грунтах. Испытание на прочность сопровождается обмерами и осмотром системы для обнаружения как остающихся деформаций, так и повреждений частей системы. После подбора v_0 и P для всех зарядов, принятых для данной системы орудия, и испытания его на прочность, производятся стрельбы для составления таблиц стрельбы. Для этой цели для каждого заряда производится обычно 3 стрельбы (ударными снарядами) на малую, среднюю и большую дистанции при неизменных для каждого заряда угле возвышения φ и направлении орудия.

При производстве табличных стрельб определяются координаты точки стояния орудия и средней точки падения снарядов группы выстрелов, выпущенных при данном



Фиг. 1.

заряде. Результатом произведенных после каждой стрельбы топографич. измерений является определение величины x горизонтальной дальности, z деривации и вероятных отклонений снарядов от средней точки падения как по даль-

ности (*Вд*), так и по направлению (*Вб*). При производстве табличных стрельб является обязательным измерение всех метеорологич. и аэрометрических данных, сопутствующих стрельбе (барометрич. давление, $t°$ воздуха, плотность воздуха, влажность, скорость и направление баллистич. ветра); определяется $t°$ заряда, учитывается угол местности. Учет всех указанных данных позволяет расчетом привести полученные из опыта x и z к x_0 и z_0 для нормальных условий. Нормальными условиями стрельбы считаются: барометрич. давление 760 *мм*, $t°$ воздуха $+15°$, относительная влажность 50%, полное отсутствие ветра, угол местности 0°, $t°$ заряда $+15°$. Таблицы стрельбы составляются для нормальных условий. Полученные на опыте данные v_0, φ, x_0 и z_0 являются основными для последующего расчета всех прочих элементов траектории на все промежуточные дистанции от нуля до предела досягаемости. Вычисление элементов траектории производится по соответствующим ф-лам внешней баллистики. Меткость орудия характеризуется определенными из опыта и вычисленными для всех прочих дистанций величинами вероятных отклонений *Вд* и *Вб*. Вероятное вертикальное отклонение определяется стрельбой по вертикально поставленным деревянным щитам с определением средней точки попадания и величин *Вб* и *Вв*. Для определения скорострельности производится ряд стрельб в различных условиях с определением числа выстрелов, получаемых из орудия в одну минуту при предельной по скорости работе обслуживающего орудие личного состава; обычно испытание на скорострельность сопровождается и поверкой меткости орудия.

Попутно с указанными выше испытаниями артиллерийской системы выявляется удобство ее служебного обслуживания (переход из походного положения в боевое и обратно, удобство заряжания и наводки орудия, быстрота замены неисправных частей запасными и пр.). Окончательное выявление соответствия испытываемой артиллерийской системы предъявляемым ей тактико-технич. требованиям производится на войсковых испытаниях в строевых частях артиллерии.

Испытание боевых припасов (зарядов, снарядов, мин, трубок и взрывателей) производится как совместно с испытанием орудийной системы, так и отдельно, если свойства данной системы орудия известны и испытываются только боевые припасы. Испытание порохов стрельбой заключается в определении степени однообразия начальных скоростей и давлений пороховых газов, получаемых при одном и том же весе заряда. Такие испытания производятся как при подборе боевых зарядов, так и при определении степени стойкости пороха (неизменяемость баллистич. свойств) после продолжительного его хранения в тех или иных условиях.

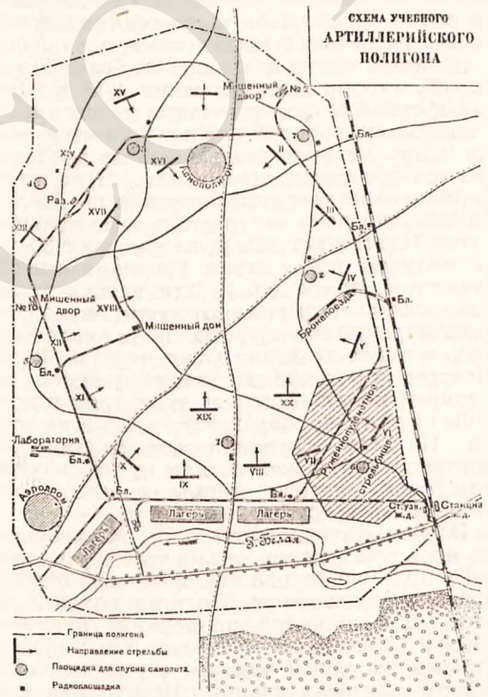
Снаряды (мины) испытываются на прочность, баллистич. качества и разрушительное действие. Прочность снаряда, зависящая от конструктивных его данных и качества металла, поверяется стрельбой усиленными зарядами, развивающими в канале орудия давления больше обычного (принятого для нормального заряда) на 200—300 *atm*. Баллистич. качества снаряда (дальнобойность и меткость), зависящие от его калибра, длины, веса, положения ц. т. и внешней формы (гл. обр. очертаний головной и донной части), поверяются стрельбой на меткость на различные дистанции. Испытания на разрушительное действие снарядов заключаются в изучении ударного, фугасного, картечного (осколочного) и химич. действия при стрельбе по соответствующим для данного вида снаряда целям. Попутно с изучением разрушительного действия снарядов также изучаются и меры защиты против них, напр. необходимая толщина покрытия блиндажа против действия 152-*мм* фугасных бомб, толщина брони танка, не пробиваемой 37-*мм* бронебойным снарядом на той или иной дистанции, характер боевых строев пехоты, наименее уязвимых от картечного действия одной или группы шрапнелей или осколочных гранат и т. п.

Дистанционные трубки испытываются как на прочность и взводимость их ударных частей при различных зарядах, так и на однообразие горения дистанционного состава, от которого зависит рассеивание при дистанционной стрельбе, т. е. величины *Врд* и *Врв* (вероятные отклонения разрывов от средней точки по дальности и по высоте).

Взрыватели испытываются на прочность, взводимость ударных частей, надежность действия предохранительных (от разрыва снаряда в канале орудия) приспособлений, безотказность действия и величину замедления (мгновенное или с тем или иным замедлением действие) разрыва снаряда после встречи его с той или иной преградой.

Учебный П. В зависимости от назначения учебные П. бывают окружные, корпусные, а иногда и дивизионные. Размеры площади учебных П. обусловливаются требованием предоставления возможности прохождения курса практич. стрельб для находящейся на П. артиллерии при соблюдении безопасности; размеры учебного П. (фиг. 2) в среднем 250—300 *км*². Лучшая форма площади полигона—круг, с рельефом, постепенно снижающимся к центру. Рельеф, растительность и почва должны по возможности соответствовать вероятным театрам военных действий и давать возможность, с достаточным соответствием в отношении требований боевой обстановки, организовать стрельбы, неразрывно связанные с совместным маневрированием артиллерии, пехоты и других родов войск. В целях правильного планового использования площадь П. разбивается на участки, допускающие ведение стрельбы в отдельном направлении. Эти участки, или направления стрельбы, называются директрисами. Глубина поля директрисы желательна ок. 20 *км* и определяется как сумма: а) наибольшей дальности орудий данного образца (для полевой тяжелой артиллерии 18 *км*, легкой—12 *км*), из к-рых будет вестись стрельба по данному направлению, или дальности, избранной для данной стрельбы; б) излетного пространства, т. е. глубины полосы, необходимой для обеспечения от несчастных случаев на данной границе, перпендикулярной к общему направлению стрельбы (до 3—3,5 *км*); в) глубины полосы для маневрирования артиллерии до выезда на первую позицию (3—4 *км*). Ширина поля

директрисы зависит от числа одновременно стреляющих батарей и рассчитывается на возможность стрельбы и совместного маневра не менее, чем дивизиона артиллерии со стрелковым полком. В последнем случае ширина поля вместе с боковыми охранными полосами составляет ок. 6 *км*. Директрисы могут частично или полностью перекрывать друг друга (обратные директрисы). Чем больше директрис, тем более разнообразная обстановка стрельб м. б. предоставлена батареям сбора. Наименьшее число директрис, установленное для окружного П.,—шесть. Количество директрис, скомбинированных в своем плановом взаимном расположении так, что возможна одновременная стрельба с независимым маневрированием на каждой из них, определяет число одновременно действующих директрис, которое характеризует пропускную способность П. Минимальное число одновременно действующих директрис для окружного П. устанавливается—четыре. Планирование директрис производится т. о., чтобы все мишенные участки сливались по возможности в одно общее мишенное поле, чем удешевляется оборудование и упрощается обслуживание мишенного поля.



Фиг. 2.

Оборудование П. слагается из следующих элементов: 1) Разработка полигонных участков под директрисы, расчистка излишних лесных насаждений, прокладка дорог на эти участки и постройка необходимых мостов. Установка ориентирных знаков, сигнальных мачт и шлагбаумов. 2) Топографич. съемка площади полигона и прилегающего к нему района в полосе около 10 *км* в масштабе 1 *км* в 2 *см* (1:50 000) с высотою заложения горизонталей в 4 *м*. 3) Постройка рабочих блиндажей для управления подвижной и подъемной мишенной обстановкой, наблюдательных блиндажей для точного учета мест разрывов снарядов и наблюдательных вышек для той же цели. Прочность блиндажей рассчитывается на наибольший калибр артиллерии, собираемой на данном П. В зависимости от наличия средств и материалов блиндажи строятся бетонные и деревянные; срок службы последних около 5 лет. 4) Установление постоянной телефонной связи наблюдательных пунктов стреляющих батарей со всеми блиндажами и вышками для руководства действиями подъемной, подвижной мишенной обстановки во время стрельбы и для связи с полигонным наблюдением. В районе мишенного поля укладывается подземная телефонная связь, а вне его—воздушная, постоянная и временно-полевая. 5) Обеспечение разнообразной, подвижной, подъемной и неподвижной, мишенной обстановкой для подвижных и воздушных целей, а также всеми необходимыми приспособлениями для движения мишеней—тросами, канатами, блоками, воротами, механическими, электрическими и автодвигателями и индукторными взрывателями. 6) Обеспечение специальными наблюдательными и измерительными приборами, топографич. имуществом и метеорологич. станцией. 7) Обеспечение мастерскими кузнечного, слесарного, ковочного и деревянного дела и инструментами лабораторными и пиротехническими. 8) Постройка ж.-д. веток широкой колеи для стрельбы с броневых поездов и узкоколейной ж. д. для перевозки материалов и мишеней по площади П. 9) Помещения под жилье полигонной команды, мастерских, складов для хранения материалов и мишеней и погреба для взрывчатых веществ. Как подсобные средства для стрелкового обучения при учебных П. оборудуются поля для имитационной стрельбы гранатой и корректировочные площадки для совместных занятий с авиацией. Полигонная команда состоит из постоянного кадра численностью 20—50 человек (в зависимости от назначения П.) и переменного состава до 150 человек, придаваемого на период стрельб.

Лит.: Руководство артиллерийской службы, Москва, 1929; Положения о научно-испытательных артиллерийских полигонах, объявляемые в приказах РВС СССР.

В. Грендаль.

ПОЛИГОННАЯ СЪЕМКА. Сомкнутую фигуру, составленную из ломаных линий, проложенных на местности, называют в геодезии полигоном. Проложение полигонов на местности применяется для обоснования съемок подробностей местности (см. *Полигонометрия*, *Съемка угломерная*).

ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ, теодолитные ходы, проложенные между пунктами тригонометрической сети (см. *Триангуляция*), служащие при дальнейших съемках своими поворотными точками опорными пунктами. Назначение П. с. состоит в том, чтобы дать возможность при прокладке на местности съемочных (магистральных) ходов для подробной съемки привязывать последние к точкам надежно определенным, базирующимся на тригонометрич. сети. П. с. делится на 1) главную, имеющую для каждого хода своим началом и концом пункты тригонометрической сети, и 2) побочные, которые располагают между двумя пунктами главной П. с. или пунктами три-

гонометрич. и главной П. с. Она особенно тщательно развивается при городских съемках, когда приходится вести квартальную и внутриквартальную съемку; П. с. применяется при съемке топографической, в которую входят значительные лесные массивы, и наконец при съемке значительных пространств, когда приходится развивать густую и сложную сеть магистральных линий для съемки подробностей. Способы измерения углов линий, закрепление в натуре поворотных точек П. с., уравновешивание полигонометрич. ходов и узловых точек см. *Полигонометрия*.

ПОЛИГОНОМЕТРИЯ, один из видов геодезич. *съемки* (см.), заключающийся в проложении угломерных ходов, или полигонов, с целью дать сеть опорных пунктов в развитие уже проложенной *триангуляции* (см.) или составить обособленную систему сомкнутых полигонов, которые служат основанием для дальнейших детальных съемок. При проложении полигонометрич. ходов следует стремиться к тому, чтобы 1) ходы между пунктами триангуляции или между узловыми точками полигонометрической сети 1 класса были по возможности прямолинейны; 2) вершины углов хода на местности были закреплены надежными *центрами* (см.), наземными или подземными; 3) длины сторон хода были тщательно измерены обязательно два раза (туда и обратно) или в одну сторону, но двумя приборами, для чего мерные приборы д. б. хорошо эталонированы. При измерении углов обращается внимание на тщательную центрировку инструмента и целиков над вершинами углов полигона. Простейшим средством для этого является применение трех одинаковых штативов: для двух целиков или марок на задней и передней вершинах хода и для инструмента, установленного над вершиною измеряемого угла. Все 3 штатива тщательно центрируются, затем по окончании измерения угла инструмент ставится на место передней марки (без переноса штатива), задняя марка—на место инструмента, а передняя идет по ходу полигона и устанавливается с помощью освобожденного заднего штатива на следующей вершине хода. Метод измерения углов сообразуется соответственно с характером наличного инструмента (способом приемов или методов повторений). При увязывании полигонометрич. ходов принимаются во внимание узловые точки и распределяются веса сообразно длине и числу вершин отдельных ветвей этих ходов.

В зависимости от целей, к-рые предъявляются к П. в смысле точности конечных ее результатов, работы по проложению П. делятся на два главнейшие вида. 1) П. как опорная сеть для детальных съемок разного рода на больших пространствах применяется в практике общегосударственных работ, гл. обр. при изысканиях, землеустройстве; в этих случаях она базируется на пункты триангуляции 2-го и 3-го классов или же астрономические. 2) П. как обоснование для городских съемок в городах подобно предыдущему опирается на пункты триангуляции, прокладываемой специально для этой цели на всей городской территории. Самая П. делится на классы в зависимости от точности, которая от нее требуется. В городах с общей площадью всех земель > 10 *км*^{2} ограничиваются самостоятельною сетью (сеть 1-го класса), на основе которой развивается полигонометрическая сеть 2-го класса, служащая основой для детальных съемок. При проложении полигонометрич. ходов между астрономич. пунктами последние не должны располагаться слишком густо, т. к. влияние уклонения отвесных линий, различное по величине и направлению для соседних астрономич. пунктов, может исказить результаты П. Необходимо поэтому расположение астрономич. пунктов сообразовать так, чтобы ошибки в координатах их были немного меньше ошибок полигонометрических ходов. В практике государственных работ такого характера расстояние между астрономическ. пунктами принято в 50—60 *км*. П. как обоснование для съемок выполняется след. обр. Ходы прокладываются по ж. д., шоссе, «большакам» и просекам с таким расчетом, чтобы на каждом планшете съемки было не менее одного хода и, во всяком случае, чтобы расстояния между ними в наиболее удаленных частях оказались не более 20 *км*. Длина сторон хода не менее 300 *м*. Все поворотные точки отмечаются деревянными столбиками, высотою над поверхностью земли 0,5 *м*. Не реже чем через 5 *км* закладываются подземные *центры* (см.). При измерении линии вводятся поправки на наклон линии, для чего измеряются вертикальные углы. Горизонтальные углы измеряют 30-ск. *теодолитом* (см.), двумя приемами с перестановкой *лимба* (см.). Для увязки углов измеряются примычные *азимуты* (см.) на тригонометрических пунктах и узловых точках, а также по линии ходов через 6—8 *км*. Центры городской П. закладываются на уличной мостовой или по тротуарам и должны служить и сохраняться на долгие сроки. На этом основании материалами для центров служат железо или чугун, камень или бетон: винтовые металлич. сваи, тянутые железные трубы, рельсы и пр.

Непосредственное отыскание заложенных на мостовой центров весьма трудно; помимо того при переустройстве мостовых центры нередко замащивают. Поэтому каждый из них «привязывается промерами» к углам зданий на перекрестках улиц или к специальным чугунным маркам, к-рые закладываются в стенах зданий. Необходимо для каждого центра иметь не менее двух пересекающихся между собою промеров до марок или прочных и заметных предметов. Измерение сторон в городской П. производится различными мерными приборами, начиная от стальной точной «штриховой» ленты (см. *Лента мерная*) и кончая инварными проволоками, в зависимости от той точности, которой требуется достигнуть. Фиксация концов стальных лент совершается при помощи особых тяжелых башмаков, вбиваемых в землю или укладываемых на мостовой по направлению измеряемой линии. Далее или на шкалах ленты берутся отсчеты по постоянным индексам башмаков или, пользуясь постоянными штрихами ленты, на башмаках острием нарезают метки; для этой цели башмаки покрывают вверху гладкими свинцовыми пластинками. Второй метод—отметок постоянной длины ленты—предпочитается производителями работ. Лентою

работают при постоянном натяжении динамометрами или грузами (5 *кг*). В последнем случае конструируются особые невысокие станки с блоками. Темп-ра записывается по термометру, заделанному в отрезок ленты и укладываемому на мостовой в тех же условиях, как и мерная лента. Наклон линий обычно измеряют по вертикальному кругу теодолитом, в исключительных случаях применяют нивелировку по башмакам. Для упрощения подсчета приведений заготовляются специальные таблички для разных углов наклонения по ф-ле $\Delta l = 2\sin^2\frac{\alpha}{2}$ или для различных разностей высот по ф-ле:

$$\Delta l = \frac{h^2}{2l};$$

в этих ф-лах l—длина ленты, α—угол наклона линии к горизонту, h—разность высот двух соседних башмаков. При измерении линий инварными проволоками порядок производства работ обычный, соблюдаемый при измерении базисов, но в работе участвует не более двух проволок, и измерение производится только в одну сторону. Опыт показал однако, что при последнем способе работы одновременно с достижением точности измерения до 1 : 200 000 в П. могут вкрасться грубые ошибки. Штриховые стальные ленты дают точность измерения от 1 : 50 000 до 1 : 80 000. Однако систематические ошибки во втором случае м. б. значительными, что объясняется главным обр. трудностью учесть действительную $t°$ ленты при измерении. На этом основании рекомендуется применение деревянных 4-*м* жезлов, однако этот способ у нас сколько-нибудь широкого применения не имеет. В последнее время в практику П. для измерения расстояний начинают входить усовершенствованные *дальномеры* (см.) с горизонтальной *рейкой* (см.).

Измерение углов в городской П. производится б. ч. 30-ск. теодолитом, но в последнее время применяются и более совершенные инструменты, например теодолиты Цейсса с оптическим микрометром. Во всех случаях стараются создать комплект приборов из трех одинаковых штативов, теодолита и двух марок. Порядок работы таким комплектом приборов уже описан выше. В данном случае к ним добавляется еще оптический лот, аппарат, дающий возможность точно центрировать передний штатив над вершиною угла. Однако обходятся с более упрощенным оборудованием, которое сводится к двум добавочным штативам более легкого типа, чем при теодолите. Эти треноги устанавливаются над задним и передним центрами с помощью жестких центриров, состоящих из тщательно оструганных деревянных круглых стержней, которые вверху под головкой штатива подвешиваются на цепочке т. о., чтобы нижнее острие стержня в точности держалось над центром угла поворота П. Наведение трубою теодолита делается непосредственно на стержень. Такие центриры в настоящее время имеют большое распространение на производстве. Углы измеряются двумя приемами с перестановкою лимба. Для уравнивания хода, вытянутого между двумя опорными геодезич. или астрономич. пунктами, прежде всего переходят от географич. координат к сферич. прямоугольным Зольднера или Гаусс-Крюгера и вычисляют начальный и конечный примычный азимуты (дирекциональные углы). По этим данным сперва подсчитывается невязка в углах полигонометрического хода. Если измерялись правые по ходу углы $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n$, то азимут стороны i равен

$$A_i = A_{i-1}'' + 180° - \alpha_i.$$

Если примычные азимуты обозначить через MM' и NN', число всех углов через n, то невязка в углах $\Delta\alpha$ равна

$$\Delta\alpha = NN' - \left\{MM' + n180° - \sum\alpha\right\}. \quad (1)$$

В случае измерения левых по ходу углов при члене ($n180°$) должно поставить знак минус. Предел допускаемой невязки П. вычисляется по ф-ле:

$$\Delta\alpha < \frac{0{\cdot}5t\sqrt{2}\sqrt{n}}{\sqrt{m}}, \quad (2)$$

где t—точность отсчета по *верньеру* (см.), n—число углов, m—число приемов. Т. о. при 30-ск. теодолите и измерении углов двумя приемами невязка в углах выражается следующим неравенством $\Delta\alpha < 15'' 3\sqrt{n}$. Подсчитанная невязка распределяется поровну между всеми углами.

Если координаты опорных пунктов даны прямоугольные, а начальный и примычный азимуты измерены истинные, то должно ввести поправку δ на сближение меридианов, к-рая вычисляется по ф-ле:

$$\delta = \frac{y_N - y_M}{R\sin 1''} \cdot \operatorname{tg}\varphi_m,$$

где y_N и y_M—ординаты опорных точек первой M и второй N, R—средний радиус земного сфероида для средней широты пунктов M и N, к-рую можно взять с карты приближенно до 1°. Логарифм множителя $\lg\frac{1}{R\sin 1''}$ для сфероида Бесселя приводится в нижеследующей таблице:

φ	$\lg\frac{1}{R\sin 1''}$	φ	$\lg\frac{1}{R\sin 1''}$	φ	$\lg\frac{1}{R\sin 1''}$
40°	8,5109—10	50°	8,5101—10	60°	8,5194—10
42°	07	52°	100	62°	5 093
44°	06	54°	98	64°	92
46°	04	56°	97	66°	91
48°	03	58°	96	68°	91
50°	8,5101	60°	8,5194	70°	8,5088

После увязки углов делают вновь подсчет по вышеприведенной ф-ле (1), чтобы удостовериться в правильности произведенных вычислений; $\Delta\alpha$ должно теперь равняться нулю. Далее приступают к вычислению координат пунктов хода и подсчитывают невязки по оси абсцисс f_x и по оси ординат f_y, а затем поперечное смещение p конца хода. по ф-ле:

$$p = \frac{f_y[\Delta x] - f_x[\Delta y]}{\sqrt{[\Delta x]^2 + [\Delta y]^2}}$$

и невязка в направлении хода q по ф-ле:

$$q = \frac{f_x[\Delta x] + f_y[\Delta y]}{\sqrt{[\Delta x]^2 + [\Delta y]^2}}.$$

Величина p не должна превосходить

$$\Delta\alpha' \cdot \sin 1' \cdot L,$$

где $\Delta\alpha$ в минутах вычисляется по ф-ле (2), L—длина хода, $[\Delta x]$ и $[\Delta y]$—суммы приращений координат хода. Величина $\frac{q}{L}$ не должна превышать относительной ошибки измерения линий тем прибором, к-рый уча-

ствовал в работе. Если невязки в координатах проложенного хода не выйдут из указанных пределов, то ход увязывается обычным порядком—распределением f_x и f_y пропорционально длинам сторон полигона. Если полигонометрич. ходы, проложенные между тригонометрич. пунктами, пересекаются или, если сомкнутые полигоны имеют внутри перемычки в виде диагональных ходов, связывающих какие-либо пункты сомкнутого хода, то порядок увязки полигонов несколько меняется. В этих случаях точки пересечения ходов называются узловыми точками, и увязка, называемая уравниванием, производится следующим образом: а) Два полигонометрич. хода, проложенные между пунктами триангуляции (фиг. 1), пересекаются между собою в узловой точке U. Число сторон в ходах от пунктов A, B, C и D соответственно равно n_1, n_2, n_3 и n_4. Прежде всего вычисляют азимуты сторон всех 4 ветвей ходов, начиная от пунктов триангуляции и пользуясь данными исходными азимутами и примычными углами. Вычисления ведут в направлении к узловой точке U и получают 4 значения для азимута произвольной стороны UT, примыкающей к углу U. Этим азимутам α_1, α_2, α_3, α_4 нужно приписать вес, обратный числу сторон полигона, т. е.

$$p_1 = \frac{1}{n_1};\ p_2 = \frac{1}{n_2};\ p_3 = \frac{1}{n_3};\ p_4 = \frac{1}{n_4}.$$

Затем должно взять весовое среднее значение для азимута стороны UT, что будет равно

$$a_m = \frac{p_1\alpha_1 + p_2\alpha_2 + p_3\alpha_3 + p_4\alpha_4}{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}.$$

Этот азимут считается окончательным и служит для вычисления невязок углов по ходам AU, BU, CU и DU, как бы расположенным между двумя пунктами триангуляции (1-й случай). Невязки распределяются поровну между углами ходов, и затем вычисляются окончательные азимуты сторон. В отношении вычисления координат ходов сохраняется тот же порядок. От пунктов триангуляции A, B, C, D, как исходных, пользуясь уже направленными азимутами, вычисляются координаты углового пункта U по всем 4 ходам. Координатам приписывается вес, обратный периметру каждого хода, т. е.



Фиг. 1.

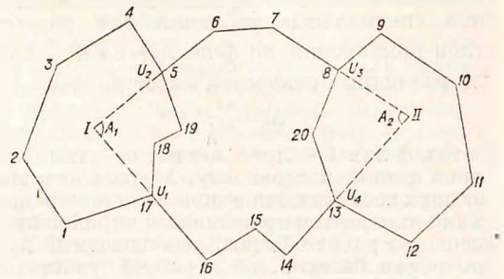
$$q_1 = \frac{1}{L_1};\ q_2 = \frac{1}{L_2};\ q_3 = \frac{1}{L_3};\ q_4 = \frac{1}{L_4}.$$

Среднее значение координат для узловой точки U вычисляется по весам:

$$x_m = \frac{q_1x_1 + q_2x_2 + q_3x_3 + q_4x_4}{q_1 + q_2 + q_3 + q_4},$$

$$y_m = \frac{q_1y_1 + q_2y_2 + q_3y_3 + q_4y_4}{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}.$$

Эти значения координат принимаются окончательными для точки U, после чего координаты всех 4 ходов увязываются между пунктами триангуляции и угловою точкою обычным порядком. Точно так же поступают при наличии двух и более узловых точек, переходя последовательно от первой ко второй и т. д. и затем увязывая азимуты и координаты в обратном порядке. б) В случае сомкнутого хода, стянутого перемычками между узловыми точками U_1, U_2, U_3 и U_4 (фиг. 2), нельзя увязать сначала общий



Фиг. 2.

сомкнутый полигон, а затем вставить короткие ходы *17—5* и *13—8*. При таком порядке увязывания весьма часто эти внутренние ходы получат поправки к углам и координатам настолько большие, что они будут изломаны, и окончательные углы и длины сторон будут отличаться от действительных на величины недопустимые. В виду этого проводится следующий порядок уравнивания. Из разности теоретич. суммы внутренних углов фигуры *17, 1, 2, 3, 4, 5, I* и суммы измеренных углов *17, 1, 2, 3, 4* и *5* находим величину угла A_1'. Точно так же по теоретич. сумме внутренних углов фигуры *17, 18, 19, 5, I* и сумме измеренных углов *5, 19, 18, 17* находим второе значение для угла A_1'', причем при узловых точках в первом случае берут углы: при U_1 (180°—внешний угол *16, 17, 1*), при U_2 (180°—внешний угол *4, 5, 6*); во втором случае берут: при U_1 (180°—внутренний угол *16, 17, 18*), при U_2 (180°—внутренний угол *19, 5, 6*). Значениям угла A_1' и A_1'' приписывают веса, обратно пропорциональные числу сторон тех полигонов, из которых они подсчитаны, и затем берут их весовое среднее A_1. Точно таким же путем находят весовое среднее для угла A_2. Получается новая сомкнутая фигура *I, 5, 6, 7, 8, II, 13, 14, 15, 16* и *17*, в к-рой и подсчитывают невязку в углах. Эта невязка затем распределяется между углами, но также по весам, т. е. всем измеренным углам этой фиг. приписывается вес *1*, а для углов A_1 и A_2—вес, который получен из предыдущих вычислений. Т. о. подсчитываются окончательные значения углов A_1 и A_2. Затем их последовательно подставляют в суммы углов ранее намеченных фигур, распределяют невязки этих фигур на измеренные углы поровну, после чего вычисляют окончательные азимуты всех сторон данной системы полигонов. Далее вычисляются приращения координат и суммируются по тем же замкнутым фигурам, откуда находят приращения координат для ходов U_1IU_2 и U_3IIU_4 как весовые средние от каждой фигуры, причем веса берутся обратно пропорциональными периметрам полигонов. С этими данными подсчитывают приращения координат сомкнутой фигуры *I, 5, 6, 7, 8, II, 13, 14, 15, 16* и *17* и увязывают их обычным порядком, но приняв во внимание веса ходов U_1IU_2 и U_3IIU_4. С полученными приращениями абсцисс и ординат этих ходов считаются как с окончательными и по ним увязывают приращения координат ранее взятых фигур. Далее вычисляют координаты всех точек системы полигонов. В описанном способе увязки системы сомкнутых полигонов вспомогательные ходы U_1IU_2 и U_3IIU_4, получаемые из вычислений, являются как бы эквивалентными фигурам левой и правой (фиг. 2) и их заменяющими. Отсюда и весь способ увязки получил название метода эквивалентной замены. Необходимо отметить, что невязка в координатах сомкнутого полигона меняется в зависимости от перенесения начала координат из одной вершины в другую. Это объясняется тем, что при подсчете приращений выбрасывается угол при начальной точке. Так как ошибки углов различны, то и происходит такое различие в невязке всей фигуры.

Лит.: Чеботарев А. С., Способ наименьших квадратов, 2 изд., М., 1928; Технич. инструкция по съемке и нивелировке городов, М., 1924; Инструкции по государственной топографич. мензульной съемке в масштабе 1 : 50 000. М., 1930.

О. Дитц.

ПОЛИГРАФИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, отрасль промышленности, охватывающая все виды изготовления печатных произведений (книги, газеты, картины, всякие мелкие печатные работы, как квитанции, чеки и т. п.), а также т. наз. белового товара (тетради, конторские книги, блок-ноты и т. п.), картонажа (коробки, бумажные мешки с печатью и т. п.), обоев и изготовление материалов, необходимых непосредственно в типографском производстве (словолитни, производство типо-литографских красок и пр.). В типографском производстве следует различать три стадии работ: подготовку такой печатной формы (набора, клише и т. п.), к-рая допускала бы механич. размножение, самый процесс механич. размножения, т. е. печатание, и обработку отпечатанного для выпуска в свет (фальцовка, брошировка, переплетание).

Основным производством—и по стоимости вырабатываемой продукции и по количеству занятых рабочих—является типографское дело, т. е. производство печатных произведений. В 1931 г. продукция П. п. расценивалась след. образом (без стоимости бумаги):

	Млн. р.	%
Книги и журналы	112,0	40,2
Газеты	57,6	20,6
Акцидентные работы	57,3	20,5
Беловой товар	6,0	2,2
Литографская продукция	37,0	13,3
Обойная »	9,0	3,2
Итого ...	278,9	100,0

Уд. вес валовой продукции П. п. во всей промышленной продукции СССР составлял в 1921 г. 1,1%, в 1927 г. 1,6% и в 1931 г. 1,6%. Такое изменение уд. в. показывает, что П. п. развивалась несколько более быстрыми темпами, чем вся промышленность в целом. Табл. 1 показывает выполнение пятилетнего плана по основным показателям (в % к предшествующему году):

Табл. 1.—Выполнение пятилетнего плана П. п.

Основные показатели	1928/29 г.	1929/30	1931 г.	1932 г.	1932 г.*
Валовая продукция					
По пятилетке	105,7	119,4	126,4	130,7	255,6
Выполнение	124,5	129,8	128,4	132,9	290,4
Рабочая сила					
По пятилетке	91,7	109,5	115,1	118,4	153,6
Выполнение	101,8	122,0	107,1	110,6	155,2
Производительность труда					
По пятилетке	114,6	109,0	110,0	110,3	165,4
Выполнение	122,4	106,5	119,7	120,0	187,1
Зарплата					
По пятилетке	102,1	102,5	120,0	106,0	118,8
Выполнение	107,2	104,5	100,3	104,0	120,8

* В % к 1927/28 г.

Как видно из таблицы, П. п. выполнила пятилетку с нек-рым превышением в четыре года. Нужно при этом отметить, что такой рост продукции П. п. дала при чрезвычайно изношенном и устарелом оборудовании. Сравнительно с довоенным временем валовая продукция промышленности увеличилась примерно в 4 раза, между тем как оборудование ее изменилось довольно незначительно, что видно из табл. 2.

Табл. 2.—Основное полиграфическое оборудование.

Машины \ Годы	1912	1921	1926	1927	1931
Наборные машины	560	411	407	493	642
Печатные машины:					
ротационные	182	147	119	154	275*1
плоскопечатные	5 340	4 270	3 370	3 214	4 000
офсет	3	—	—	—	—
литографские	610	570	420	421	586*2

*1 Газетные и книжно-журнальные ротационные.
*2 Цифра относится к 1928 г.

Изношенность оборудования П. п. составляет 45—50%. Насколько велика изношенность оборудования, видно из того, что на ремонт машин в среднем ежегодно приходится затрачивать 4,2% балансовой стоимости, т. е. на 1,5% больше, чем в среднем по всей промышленности Союза. Устарелость оборудования П. п. также очень велика: почти 80% оборудования плоскопечатных и литографских цехов насчитывает 25—45 лет работы, большинство печатных машин старой конструкции со средней производительностью в 800—1 000 об/ч. Обновление оборудования за прошедшие годы происходило очень медленно. В виде примера можно указать, что обновление оборудования типографий, входящих в ОГИЗ, за 17 лет (1914—1931 гг.) произведено лишь на 12%. До последнего времени полиграфическое оборудование пополнялось почти исключительно за счет импорта, чем в значительной степени объясняется недостаточность переоборудования П. п.

Сколько-нибудь планомерно начинает импортироваться оборудование лишь с 1927 г.; всего с 1927 г. по 1931 г. было импортировано на 10,5 млн. р., в том числе: 187 наборных машин, 84 ротационных, 174 плоскопечатных, 46 офсетов и тифдруков и 233 переплетно-бронировочн. машины. В настоящее время на нескольких наших заводах организовано производство оборудования для полиграфич. промышленности. Производство полиграфич. оборудования поставлено на следующих з-дах: им. Макса Гельца в Ленинграде (з-д строит специальные корпуса для линотипов), з-д им. Ягоды, «Металд» в Полтаве, «Универсаль» в Саратове и «Красный металлист» в Конотопе. Эти з-ды только по заключенным соглашениям должны дать продукции: в 1931 г. на 1,3 млн. р., в 1932 г. на 15,0 млн. р., в 1933 г. на 23 млн. р., в том числе д. б. выпущено:

	1931 г.	1932 г.	1933 г.
Линотипов	2	150	250
Ротацион. 1-ролья.	—	2	35
» 2 »	—	1	15
Резальных машин	2	100	300
Фальцовочных машин	—	10	100
Проволочно-швейных 5-аппаратных	10	250	300

Организация производства на наших з-дах полиграфического оборудования, с дальнейшей перспективой расширения этого производства, дает основание думать, что во вторую пятилетку мы почти совершенно освободимся от импорта оборудования. Вместе с тем это даст возможность широко поставить строительство новых типографий. Уже в 1931—32 годах д. б. закончен строительством ряд новых типографий. Постановлением ЦК ВКП (б) предусматривается создание к концу первой пятилетки 3 000 районных газет. Для этих газет необходимо либо создать новые либо переоборудовать соответствующее количество имеющихся типографий. В конце 1931 года было организовано 1 759 газет и 1 300 типографий в районах. Более крупные типографии строятся в крупных центрах и в национальных республиках. В 1931—32 гг. д. б. закончены строительством следующие типографии: газетно-книжная типография «Мосполиграф», книжная «Правда» в Москве, книжно-журнальная типография в Смоленске, книжно-журнальная и газетная в Свердловске, книжно-журнальная и газетная в Покровске, книжно-журнальная и газетная в Якутске, книжно-журнальная и газетная в Чебоксарах, а также типографии в Иошкар-Ола, в Сыктывкар, Ижевске, Саранске, большая газетно-журнальная типография в Харькове, полиграфич. комбинат в Баку, газетно-книжная в Тифлисе, газетно-книжные в Ташкенте и Сталинабаде и нек-рые другие.

Средний коэф. использования существующего оборудования составлял в 1928/29 г. 1,2, в 1929/30 г. 1,27 и в 1931 г. 1,7—1,8. Такое неполное использование оборудования объясняется частью состоянием оборудования, благодаря к-рому одни цехи не соответствуют в своей производительности другим, а гл. обр. недоснабжением типографий основным для них сырьем—бумагой. Производство бумаги шло сл. обр.: в 1927 г. произведено всей бумаги 248,4 т. *m*; в 1928 г.—299,3; в 1929 г.—379,7; в 1930 г.—464,5 и в 1931 г.—476,0 т. *m*; культурных сортов было произведено в тыс. *m*:

	1927/28	1928/29	1929/30	1931
Газетной	17,8	43,6	95,5	135,1
Печатной	32,3	51,7	75,8	90,8
Писчей	57,9	57,4	82,5	70,0
Итого	108,0	152,7	253,8	295,9
% ко всей бумаге	36,1	51,0	66,8	62,1

Уже с 1928/29 г. намечается резкий перелом в бумажной промышленности в сторону увеличения производства культурных сортов бумаги. Снабжение вспомогательными материалами также шло всегда нерегулярно и иногда являлось фактором, тормозящим развитие П. п. До 1928 г. в снабжении вспомогательными материалами и запасными частями значительную роль играли импортные товары: из общей средней годовой потребности П. п. в вспомогательных материалах, запасных частях и принадлежностях, примерно в 55—60 млн. р., ок. 10% приходилось на импорт. С 1928 г. у нас развивается собственное производство нужных материалов и уже в 1931 г. их было выработано для П. п. на 3,8 млн. р. взамен продукции, ввозившейся раньше из-за границы.

Снабжение П. п. вспомогательными материалами производит гл. обр. Всероссийское объединение П. п. (ВПО), причем в части шрифта, медных и гартовых линеек, типолитографских красок, типографской мебели и разного мелкого инструмента снабжение производится за счет собственного производства ВПО, составлявшего в 1930 г. по отдельным наименованиям следующее количество:

Шрифта	1 456 *m*
Наборного материала	515 »
Медных линеек	39 »
Красок черных	2 592 »
» цветных	589 »
Олифы	460 »
Вальцевой массы	50 »
Готовых валиков	11 940 шт.
Всего на сумму	10 224 000 р.

Рабочая сила. Общее количество рабочих, занятых в П. п., на 1 апреля 1930 г. составляло 103 543 чел., причем движение с 1924 г. представляется в следующем виде (на 1 октября каждого года):

Годы	Число рабочих	Годы	Число рабочих
1924	82 475	1928	82 952
1925	91 410	1929	91 642
1926	93 472	1930	103 543
1927	84 642	1931	107 322

Из общего числа в 103 543 рабочих падает на Москву 33 110 и на Ленинград—17 690, т. е. ок. 50% всего количества. Для 1932 г. предполагается значительно повысить количество рабочих,—примерно на 17% против 1931 г., доведя общее количество до 125 567 чел. Такое повышение количества рабочих объясняется расширением сети районных типографий и необходимостью обеспечить рабочими кадрами вступающие в действие в 1932 г. новые типографии и увеличением типографской продукции в 1932 г. на 33% против 1931 г., при недостаточной еще механизации производства. Потребность в квалифицированной рабочей силе на период 1930—33 годы по предварительным данным Полиграфкомитета дана в табл. 3.

Табл. 3.—Потребность П. п. в рабочей силе за 1930—1933 гг.

Квалификация рабочих	1930/31 г.	1931/32 г.	1932/33 г.	Всего за 3 года
Высокой квалификации	239	314	344	897
Средней »	6 349	7 425	9 993	23 767
Низкой »	3 690	4 887	6 856	15 433
Проч. производств	173	174	206	553
Неквалифицированных	426	1 329	1 580	3 335
Всего	10 877	14 129	18 979	43 985

Потребность в административно-технич. персонале на тот же период указана в табл. 4.

Табл. 4.—Потребность в административно-техническом персонале.

Административно-технич. персонал	С высш. образов.	Со средн. образов.	Всего
Разных специальностей	968	4 363	5 331
Экономистов	298	142	440
Инженеров и техников-технологов	119	64	183
Инженеров и техников-химиков	32	14	46
Всего	1 417	4 583	6 000

План покрытия потребности в рабочей силе намечается тремя путями: а) через школы ФЗУ высоких и средних квалификаций, б) школы ФЗУ массовых профессий и рабочих пониженной квалификации, в) дополнительным рабочим образованием (курсами повышения квалификации и переквалификации). Для охвата подготовкой всей потребности в рабсиле существуют на 1 февраля 1931 г. 34 школы. Из них: по РСФСР—23, по УССР—5, БССР—1, АзССР—1, Грузия — 1, Узбекская ССР — 2, Дагестанская ССР—1. План покрытия потребности в административно-техническ. персонале намечается осуществить через следующие вузы, техникумы и курсы: а) полиграфич. ин-ты в Москве и Харькове, имеющие факультеты: технологический, издательский и экономический, б) полиграфич. техникумы в Москве, Ленинграде и Харькове, в) Ленинградский машиностроительный ин-т (полиграфическое отделение) для подготовки инженеров-механиков полиграфистов, г) промышленную академию в Ленинграде (полиграфич. отделение), д) центральный заочный ин-т П. п. в Москве при Полиграфич. ин-те (готовит инженеров и техников), е) заочные курсы по П. п. при Промышленной академии в Москве, ж) вечерний техникум по труду в Москве, полиграфич. отделение к-рого готовит работников ОЭТ и ТНБ, з) 4-годичные курсы при Промышленной академии в Москве, полиграфич. отделение к-рой готовит высший адм.-технич. персонал, и) вечерние 2-годичные курсы повышения квалификации административно-технич. персонала в Москве, Ленинграде, Ростове-на-Дону, Свердловске, Саратове, Самаре, Харькове, Киеве, Одессе, Баку, Орле и Смоленске, к) курсы рационализаторов П. п. в Москве, Ленинграде, Харькове и Ростове-на-Дону.

Рационализация в П. п. развивается в двух основных направлениях: а) рационализация и механизация производственных процессов, внутрицехового транспорта, складского хозяйства, форм управления, планирования и стандартизации; б) типизация и специализация предприятий. По промышленности, подчиненной бывшему ВСНХ, данные в области производственной рационализации характеризуются следующими показателями: за 1928/29 год всех затрат по рационализации по 62 предприятиям было произведено в сумме 577 229 руб., за счет чего было проведено 551 мероприятие, давшее условного годового эффекта 1 958 060 руб., или на 1 рубль затрат 3 р. 39 к. экономии. За 1929/30 г. по двум главнейшим трестам Мосполиграф и Ленполиграф мы имели следующие данные (табл. 5).

Табл. 5.—Эффективность рационализаторских мероприятий в Московском и Ленинградском полиграфических трестах.

Тресты	Количество объединяем. предприятий	Количество проведенных мероприятий	Затраты в тыс. руб.	Условный годовой эффект в тыс. руб.
Мосполиграф	23	287	239	1 223,7
Ленполиграф	6	72	238	479
Итого	29	359	477	1 702,7

Благодаря распыленности типографий по подчинению, в настоящее время трудно сказать, как производится типизация и специализация во всей П. п., очень затруднен и учет опыта. Для иллюстрации приведем результаты работ по специализации и концентрации треста Мосполиграф, проведенных в 1929 году. Концентрация потребовала затрат в сумме 415 тысяч рублей (без затрат на приобретение нового оборудования); в результате переоборудования и переброски машин были организованы следующие специализированные предприятия: 1) книжно-журнальные типографии с переплетной, 2) литографии, 3) газетные типографии, 4) книжные и мелочные типографии, 5) типографии мелочных и прейскурантных работ, 6) областное производство, 7) хромолитографские мастерские. Эта специализация дала следующие результаты: использование машин увеличилось на 25—30%, понизилось количество обслуживающего персонала по отношению к производственным рабочим, выработка предприятия увеличилась в среднем на 13%; в результате от этих только мероприятий получается ежегодная экономия в 197,5 тыс. р. Ряд других рационализаторских предприятий в масштабе отдельного предприятия коснулся и производственных процессов и аппаратов управления.

Реконструкция П. п. и постройка новых предприятий на основе типизации и специализации с установкой при этом современных быстроходных машин являются самым мощным двигателем рационализации П. п.

Постановка научно-исследовательской работы в П. п. До 1928 г.

в П. п. не было научных учреждений. В январе 1928 г. был организован Научно-технич. совет при Полиграфич. комитете ВСНХ СССР (НТС). В начале 1931 г. организованы Научно-исследовательские ин-ты П. п. при Полиграфич. комитете ВСНХ СССР (ныне НКЛП) и при ОГИЗ'е. **А. Нилов.**

Структура и организационные формы. П. п. в дореволюционную эпоху носила преимущественно кустарный и полукустарный характер. Только единичные предприятия имели фабричный отпечаток как в отношении размеров основного капитала, так и наличия рабочей силы; однако число рабочих и на этих весьма немногих предприятиях едва достигало 1 000 человек. Преимущественным типом полиграфич. предприятия была типография с числом рабочих в среднем до 50 чел., с 1—3 печатными машинами. Последний вид предприятия преобладал в сравнительно крупных городах. Но кроме этого на огромном протяжении дореволюционной России было рассеяно значительное количество мелких предприятий с 1—10 рабочими при одной машине. Общее число предприятий насчитывалось тогда до 3 000. В дореволюционную эпоху специализация производства не прививалась в П. п., поэтому все предприятия по характеру выпускаемой ими продукции являлись универсальными. Они одновременно выпускали газету, журнал, книгу, бланочные работы, литографские этикеты, афиши и т. д. Такое разнообразие ассортимента продукции в одном предприятии соответствующим образом отражалось и на характере его оборудования. Советская власть не только изменила требования в отношении характера самой продукции, но с первых же лет существования пошла по пути концентрации промышленности и создания укрупненных промышленных баз. Процесс этот нашел отражение уже с первых лет после Октябрьского переворота, но особенно усилился он в последние 3 года.

В октябре 1927 г. у нас числилось 1 374 предприятия П. п. с количеством работающих 84 642, следовательно в среднем на 1 предприятие приходилось 60 работающих; в начале 1931 г. числилось 1 350—1 500 предприятий (число предприятий еще не уточнено) с количеством работающих — 107 322, т. е. среднее количество работающих на 1 предприятие 70—79 чел. В 1932 г. в связи с созданием большого числа мелких типографий в районах среднее число работающих на предприятии немного снизится. Управление предприятиями также пошло по линии укрупнения. Созданные в период новой экономич. политики полиграфич. хозяйственные органы с территориальной сферой управления, ограничиваемой городской чертой, в настоящее время значительно расширены до областного и республиканского масштаба. В РСФСР, кроме того что в каждой области имеется областной трест, создано также и республиканское полиграфич. объединение (ВПО). На Украине предприятия, подведомственные НКЛегпрому, непосредственно подчинены объединению полиграфич. промышленности (УПО). Моменты укрупненного управления отмечаются также в издательской промышленности. Расширенная полиграфическая база издательств в связи с концентрацией издательского дела не может управляться производственными отделами издательств. Поэтому в настоящее время руководство предприятиями ОГИЗ'а сконцентрировано в специальном управлении; такое же управление издательскими полиграфич. предприятиями имеется и на Украине. Особенности П. п. как отрасли, производящей продукцию политич. значения (печатание газет, журналов и книг), придают особый смысл территориальному признаку расположения типографий. Насаждение предприятий П. п. определяется политическим и административным значением того центра, где предполагается возникновение предприятия. Поэтому полиграфич. предприятия возникают в первую очередь в крупных политических и культурных центрах, а наряду с этим и в тех более мелких населенных пунктах, где имеется периодич. печать и существование типографии вызывается необходимостью ее для местной хозяйственной и общественной жизни. Основная полиграфич. база расположена гл. обр. в 17 городах (Москва, Ленинград, Харьков, Киев, Тифлис, Ростов-на-Дону, Ташкент, Свердловск, Баку, Новосибирск, Казань, Минск, Саратов, Н.-Новгород, Одесса, Самара и Гомель). Особое место занимает Москва—31,5% по числу предприятий и 44,6% по числу рабочих. Второе место принадлежит Ленинграду: 18,2% по числу предприятий и 23,4% по числу рабочих. Характер работы того или иного предприятия определяется его организационной подчиненностью и технич. вооруженностью в отношении оборудования в связи с производственным уклоном предприятия (типизация и специализация производства). Производственным обследованием Полиграфич. комитета ВСНХ загрузка предприятия с учетом подчиненности представляется данными табл. 6. По данным ЦСУ ценностное выражение продукции всей полиграфической промышленности за 1924/25—1929/30 годы по ценам соответствующих лет (с бумагой) определяется табл. 7; ценностное выражение по одной типографской группе всей полиграфич. промышленности за те же годы характеризуется табл. 8.

Табл. 6.—Характер загрузки предприятий полиграфической промышленности (в %).

Подчиненность	Типогр. и перепл. работы: Газетные	Книжно-журнальн.	Прочие	Литографские	Всего
ВСНХ	11,8	22,4	43,3	22,5	100
Издательствам	22,9	32,8	39,3	5,0	100
Ведомствам . .	4,0	33,4	59,2	3,4	100
Кооперативным организациям	4,4	24,9	68,6	2,1	100
Итого	12,7	27,7	47,3	12,3	100

Т. о. рост основной культурной части П. п., именно типографского производства, несколько отстает от среднего роста П. п. в целом; это становится ясным, если учесть, что недостаток культурных сортов бумаги лимитирует объем производства газет, журналов и книг, и только за последние годы намечается перелом в производстве бумаги в сторону увеличения удельного веса культурных сортов. Рост производства отразился и на численном вовлечении рабочей силы в П. п., что видно из помещенных выше данных в разделе о рабочей силе. Тенденция падения роста рабочей силы имеет место, несмотря на некоторый рост производства в связи с более рациональным использованием рабочей силы в П. п. Средняя дневная выработка рабочего П. п. по данным ЦСУ дана в табл. 9.

Табл. 7.—Стоимость продукции всей полиграфической промышленности

Показатели	1924/25	1925/26	1926/27	1927/28	1928/29	1929/30
Млн. руб.	170 998	199 947	177 932	207 095	257 903	334 681
% к предыдущ. году	—	116,9	89,0	116,4	124,5	129,8
% к 1924/25 г. . . .	—	—	—	—	—	195,7

Табл. 8. — Стоимость продукции типографской группы всей полиграфической промышленности.

Показатели	1924/25	1925/26	1926/27	1927/28	1928/29	1929/30
Млн. руб. . . .	158 317,3	185 970	166 561,2	194 557,0	237 413	301 945
% к предыдущ. году	—	117,4	89,6	116,9	122,0	122,2
% к 1924/25 г. . .	—	—	—	—	—	190,7

Табл. 9.—Средняя дневная выработка рабочего (в руб., в неизменных ценах).

Показатели	1925	1926	1927	1928	1929	1930
Рублей	238	251	248,1	295,1	318,7	376,4
% к пред. г. .	—	105,6	98,8	118,9	121,6	104,9
% к 1924/25 г. .	—	—	—	—	—	158,2

Уже рост производительности дает более резкое выражение в 1928/29 г. за счет лучшего использования механизмов в связи с ростом нагрузки предприятий, более рационального использования времени рабочего, сдельщины, только что заложенного начала нормирования трудовых процессов в полиграфич. пром-сти и ряда рационализаторских мероприятий. 1929/30 г. дает опять снижение производительности труда. Дальнейший рост производительности труда связан не только с повышением квалификации вновь вовлеченных и вовлекаемых рабочих и переоборудованием предприятий, но в значительной мере зависит от широкого внедрения рационализаторской мысли в полиграфической промышленности и организации производства на основе шести исторических указаний тов. Сталина.

Основной капитал П. п. характеризуется крайне низким органич. строением основного капитала. Даже в ряду легкой индустрии П. п. стоит ниже кожевенной и лесной, весьма слабых по механизации производственных процессов. На одного рабочего в П. п. приходится основного капитала 1 076 руб. Общая сумма основного капитала П. п. составляет 103,6 млн. руб., из которых здания и сооружения оцениваются в 42,8 млн. руб., машины и прочее оборудование — 60,8 млн. руб. Распределение основного капитала П. п. по признаку подчиненности дано в табл. 10. Из приведенных в таблице цифр видно, что наибольшим основным капиталом обладают предприятия ВСНХ. Необходимо также отметить, что размеры основного капитала предприятий ВСНХ определяются их численным превосходством над издательскими, но при этом каждое из последних в отдельности является более укрупненным. Самая мощная по основному капиталу газетно-журнальная производственная база находится в ведении издательств. ВСНХ имело наиболее крупную книжную базу, но последней реорганизацией издательского дела часть книжных типографий отошла к издательствам (в РСФСР и на Украине). Независимо от мощности полиграфич. предприятий по признаку подчиненности в целом основная полиграфическая база крайне слаба и даже в настоящее время, при недостатке сырья, едва справляется с поставленными перед ней задачами.

Табл. 10.—Распределение основного капитала П. п. по признаку подчиненности предприятий (в млн. руб.).

Основной капитал	Издательства	Предпр. ВСНХ	Прочие *
Здания и сооружения	17,5	22,7	2,6
Машины и проч. сооружения . .	21,7	35,8	3,3
Итого . .	39,2	58,5	5,9

* Предприятия Гознака, Геокартпрома и др.

Специальной комиссией в конце 1931 г. проработаны примерные наметки развития полиграфического производства во втором пятилетии. Данные этой комиссии, которые частично были опубликованы в журнале «Полиграфическое производство», приведены ниже в табл. 11.

Табл. 11.—Темпы развития П. п. во вторую пятилетку.

Основные показатели	1931 г.	1932 г.	1933 г.	1937 г.	Увелич. за 5 лет в %
Валов. прод. в млн. р. (без стоимости бумаги)	290,4	343,8	668,4	3 640,5	1 060
Комплект рабочих (без учеников)	80 840	82 511	123 388	175 167	212
Годовая выработка на одного рабочего в руб.	3 592	4 167	5 417	20 783	499
Отдельные виды продукции					
Книжно-журнальные (млн. оттисков)	4 750	7 278	8 316	37 631	517
Газетная (годов. тираж).	6 564	8 225	9 682	45 395	551
Акцид. работы (тыс. р.) .	109 178	145 957	—	523 602	358

Такой расчет продукции потребует значительных капиталовложений, примерно 455 млн. р. за 5 лет на оборудование и ок. 151,8 млн. р. на новое строительство. По основному оборудованию понадобится:

Газетн. ротации и рол.	900 шт.
Книжн.-журн. ротации	1 511 »
Печатных плоских	6 000 »
Офсет	560 »
Наборных машин всех систем	2 600 »
Фальцовочных машин	1 200 »

Конечно все эти наметки грубо ориентировочны и будут значительно изменены; они интересны как наметки того направления, по к-рому должна пойти П. п. Предполагается почти полное освобождение от импорта оборудования: импортировать придется либо только образцовые экземпляры, либо те машины, производство к-рых в виду небольшой потребности в них нецелесообразно организовывать у нас.

Рост книжной продукции СССР, приобщающей к культурной жизни миллионные массы города и деревни, дает право заключать о будущем этой отрасли промышленности. Приводим количество экземпляров, приходившееся на душу населения.

	1927 г.	1930 г.
РСФСР	1,80	6,32
УССР	0,90	3,99
ЗСФСР	1,00	2,32
БССР	0,40	1,62
Проч. республики	0,40	2,44
В среднем по СССР	1,50	5,36

Тираж газет вырос с 8,8 млн. экземпляров в 1928 г. до 35 млн. экземпляров к 1932 г.; из 5 600 выходящих в СССР газет 4 000 выходят на русском языке, 1 600—на 83 национальных языках. В 1913 г. выходило 859 газет. **А. Гофейзен, А. Нилов, К. Рабинович.**

П. п. на Западе. Если П. п. СССР находится ныне на переходной ступени, лишь отрываясь от кустарных форм производства, играя при этом крайне незначительную роль в общей экономике страны, то для З. эта стадия уже в прошлом. При этом имеется в виду полиграфия наиболее крупных капиталистич. стран—полиграфия Германии и США, где наряду со все возрастающей специализацией крупных предприятий ярко заметны не только концентрация промышленности, но и значительный удельный вес полиграфии во всей экономике страны. В этих странах уже вполне выкристаллизовались две основные типизированные группы предприятий: 1) обслуживающая исключительно издательства, гл. обр. периодику (газеты и журналы), и 2) обслуживающая преимущественно потребности промышленности и лишь частично издательства (книги и малотиражные журналы). Количество полиграфических предприятий Германии и рабочих в них приведено в табл. 12. По числу рабочих распределение предприятий след.:

Мелкие предприятия	< 10 чел. раб. в	1924 г.—66,2% 1927 » —63,3%
Средние »	<100 » » »	1924 » —29,8% 1927 » —32,5%
Крупные »	>100 » » »	1924 » — 3,3% 1927 » — 4,2%

Эти данные приводят к выводу, что средние и крупные предприятия, как и у нас, растут за счет уменьшения числа мелких. Последние хотя еще занимают в процентном отношении первенствующее место, но по количеству занятых рабочих стоят на последнем месте; так, в 1927 г. занято в мел-

Табл. 12.—Количество полиграфических предприятий Германии и рабочих в них.

Предприятия		Число предпр.	Колич. рабоч.
Промышленные	Типографии	7 091	94 320
	Литографии	1 837	36 343
	Тино-литографии	570	29 203
	Словолитни	205	5 856
	Гальвано	364	4 771
	Итого	10 067	170 496
Издательские	Газетные	1 849	81 534
	Книжные	387	28 256
	Итого	2 236	112 790
	Всего	12 303	283 286

ких предприятиях всего 11% всех рабочих, в средних—41,3%, в крупных—47,7%. Т. о. крупные предприятия, составляя всего 4.2% всех предприятий, занимают почти половину рабочей силы. Профессиональный состав полиграфич. рабочей силы следующий:

Директора и владельцы предприятий	14 215
Технический персонал	8 444
Конторский персонал типографии	25 703
Рабочие	195 688
Персонал издательств	41 295

К 1927 г. число рабочих в П. п. (без служащих) поднялось до 226 850 чел., составляя 2,5% общего количества промышленных рабочих Германии. Этот процент поднимется до 5%, если присчитать сюда рабочих бумажной и бумагообрабатывающей промышленностей (из них рабочих переплетчиков насчитывалось ок. 60 тыс.). В этом случае общее количество занятых в П. п. рабочих будет 575 тыс. чел., и общая мощность двигателей 995 тыс. Нр, т. е., иначе говоря, на одного рабочего 1,7 Нр. Германия является главным поставщиком машин для полиграфии всего мира, занимая в этом отношении первое место (второе принадлежит США). Наиболее крупные машиностроительные заводы имеют отдельные цехи полиграфич. машин. К числу их принадлежат з-ды MAN (Аугсбург), Фомаг (Плауэн), Шварцкопф и др. Из числа чисто полиграфич. машиностроительных з-дов наиболее известны заводы Кениг и Бауер, Франкенталь, Краузе и др. Германские машины можно встретить по всему миру. Достаточно указать на то, что за 1928 г. вывоз из Германии полиграфич. оборудования оценивался в 99 428 тыс. герм. марок Одновременно и внутри страны быстрым темпом расширяется, рационализируется и механизируется машинный парк, вырастая из года в год (табл. 13).

Табл. 13.—Машинный парк Германии по годам.

Машины	1914 г.	1924 г.	1927 г.	1928 г.
Наборные	—	5 871	8 301	8 888
Печатные:				
Плоские	—	20 184	22 913	—
Ротационные	—	1 809	2 187	2 245
Американки	—	12 173	15 680	—
Литографские	4 400	—	—	1 800
Офсет	100	—	—	1 660

Последние цифры рисуют технич. революцию в литографском деле: за 14 лет число литографских машин снизилось почти на 60%, вытесняясь повсеместно офсет-машинами, число к-рых увеличилось в 16 раз. Не менее показательны цифры роста ротационных машин (за 4 года +20%) и особенно наборных (+52%). Соответственно с увеличением машинного парка росло и количество занятых рабочих.

Табл. 14.—Движение рабочей силы по основным типографским цехам.

Рабочие	1924 г.	1927 г.	Увеличение в %
Машинные наборщики	7 640	11 389	44
Печатники:			
На плоских машинах	13 100	16 319	26
На ротацион. машинах	1 900	2 575	35

В США промышленный учет ведет Bureau of Census (Wsh.). Учет производится каждые 2 года. Последним учетным годом был 1929. По данным его имелось: типографских (высокой печати) предприятий 24 205 с количеством рабочих 285 347. В том числе издательских газетно-журнальных типографий 11 426 с 133 797 рабочими. Промышленных типографий—12 653 с 150 752 рабочими. Помимо того имелось:

Литографий	309	с 16 348	рабочими
Предприятий глубокой печати	389	» 8 427	»
Фотоцинкографий	611	» 11 033	»
Стереотипных и гальвано	197	» 4 502	»
Переплетных	1 067	» 21 909	»

Всего в П. п. занято 412 424 рабочих при мощности моторов в 633 784 Нр (1925 г.), а включая бумажную и бумагообрабатывающие отрасли—536 706 рабочих, с мощностью моторов в 3 060 тыс. Нр. В 1919 г.—510 тыс. рабочих, мощность моторов 1 308 тыс. Нр. За 6 лет число рабочих увеличилось на 25%, а мощность моторов на 125%. По стоимости валовой продукции П. п. занимает 5-е место, ок. 4,5 млрд. долл., с распределением по предприятиям (1929 г.) в млн. долларов:

Типографии промышленные	945
» издательские	1 111
Литографии	97,0
Предприятия глубокой печати	38,6
Фотоцинкографии	69,2
Стереотипные	25,6
Переплетные	387,3

По далеко неполным данным на 1927 год количество печатных машин исчисляется в 121 525, наборных—45 000. В 1914 г. числилось 68 362 печатных машины и работало в печатном цехе 113 121 чел., т. е. на одну машину приходилось 1,7 человека. В 1927 г. при увеличении количества машин на 75% число рабочих увеличилось лишь на 8% (141 278), что является прямым результатом значительной механизации печатных цехов. То же самое показывает и обслуживание 53 промышленных типографий Нью Йорка: в 1914 г. только 8,7% печатных машин имели самонаклады, в 1928 г. процент самонакладов поднялся до 66,7. Механизация особенно сказалась на газетных предприятиях, в к-рых по данным издательского Справочника «E and P» за 1930 г. (по 1 200 газетам) имелось 1 123 многорольных ротации, в том числе 38 агрегатов на 640 рулонов (в среднем по 17 рулонов на агрегат), а наборных машин работало 9 440. Сравнительные данные по набору показывают, что на набор 4-полосной газеты требовалось: в 1896 г. 385 чв-ч., в 1916 г.—204, в 1926 г.—145. Если на выпуск газеты с тиражом в 10 тыс. экземпляров (набор, стереотип, печать) требовалось в 1896 г. ок. 640 чв-ч., то в 1926 г. на это требовалось 175 чв-ч., т. е. механизация наборного и стереотипного цехов, а также переход от печатной плоской машины к ротационной сократили требуемое на работу время на 75%. Американские темпы сказываются на всех конструкциях америк. машин, значительно превосходящих по своей производительности машины европ. з-дов. В то время как европейские ротации дают не свыше 18 тыс. об/ч., америк. з-ды конструируют свои машины с числом оборотов 25—30 тыс. в час. Из америк. з-дов полиграфич. машин наиболее известны з-ды ротационных машин Хо и Вуд, по плоским машинам з-д Миле. Экспорт полиграфич. машин из США в 1928 г. оценивался 16 578 тыс. долл. (в том числе печатных машин на 6,14 млн., наборных на 4,9 млн. долл.).

Лит.: Состояние полиграфич. пром-сти и ее дальнейшее развитие, М., 1929; Материалы Всесоюзной конференции по кадрам полиграфич. пром-сти, М., 1930. **В. Кугель.**

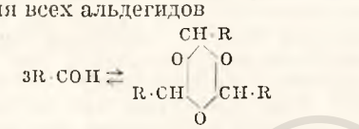
ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ, процесс превращения вещества в полимерную форму, см. *Полимерия*.

ПОЛИМЕРИЗОВАННЫЕ МАСЛА, сгущенные растительные, гл. обр. высыхающие масла; получаются длительным нагреванием (до 300—320°) жидких масел (в отсутствии катализаторов) при различных условиях: напр. без доступа воздуха, в струе индифферентного газа (для удаления летучих веществ). Масло, подвергшееся полимеризации, меняет свои свойства: оно становится более вязким, повышается его уд. в. и показатель преломления, резко падают иодное и гексабромное числа. См. *Вареное масло*, *Олифа*, *Линолеум*.

ПОЛИМЕРИЯ, явление, заключающееся в способности атомов многих химических элементов образовывать молекулы различной сложности, причем количественный состав веществ остается неизменным. Исходя из этого определения, полимерами называют вещества одного и того же элементарного и процентного состава, но с различным мол. в. (чаще всего двойным, тройным и вообще кратным по отношению к простейшему их представителю—мономеру). Так, N_2O_4 есть полимер NO_2. С изменением мол. в. меняются и физич. и химич. свойства полимеров. Как общее правило полимеры сравнительно с мономерами обладают большим уд. весом, более высокой $t°_{пл.}$ и $t°_{кип.}$ В химич. отношении высшие полимеры отличаются большей индифферентностью, чем низшие. Полимеризация многих веществ протекает самопроизвольно при их хранении, сопровождаясь выделением энергии, и м. б. ускорена умеренным нагреванием, присутствием катализаторов или действием определенных форм лучистой энергии либо тихого электрич. разряда. В ряде случаев полимеризация является практически обратимой; обратный процесс—деполимеризация—часто м. б. достигнут простым испарением или перегревом паров полимеризованных веществ. Полимеризующими катализаторами могут служить крепкие мине-

ральные к-ты (гл. обр. серная к-та), различные неоргапич. соли, фтористый бром BrF_3 (для полимеризации углеводородов), едкие щелочи (для альдегидов), органич. к-ты, соли уксусной к-ты. Явление П. наблюдается как среди неорганических, так и органич. соединений, но в органич. мире оно более распространено. Из явлений П. в неорганич. мире можно указать на белый *фосфор* (см.), легко полимеризующийся (при нагревании до 250°) в красный фосфор, а при быстром охлаждении паров переходящий обратно в белый фосфор. П. свойственна также и соединениям фосфора (фосфорный ангидрид, к-ты); исследования (Тамман) метафосфорной к-ты HPO_3 показали, что существует несколько ее полимерных форм (моно-, ди-, три- и гексаметафосфорные к-ты, к-рые образуют соли, обладающие различными свойствами), на основании чего ей приписывают ф-лу $(HPO_3)_x$. Хлористый алюминий $AlCl_3$ существует в нескольких полимерных формах: при низких $t°$ (до 440°) плотность пара этой соли постоянна и соответствует ф-ле Al_2Cl_6; при повышении $t°$ наступает деполимеризация и образуются молекулы $AlCl_3$. Аналогичное явление происходит и с фтористым водородом HF; плотность его паров при обыкновенной $t° \cong 20$, что отвечает формуле H_2F_2; при нагревании плотность понижается и приближается к 10, что соответствует ф-ле HF.

П. органических соединений. В органич. веществах соединение двух или нескольких молекул в одну может сопровождаться смыканием их углеродных цепей (см. *Конденсация*); чаще однако углеродные цепи молекул мономера связываются через посредство других атомов (кислорода, серы); именно в этих последних случаях полимерный продукт сохраняет способность к деполимеризации. К полимеризации наиболее склонны ненасыщенные углеводороды типа C_nH_{2n}, C_nH_{2n-2} и т. д.; начиная с ряда C_nH_{2n-6} способность углеводородов к полимеризации ослабевает. Легко полимеризуются также альдегиды, нек-рые непредельные к-ты, а также азотсодержащие органич. вещества, гл. обр. содержащие цианогруппу CN; так, циановая кислота HOCN, при обыкновенной $t°$ жидкая и весьма непрочная, легко превращается в цануровую к-ту $(HOCN)_3$— твердое кристаллическое и весьма прочное вещество. Примером полимеризации альдегидов может служить образование паральдегида $(CH_3 \cdot CHO)_3$ из *ацетальдегида* (см.) при действии на него капли серной к-ты; полимеризация происходит по следующей схеме, общей для всех альдегидов



Полимеризация ацетиленовых углеводородов осуществляется путем нагревания, причем получаются углеводороды с утроенным мол. в., относящиеся к бензольному ряду: ацетилен при $t°$ темнокрасного калепия превращается в бензол: $3\,C_2H_2 \rightleftarrows C_6H_6$. Этиленовые углеводороды полимеризуются под влиянием различных агентов (H_2SO_4, $ZnCl_2$, BrF_3 и др.); этилен C_2H_4 полимеризуется только при высоких $t°$, легче под давлением с помощью катализаторов, причем получается сложная смесь различных углеводородов общей ф-лы C_nH_{2n}. Наиболее интересна полимеризация диэтиленовых углеводородов с двумя этиленовыми связями, образующих под влиянием различных катализаторов высокомолекулярные углеводороды. Аллен $CH_2 : C : CH_2$ при нагревании до 140° под давлением образует ряд углеводородов: $(C_3H_4)_2$, $(C_3H_4)_3$, $(C_3H_4)_4$ и т. д. Дивинил (бутадиен, эритрен) $CH_2 : CH \cdot CH : CH_2$ полимеризуется в C_8H_{12}; изопрен C_5H_8 полимеризуется в дипентен $C_{10}H_{16}$, относящийся к классу терпенов; по исследованиям Гарриеса природный каучук—также полимер изопрена. Полимеризация бутадиена, изопрена и других диэтиленовых углеводородов представляет большой технич. интерес как путь к получению различных видов синтетич. каучука. Из органич. кислот коричная к-та полимеризуется (под действием света) т. о., что из двух ее частиц образуется одна частица новой двуосновной к-ты по-ур-нию:

$$2C_6H_5 \cdot CH : CH \cdot COOH \rightleftarrows (C_6H_5)_2\,(CH)_2\,(COOH)_2.$$

Акриловая к-та $CH_2 : CH \cdot COOH$ и ее эфиры легко превращаются в высшие смолоподобные полимеры с очень высоким мол. в. Реакциями полимеризации непредельных соединений широко пользуются в технике, напр. при получении искусствен. смол (см. *Альдегидные смолы*, *Смолы искусственные*).

Лит.: Чичибабин А. Е., Основные начала органической химии, 3 изд., Москва — Ленинград, 1931; Меншуткин Б. Н., Карбоциклические соединения, Л., 1926.

Н. Ельцина.

ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РУДЫ, комплексные руды *серебра* (см.), *свинца* (см.) и *цинка* (см.), встречающиеся в природе в различных сочетаниях и нередко содержащие также медь и золото; в этом случае месторождения таких руд называются полиметаллическими. В зависимости от преобладающего в П. р. металла их можно назвать серебро-свинцовыми, свинцово-цинковыми и т. д. По способу образования месторождения П. р. в СССР разделяются на следующие основные типы, между к-рыми имеются и переходы (по Мейстеру): 1) месторождения контактово-метаморфические, преимущественно в измененных известняках, вблизи их соприкосновения с изверженными породами (месторождение Тетюхе в Дальневосточном крае); 2) жилы, преимущественно кварцевые, связанные с новыми изверженными породами (Садонское месторождение на Кавказе); 3) жилообразные и неправильные массы в измененных осадочных породах в области соприкосновения с изверженными породами (месторождения Риддерское и Зыряновское на Алтае, частью Нерчинское); 4) жилы кварцевые и баритовые без видимой связи с изверженными породами (Салаирское месторождение на Алтае, жилы Нагольного кряжа в Донбассе); 5) месторождения метасоматич. характера в известняках.

Месторождения П. р. известны во многих странах. В США известны следующие наиболее крупные месторождения серебро-свинцово-цинковых руд: Cœur d'Alen в штате Айдахо, Bingham, Tintic и Park-City в штате Юта (все с преобладанием свинца), Butte в штате Монтана (преобладает цинк), Franklin Furnes в штате Нью Джерси. В Перу месторождение Cerro de Pasco; в Мексике штаты Chihuahua и Pachuca; в Канаде значительное месторождение Sullivan; в Австралии Broken Hill и Mount Isa; в Африке (Сев. Родезии) Broken Hill; в Британской Индии (Бирме) Bawdwin; в Испании округ Jaën. Наиболее крупные открытия запасов за последние годы были произведены в восточной Канаде; ряд канадских месторождений П. р. с преобладанием цинка обещает в несколько раз увеличить канадскую добычу цинка.

Главными районами СССР, в которых находятся богатые месторождения свинца, серебра и цинка, являются следующие: Алтай, Нерчинский район, Дальневосточный край, Казахстан, Сев. Кавказ и Урал. Алтай занимает исключительное место по своим полиметаллич. месторождениям, к-рые являются наиболее типичными. Наиболее крупные из них—Риддер, Зыряновск и Змеиногорск и частью полиметаллические, частью серебро-свинцовые месторождения Белоусовское, Березовское и другие. Полиметаллические месторождения приурочены б. ч. к метаморфическим и изверженным породам. Жильными минералами являются барит, преобладающий вверху, глубже—кварц, еще глубже—анкерит (доломитовый шпат с 15% углекислого железа). Первичными рудами являются свинцовый блеск, цинковая обманка, пирит, халькопирит, редко блеклая руда; в Заводинском руднике замечается присутствие теллуристого свинца и серебра. Самородное золото в зоне первичных руд не наблюдается. Вообще алтайские руды не отличаются особым богатством золота и серебра. По преобладающей жильной породе месторождения Алтая делятся на три типа: баритовые, примером которых служит Змеиногорское, баритово-кварцевые (Риддерское, Зыряновское, Белоусовское) и кварцевые (Березовское месторождение). Салаирские полиметаллич. месторождения, на вост. склоне Салаирского хребта, в Кузнецком бассейне, состоят из кварцево-баритных линз с вкрапленными в них металлич. соединениями. Запас руд этого месторождения ~2 млн. *т*. Алтайские полиметаллические месторождения известны с давних пор, но особенно интенсивно разрабатывались в течение 130 лет. За это время главную ценность в добываемых рудах представляло серебро. В 80-х годах прошлого столетия в связи с падением цен на серебро работы стали сокращаться, а в 1896 г. прекратились вовсе. С 1904 г. разработки возобновились уже на цинк и на медь. В настоящее время Риддер в цинковом и медном деле представляет собой одну из гигантских строек Союза и служит надежной базой для цветной промышленности. Запасы руд Алтая определяются приблизительно в 10 818 000 *т*.

Южный Казахстан. Приблизительно в 55 *км* к С.-В. от Туркестана находится группа полиметаллич. месторождений Турланского района. В этой группе лучше других изучены Ачи-сайское и Каракен-сайское месторождения. Эти месторождения были известны и разрабатывались, но потом были оставлены. Известны в этом районе и другие месторождения, запасы к-рых еще не выявлены. В Узбекистане, в Карамазарском районе, находится значительное количество месторождений, из к-рых промышленное значение имеет месторождение Кансай, состоящее из залежей сульфидных свинцово-цинково-медных руд, затем месторождения Тары-экан, руды к-рого кроме свинца содержат и серебро, Алтын-тонкан, значительно выработанное, и Алмалык, запасы к-рого еще не выявлены. В с.-в. Казахстане, в Каркаралинском округе и Спасско-Успенском районе крупных месторождений П. р. нет. В Павлодарском районе имеются многочисленные месторождения П. р., особенно в Баян-Аульском районе; они принадлежат к типу колчеданных залежей.

Нерчинский район (в Восточносибирском крае). Полиметаллич. месторождения этого района (б. Нерчинский горный округ) известны с конца 17 в. и интенсивно эксплоатировались до середины 19 в.; самым крупным районом является Приаргунский (вдоль реки Аргунь от с. Ишагинского до села Быркa), где наиболее разведанным и изученным является Кадаинское месторождение. В Дальневосточном крае из многих имеющихся месторождений определенное промышленное значение имеет крупное месторождение Тетюхе, запасы к-рого значительны. Руда содержит ~10% свинца, ~13% цинка, ~240 *г* серебра на 1 *т*. Район исследован слабо. Пятилетний план намечает широкое развитие геологич. поисковых и разведочных работ. На Северном Кавказе единственным значительным полиметаллич. месторождением является Садонское месторождение—основная минеральная база Алагирского свинцово-цинкового завода (во Владикавказе). По пятилетнему плану цветной металлургии намечено значительное расширение Алагирского комбината, частичной рудной базой к-рого являются и другие месторождения Северного Кавказа (Карачаевское, Холстинское и др.). Запас металлов Садона равен ~160 000 *т*. Из других полиметаллич. месторождений Союза можно указать месторождения в Нагольном кряже на Украине, не имеющие больших запасов. На Урале промышленное значение имеет тип кварцевых полиметаллич. жил (Благодатные рудники в Монетной даче и месторождение Пышминско-Ключевское). В Якутской АССР, в бассейне реки Яны, в системе р. Дулгалах, известны серебро-свинцовые месторождения. Все данные о добыче, ввозе и вывозе металлов, входящих в состав П. р., см. *Свинец*, *Серебро*, *Цинк*.

Лит.: Бездека И., Месторождения свинцовых руд и перспективы свинцового дела в Ср. Азии, «МС», 1928, *1*; Берлинг П. П., Роль вторичного металла в промышленности цветных металлов на примере США, «Труды II Всесоюзного совещания по цветным металлам», М.—Л., 1927, т. 1, вып. 2; Бриннер Б. Ю., О действительных запасах месторождений Тетюхе, там же, т. 3; Габунин К. Е., О возможности создания промышленности цветных металлов в Грузии, там же, т. 1, вып. 2; Генеральный план хозяйства Урала и перспективы первого пятилетия, Свердловск, 1927; Захаров Е. Е., Карпушинская группа медно-цинковых месторождений, «Труды II Всесоюзного совещания по цветным металлам», 1927, т. 2 и 3; его же, Состав и структура садонских руд, там же, 1927, т. 3; Крейтер В. М., Опробование Кадаинского рудника, «Вестник Геологич. комитета», Л., 1927, *2*; его же, Разведка свинцово-цинковых месторождений в Нерчинском округе в 1927, там же, 1928, т. 3, *2*; его же, Разведка свинцово-цинковых месторождений Нерчинского округа и общие экономич. условия рудных районов, «ГЖ», 1928, *2*; Лебедев П. И., К минералогии Карачаевского свинцово-цинкового месторождения (Сев. Кавказ), «Известия Акад. Наук СССР», Л., 1927, 6 серии, *12—14*; Лурье Л. А., Использование цинковых рудных концентратов Д.

Востока в Донецком бассейне, «ЖХП», 1927, т. 4, 6—7; Макаров Ю., Месторождения свинцовых руд в Башкирской республике, «МС», 1927, 12; Обручев В. А., К вопросу о благонадежности Садонского свинцово-цинкового месторождения, «Труды II Всес. совещ. по цветным металлам», М.—Л., 1927, т. 3; Платонов Н. Х., О возможности возобновления рудного дела в Нагольном кряже, «МС», 1928, 1; Преображенский И. А., Месторождения цветных металлов хребта Сихота—Алина, «Труды II Всес. совещ. по цветным мет.», М.—Л., 1927, т. 1—3; Разумовский Н. К., Геологич. исследования в Киргизской степи в 1925 г. (предв. отчет), «Известия Геологич. комитета», Л., 1928, т. 47, 1; Рольщиков Б. П., Переработка лома, отходов и отбросов белых металлов и их сплавов, «Труды II Всес. совещ. по цветн. мет.», М.—Л., 1927, т. 1; Скерский К. В., Строительство з-дов цветной металлургии, «Металл», М., 1927, 7—8; его же, Добывающая промышленность цветных металлов, «Металл», 1927, 9; Смирнов С. С., Материалы к характеристике Нерчинских свинцово-цинковых месторождений, «Известия Геологич. комитета», Л., 1927, т. 46, 8; его же, Находка ванадиевых руд в Сулейман-сайском свинцовом месторождении, «Вестник Геологич. комитета», Л., 1928, 1; Титов С. А., Риддерский опытный электро-цинковый завод, «МС», 1927, 12; Торгашев Б. П., Горная продукция и ресурсы Д. Востока, Харбин, 1927; Второе Всесоюзное совещание по цветным металлам, т. 1—2, М.—Л., 1927 (имеется литература); Emmons W. H., General Economic Geology, N. Y., 1922; Lindgren W., Mineral Deposits, 2 ed., N. Y., 1928; Moreau G., Étude industrielle des gîtes métallifères, 2 éd., P., 1923; Rastall R. H., The Geology of the Metalliferous Deposits, Cambridge, 1923; Richardson C. H., Economic Geology, N. Y., 1919. **Н. Федоровский.**

ПОЛИМОРФИЗМ (многоформность), свойство нек-рых твердых тел образовывать две или несколько модификаций (видоизменений) одинакового валового химич. состава, но различных по химич. и физич. свойствам (и в первую очередь по способности кристаллизоваться в двух или нескольких различных по кристаллографич. константам формах, часто принадлежащих даже к различным системам). Упомянутые видоизменения вещества носят название полиморфических модификаций (разновидностей). Частный случай П. представляет диморфизм (двуформность), свойство вещества одного и того же валового химич. состава кристаллизоваться в двух несводимых друг к другу кристаллич. формах.

Различают лабильную (инстабильную или метастабильную, т. е. неустойчивую) модификацию данного вещества и стабильную (устойчивую). В первом случае разумеют такую модификацию некоторого вещества, к-рая при данных внешних условиях ($t°$ и давления) самопроизвольно или под влиянием внешних факторов переходит в другую модификацию того же вещества. Во втором случае под устойчивой модификацией понимают такую, к-рая при данных внешних условиях не может быть переведена ни в одну из других известных модификаций. Стабильная модификация при одних условиях может стать неустойчивой при других, и обратно. Если две модификации данного вещества обладают такими свойствами, что из первой можно получить при изменении $t°$ или давления вторую, а из второй первую, то обе модификации называются энантиотропными (превращающимися в обоих направлениях). Если же первая превращается во вторую, а вторая в первую не превращается, то такие две модификации называются монотропными (превращающимися лишь в одном направлении). При этом температурой превращения энантиотропных модификаций называют ту, при к-рой наиболее быстро происходит переход из одной модификации в другую при данном давлении; то же относится и к давлению превращения при данной $t°$. Теоретически при данных внешних условиях лишь одна модификация из всех является стабильной, все же другие должны быстро в нее превращаться. Практически же при темп-ре и давлении, далеко отстоящих от точек превращения, инстабильная модификация, называемая в этом случае метастабильной, может неограниченно долго существовать наряду со стабильной. Поэтому в природе очень часто встречаются две-три модификации одного и того же вещества. Твердая сера, находимая в природе, и сера, получаемая охлаждением из расплавленной, имеют разные свойства. Первая — желтая, ромбическая (α-модификация с $t_{пл.}$ +112,8°); вторая—красноватая, моноклинная (β-модификация). При $t° = 10 \div 20°$ и давлении 1 *atm* моноклинная модификация серы легко переходит в ромбическую. Первая инстабильна, вторая стабильна при данных условиях. Если ромбич. серу нагревать, то она при 95,3° превращается в моноклинную, и обратно—моноклинная сера, полученная из расплава, при охлаждении превращается в ромбическую при той же $t°$. Обе модификации т. о. энантиотропны. Кроме двух указанных модификаций серы существуют еще три—γ, δ, ε, получаемые из расплава или из растворов и отличающиеся по свойствам от α и β. Все они при нормальных условиях $t°$ и давления самопроизвольно и легко переходят в α-модификацию, тогда как последняя ни в одну из них непосредственно переведена быть не может. Пары $\alpha-\gamma$, $\alpha-\delta$, $\alpha-\varepsilon$—монотропные модификации серы при $t° = 0 \div 100°$ и давлении 1 *atm*.

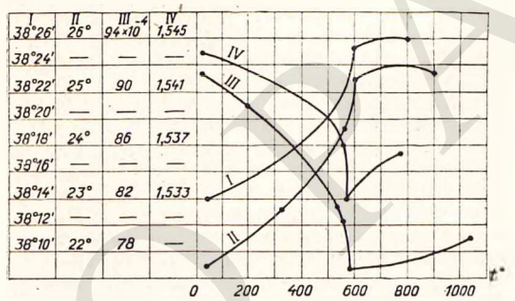
Явления П. весьма распространены в природе. Частичным примером может служить нижеследующая таблица.

Примеры полиморфических модификаций.

Химич. природа вещества	Название	Система
C	Алмаз	Кубическая
C	Графит	Гексагональная
S	α-сера	Ромбическая
S	β-сера	Моноклинная
S	γ-сера	»
ZnS	Сфалерит	Кубическая
ZnS	Вюртцит	Гексагональная
TiO_2	Рутил	Тетрагональная
TiO_2	Анатаз	То же, но с иным, чем у рутила комплексом форм
TiO_2	Брукит	Ромбическая
$CaCO_3$	Кальцит	Гексагональная
$CaCO_3$	Арагонит	Ромбическая
FeS_2	Пирит	Кубическая
FeS_2	Марказит	Ромбическая

Изучение полиморфных веществ в целях установления их модификации основывается на изучении одного или нескольких из целого ряда их свойств: геометрических (формы кристаллов), оптических, электрических, тепловых и т. д. При исследовании изменяют внешние условия (напр. $t°$) и следят за ходом изменения какого-либо из свойств. Плавный ход кривой изменения указывает на наличие только одной модификации. Резкие скачки кривой при определенных точках $t°$ указывают, что мы имеем

дело с переходными точками из одной модификации в другую. В последнем случае устанавливают, что вещество полиморфно, если при этом валовой химический состав его остается постоянным. Фиг. иллюстрирует переход при нагревании α-кварца (тригонально-трапецоэдрического) в β-кварц (гексагонально-трапецоэдрический) близ $t° = 570—575°$. На фигуре даны: *I*—$\angle(0101) : (1\bar{1}01)$; *II*—вращение плоскости поляризации; *III*—величина двупреломления; *IV*—показатель преломления для линии *D*. П. обусловливается, как это установлено исследованием рентгенометрическими методами структуры *кристаллов* (см.), различным пространственным расположением атомов, слагающих данное вещество.



Лит.: Болдырев А. К., Курс описательной минералогии, вып. 1, Ленинград, 1926 (дана библиография); его же, Кристаллография, Ленинград, 1930. **И. Мельников.**

ПОЛИРОВКА, см. *Шлифовка*.

ПОЛИСАХАРИДЫ, полиозы, сахаристые вещества, к-рые б. или м. легко гидролизуются при действии к-т или специфич. энзимов, причем из каждой молекулы П. образуются 2 или более молекул моносахаридов, напр.

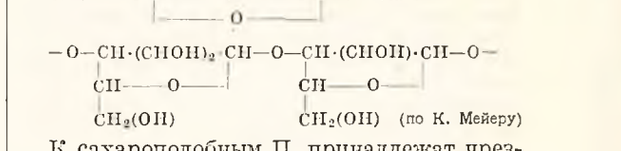
$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6,$$
сахароза d-глюкоза d-фруктоза

$$(C_6H_{10}O_5)_x + x\,H_2O = x \cdot C_6H_{12}O_6.$$
крахмал d-глюкоза

Все П. можно подразделить на две группы: 1) сахароподобные П. (сахароза, лактоза, мальтоза, целлобиоза и др.), характеризующиеся явной кристалличностью, сладким вкусом, растворимостью в воде, причем растворы их молекулярные, и 2) несахароподобные или высшие П., некристаллические (вернее—скрытокристаллические), не обладающие сладким вкусом, б. ч. нерастворимые в воде (целлюлоза, гемицеллюлозы), а если и растворимые, то дающие лишь коллоидные растворы (крахмал, гликоген). Группа сахароподобных П. в свою очередь распадается на две подгруппы: а) обладающие активной альдегидной (или кетонной) группой—мальтоза, лактоза, целлобиоза и др.; они показывают большинство реакций, свойственных моносахаридам: восстанавливают фелингову жидкость, реагируют с фенилгидразином, дают глюкозиды, показывают мутаротацию и т. д.; б) не обладающие такой группой—сахароза, рафиноза и др., которые не дают вышеупомянутых реакций. Все высшие П. тоже не обладают свободными карбонильными группами. Молекулы П. построены по следующему общему принципу: две или несколько молекул моносахаридов соединены между собою (по типу глюкозидов) эфирными кислородными мостиками за счет гидроксилов альдегидных (или кетонных) групп и спиртовых гидроксилов, причем в случае израсходования на такую связь всех альдегидных (или кетонных) гидроксилов П. уже не обладают активными карбонильными группами (вторая подгруппа сахароподобных полиоз и все высшие П.), напр.:



(в молекуле мальтозы активная альдегидная группа отмечена звездочкой). Строение высших П. не вполне еще выяснено с точки зрения величины их молекул: одни исследователи (Гесс, Прингсгейм) считают, что маленькие кристаллич. молекулы (скрытая кристалличность крахмала и целлюлозы доказана в новейшее время рентгеноскопич. исследованиями) ангидрида глюкозы $C_6H_{10}O_5$ или ангидрида дисахарида $(C_6H_{10}O_5)_2$ ассоциированы в большие коллоидные частицы; другие же (К. Мейер, Марк) отождествляют коллоидные частицы П. с молекулами и приписывают им мицеллярное строение — из пучков 40—60 ассоциированных между собою длинных параллельных нитевидных цепей, содержащих каждая до 60 остатков глюкозы, соединенных эфирными кислородными мостиками:



К сахароподобным П. принадлежат чрезвычайно важные дисахариды: сахароза (свекловичный или тростниковый сахар), мальтоза (промежуточный продукт винокурения, получаемый диастатическим осахариванием крахмала), лактоза (молочный сахар) и т. д.

К высшим П. относятся: *крахмал* (см.)—главная питательная составная часть мучнистых веществ и овощей; *целлюлоза* (см.)—главная составная часть растительных волокон (хлопок, лен) и древесины; гемицеллюлозы, входящие наряду с целлюлозой в состав стенок растительных клеток,—сюда относятся пентозаны $C_5H_8O_4$ (арабаны, ксиланы), дающие при гидролизе пентозы, и гексозаны $C_6H_{10}O_5$ (галактаны, маннаны и др.), распадающиеся при гидролизе на гексозы (галактозу, маннозу и др.); *гликоген* (см.), или т. н. крахмал печени, имеющий важное физиологич. значение; *инулин* (см.), превращающийся при гидролизе в d-фруктозу. К высшим П. относится также хитин $C_{30}H_{50}O_{19}N_2$—единственный природный П., содержащий азот; он является главной составной частью твердых покровов и панцырей многих членистоногих, но встречается также и в растениях (оболочки грибов); при

гидролизе он распадается на d-глюкозамин и уксусную кислоту.

Лит.: Pringsheim H., Die Polysaccharide, 2 Aufl., Berlin, 1923. **П. Шорыгин.**

ПОЛИСПАСТ, см. *Блоки.*

ПОЛИТУРА, жидкий спиртовой лак, преимущественно из *шеллака* (см.) или из смеси его с другими смолами (см. *Покровные лаки*). От обыкновенного спиртового лака П. отличается бо́льшим содержанием растворителя или соответственно меньшим содержанием смол. В то время как спиртовые лаки содержат смол ок. 30—40%, П. содержат их ок. 10—20%. В последнее время появились П., представляющие по своему составу лаки из эфиров целлюлозы. В Германии различают П. и политурные лаки. Первые—растворы шеллака в крепком спирте, содержащие в виде суспензии шеллаковый воск, к-рый имеет важное практич. свойство сохранять клейкость раствора при нанесении его на поверхность. Политурные лаки представляют собою П. с добавкою венецианского терпентина. Они наносятся мягкой волосяной кистью и применяются там, где обычный способ нанесения П. при помощи подушки применять нельзя, напр. при орнаментных работах. П. употребляется: 1) для окончательной отделки лакированных изделий, чтобы уничтожить все неровности пленки и получить совершенно гладкую, блестящую и красивую поверхность; 2) для покрытия и полировки нелакированной, но соответствующим образом подготовленной поверхности, преимущественно дерева. В последнем случае поверхность предмета сначала очищают от всех грубых неровностей посредством стального ножа (цикли), затем тщательно шлифуют пемзой или шкуркой; после удаления пыли на поверхность наносят П. Наилучшей смолой для П. является шеллак; вместе с ним применяют и другие смолы: мастикс, бензое, акароид, манильский копал и пр. Сами по себе эти смолы дают П. гораздо более низкого качества, чем шеллак. Из них лучшие результаты дает акароид, к-рый вследствие его окраски можно применять только для темных П. Для замены натурального шеллака иногда применяется искусственный, или альбертолевый, шеллак, к-рый наносится не с льняным маслом, а с вазелином или парафиновым маслом. По цвету П. различают бесцветные и окрашенные. Первые употребляются в том случае, когда желают сохранить естественную окраску предмета, например дерева, а также его строение (слоистость); вторые,—когда желают окрасить предмет в тот или иной цвет, причем окраска П. получается или от цвета применяемых смол или путем добавления естественных или искусственных красителей. Для светлых П. применяется отбеленный шеллак и другие светлые смолы, для темных—красный шеллак, акароид и др. Для окраски политуры раньше употребляли гуммигут, куркуму, сафлор, орлеан и др.; в настоящее время для этого применяют гл. обр. искусственные красители: нафтол желтый, эозин, фуксин, бисмарк коричневый, нигрозин и пр. Политуры применяются также и для матовых поверхностей, напр. мебели из твердых пород дерева: дуба, ореха и т. д. Эти П. получают прибавкой к растворам шеллака льняного масла, пчелиного или шеллакового воска и других веществ. П. не д. б. густой, не должна липнуть, должна легко сходить с ваты, быстро сохнуть, давать ровный, блестящий покров и быть прочной к воде.

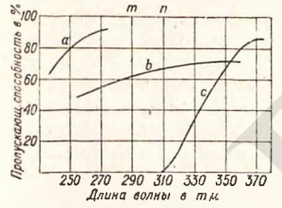
Примерные рецепты П.: 1) мутная светлая П.—шеллака светлого—7,5 ч., спирта 95%-ного—50 ч.; 2) мутная темная П.—шеллака темного—8 ч., гуммилака—16 ч., спирта—140 ч.; 3) мебельная П. (годная для окрашивания)—шеллака светлого—12 ч., сандарака—2,5 ч., мастикса—0,5 ч., спирта 96%-ного—85 ч.; 4) П. матовая салонная—шеллака оранжевого—16 ч., галлипота—3,6 ч., льняного масла—0,9 ч., пчелиного воска—1,5 ч., спирта—78 ч.

Для нанесения П. употребляют кусок сукна или ваты, к-рый пропитывают П. и завертывают в тонкую, не очень плотную холщевую тряпку. На нижнюю сторону получившейся подушки, или тампона, наносят несколько капель сырого льняного масла, после чего приступают к полировке. Слегка нажимая подушку, ею двигают по поверхности предмета, описывая круговые линии, пока вся поверхность не покроется П., которая проходит при нажимании через тряпку и высыхает под непрерывным трением подушки о поверхность. Если при нанесении П. подушка пристает, то это указывает или на то, что П. густа и необходимо добавить спирта, или на недостаточное количество масла. Жирная полировка узнается по следу, оставляемому на ней пальцем; в таком случае при следующем нанесении П. масла или совершенно не берут или же полированую поверхность протирают тряпкой с венской известью. После полировки предмет необходимо хорошо просушить и через нек-рое время полезно произвести повторную полировку, благодаря чему изделия получаются более изящными и прочными. Полировка должна производиться в помещении, не содержащем пыли, достаточно светлом и теплом; она требует опыта и большой затраты времени, применяется гл. обр. для мебели, музыкальных инструментов, тростей и многих других изделий. Для ускорения полировки поверхность предварительно лакируют (см. *Лакировка*) или проклеивают. Целлюлозная П. (напр. следующего состава: ацетата целлюлозы—7 ч., метилацетата—52 ч., этилацетата—48 ч.) не боится действия даже горячей воды и применяется весьма просто: тщательно отшлифованную вещь смазывают раствором лака, после просушки шлифуют шкуркой и затем полируют тем же раствором ручным способом с помощью подушки или механич. путем (см. *Покровные лаки*).

Лит.: Гуревич Е. С. и С. С., Спутник практика, 2 изд., М.—Л., 1930; Козлов И., Варка олиф, лаков, политуры и типографской краски, Одесса, 1918; Песоцкий А., Отделка столярных изделий, лакировка, полировка, окраска и пр., 4 изд., М.—Л., 1928; Шатров М., Руководство по шлифовке, протравам, лакировке и полировке столярно-токарных и резных изделий, 3 изд., М., 1930; см. также лит. к ст. *Покровные лаки.* **П. Черенин.**

ПОЛЛОПАС (Pollopas), альдурит, т. н. органич. стекло, заменитель стекла, прозрачная бесцветная синтетическая смола, представляющая неплавкий и нерастворимый продукт формальдегидно-мочевинной конденсации в основной среде (аминопласт); производится согласно процессу Поллака. Выпускается фабрикой искусственных смол Ф. Поллака в Вене. Физич. свойства П. таковы: уд. в. 1,44 (вдвое меньше, чем у стекла); тв. по Мосу 2,95, т. е. примерно равна тв. меди. Механич. прочность в *кг/см*²

на сжатие 2 230, на разрыв 10 и на изгиб 510, а по О. Манфреду и И. Обристу 600—850; модуль Юнга 31 000—38 000. Коэф-т теплопроводности 0,00184 cal *см/см*² *сек.* °С. При нагревании не плавится, но, начиная примерно с 300°, разлагается с обугливанием. На холоду П. не подвергается воздействию ни водных ни спиртовых растворов, а при нагреве—только слабо. Водопоглощение на холоду составляет за 24 часа 0,1—0,2%.



В отличие от стекла, заменителем которого он служит, П. может обтачиваться на станке, сверлиться, фрезероваться, обрабатываться напильником, резаться и полироваться, причем П. получает высокий блеск. Возможно окрашивание П. и сообщение ему опалесценции в самом процессе изготовления. Наиболее замечательны оптические свойства П., а именно большая прозрачность в отношении световых и ультрафиолетовых лучей даже короткой волны, включительно до 270 *mμ*, при показателе преломления 1,54—1,9 и малой дисперсии. На фигуре кривая *a*—для плавленого кварца толщиною 4,7 *мм*; *b*—для альдурита толщиною 3 *мм*; *c*—для обыкновенного оконного стекла толщиною 3 *мм*; линия *m*—предел солнечных ультрафиолетовых лучей (290 *mμ*); линия *n*—предел пропускающей способности обыкновенного оконного стекла (310 *mμ*). Отсутствие поглощения ультрафиолетовых лучей ведет к полной светостойкости материала.

При таких оптич. свойствах, а также в связи с малым уд. в. и легкой обрабатываемостью П. предвидится весьма важное место и ответственная функция в промышленности оптических и светохимич. устройств в частности и в особенности как заменителя прозрачного плавленого кварца. В настоящее время П. идет гл. обр. на производство украшений, курительных принадлежностей, имитаций полудрагоценных камней и жемчуга, на пуговицы, ручки, гребни, биллиардные шары и др. поделки. В этих случаях применения самое ценное свойство П., его прозрачность, нередко уничтожают, замутняя продукт особым проведением процесса желатинирования при помощи мельчайших капелек воды, и т. о. получают белые непрозрачные фарфоровидные или подобные морской пенке массы. Изделия производятся либо отливкою непосредственно из водного раствора, либо горячею прессовкою в полуполимеризованном состоянии, либо наконец механич. обработкою твердой смолы. При прессовке в П. возникают иногда отдельные желтые места. Прозрачные разновидности П. выпускает на рынок фирма Поллак под названием П., фантазин Н и др., а непрозрачные—под названиями: тролит специальный Е, бандаласта и пр. Подобные же продукты выпускаются на рынок и другими фирмами, напр. франц. продукты присталь (prystal) и уралит (uralite), англ. плэсс (plass), америк. битл (beetl) и пр. Под названием шеллан (schellan), продукт промежуточный при производстве П., тоже выпускается фирмою Поллак на рынок в водных растворах, слизистых, бесцветных, прозрачных, как вода, различной концентрации и вязкости; при помощи уксуснокислого натрия (или других основных солей) эти соли м. б. предохранены от желатинизации на неопределенно долгое время. Шеллан находит себе применение как лак и вещество для склейки, пропитки, сообщения жесткости и т. д. Кроме того изготовляются также лаки на нелетучих веществах, способных давать с продуктами мочевинной конденсации прозрачные твердые растворы. В виду того что до сих пор не удалось получить П. устойчивым в отношении большинства химич. реагентов, область его применения значительно сужена.

Лит.: Scheiber J. u. Sändig K., Die künstlichen Harze, p. 307—318, Stg., 1929 (указана литература); «Industrial and Engineering Chemistry», 1928, 20, p. 1367. **П. Флоренский.**

ПОЛОВОДЬЕ, состояние речных потоков в период весеннего разлива, сопровождающееся *наводнениями* (см.) или проходящее без таковых. П. совпадает с *ледоходом* (см.) и часто с *ледяными заторами* (см.), влекущими за собой большие повреждения искусственных и гидротехнич. сооружений. Уровень воды при П. всегда в несколько раз выше уровня воды при среднем горизонте и тем более при мелководьи. Так напр., Рейн около Кельна при мелководьи имеет среднюю глубину в 2,5 *м*, при среднем горизонте глубина равна 5,3 *м* и при П.—12 *м*. Чем больше река, тем больше м. б. глубина воды. Количество воды в период П. увеличивается, и в связи с этим б. ч. увеличивается и количество влекомых водой наносов. При подъеме воды уклон, или *падение реки* (см.), увеличивается, а следовательно увеличивается и скорость; наоборот, при спаде воды скорость уменьшается вследствие уменьшения уклона реки. При обычных П. скорость редко превышает 2 *м/сек.* При самых высоких П. скорости достигают 3 и до 4 *м/сек.* Наибольший расход воды во время П. отвечает наибольшему стоку ее. Характер половодьевой волны идентичен с таковым волны *паводка* (см.), но длина волны в первом случае простирается на значительно большее расстояние. Простирающаяся на сотни *км* половодьевая волна на всем своем протяжении, считая от начала своего образования до своего исчезновения, претерпевает при своем движении изменение своей формы, имея бо́льшую крутизну впереди своего гребня и будучи более пологой позади его. В общем половодьевая волна представляет собой совокупность отдельных волн, образовавшихся уже в притоках и перекрывающих одна другую. В связи с изменением в бо́льшую сторону размеров живого сечения потока изменяется при П. в большинстве случаев в большей степени и ложе реки, вследствие большего взвешивания частиц грунта в начале П. и переноса их на новые места и вследствие осаждения перенесенных течением во время П. частиц грунта в конце П. и образования т. о. наносов в новых местах. Явление это конечно присуще рекам с размываемым и подвижным (в известных случаях) руслом. Наибольший размыв происходит в местах более узких и глубоких, а наибольшее осаждение влекомых течением частиц грунта—в местах более широких и

мелких. *Русло* (см.) и уклон реки имеют наименьшее влияние на уровень воды при небольших расходах воды и наибольшее—при П. При наличии ограждающих валов, при различной ширине русла разница в величине живого сечения при П. много больше, чем при меженнем и среднем уровнях воды. При меженнем уровне воды перекаты смываются сильнее, а плесы соответственно мелеют. Когда вода поднимается, то уклон на перекатах уменьшается в большей мере, чем на плесах, вследствие чего сила влечения наносов на перекатах уменьшается быстрее, чем на плесах; перекаты т. о. становятся мельче, а плесы глубже.

Вода частью подвержена регулярным колебаниям (пульсациям) с образованием водяных вальцов и водоворотов. Поперечными водоворотами постоянно разрушается вогнутый берег, что особенно сильно происходит при П. При устойчивых иловато-глинистых грунтах берег держится во время П. вследствие давления воды, но при убыли воды и прекращении этого давления берег обваливается. То же замечается при плотном песчаном грунте; однако при П. последний пропитывается водой, к-рая при убыли воды просачивается обратно в реку и производит обвал. При П. наносы проносятся через плесы, выбирая при этом кратчайший путь, двигаясь от одного выпуклого берега к другому и перерезывая наискось направления русла между двумя изгибами. Уклон на плесах и перекатах при П. приблизительно одинаков. Путь передвижения наносов во время П. не совпадает с путем передвижения их во время меженного уровня, когда вода, встречая наименьшее сопротивление в глубоких местах около вогнутых берегов, прокладывает путь от одного вогнутого берега к другому и, пересекая перекат наискось, смывает с последнего часть наносов, опускающихся дальше в плес. Т. о. при П. происходит сильное углубление плесов и обмеление перекатов, последствием чего является общее уравнивание уклонов и происходит, несмотря на возрастание неровностей дна, относительное уменьшение разницы глубины русла. По мере понижения уровня воды разница эта однако возрастает; на плесах уклон поверхности потока становится пологим, а на перекатах—крутым, при этом способность передвигать наносы уменьшается, причем на плесах более резко, чем на мелких местах. На прямых участках реки после каждого половодья передвигаются мели вниз по течению, оставаясь около того же берега; передвижения эти зависят от размера и продолжительности П. В общем вопрос о передвижении наносов при П. еще мало исследован и требует дальнейшей проработки. Взвешивающая сила S по Форхгеймеру (Ph. Forchheimer) зависит от уклона J и глубины t воды и м. б. выражена ур-нем:

$$S = \gamma J t, \qquad (1)$$

где γ—уд. в. воды. Влечение наносов начинается (не исключая подвижного русла) по достижении взвешивающей силой нек-рой предельной минимальной величины S_0, соответствующей некоторой глубине воды t_0 и увеличивающейся с увеличением глубины, достигающей своей наибольшей величины при П. Так как уклон J в рассматриваемом участке потока величина б. или м. постоянная, то по Форхгеймеру сила S_0 по преимуществу зависит от горизонта воды, т. е. от глубины потока. Если влечение наносов наступает при некоторой глубине t_0 воды, то в рассматриваемом месте сила влечения наносов приобретает согласно ф-ле (1) величину

$$S_0 = \gamma J l_0. \qquad (1a)$$

Живая сила потока при взвешивании частиц грунта конечно больше той, при к-рой происходит осаждение таковых. Этим объясняется, почему в начале половодья происходит наибольшее влечение наносов, а при спаде воды—постепенное осаждение таковых. От величины живой силы потока, а следовательно и сил S и S_0 зависит интенсивность взвешивания и образования наносов. По Франциусу (O. Franzius) сила влечения наносов зависит также от нек-рой величины a, под к-рой разумеется отношение донной скорости v_n к средней скорости v_m потока; т. о. ф-ла (1) по Франциусу примет вид:

$$S = \gamma J t \frac{v_n}{v_m} = \gamma J l a. \qquad (2)$$

По Энгельсу (H. Engels) величина a меньше единицы и тем меньше, чем больше количество вихрей в воде. По Шокличу (A. Schoklitsch) ф-ла (1) имеет место как приближенное решение для живых сечений потоков, имеющих всюду одну и ту же глубину t при ширине, равной или большей тридцатикратной глубине. В остальных случаях величину t надлежит заменить величиной профильного, гидравлич. радиуса R; в таком случае ф-ла (1) примет вид:

$$S_0 = \gamma J R. \qquad (3)$$

От величины силы влечения наносов или взвешивающей силы зависит расход G наносов, который Бой (P. du Boys) выражает формулой:

$$G = \psi S(S - S_0) = \psi\gamma^2 l(l - l_0)J^2 = \\ = \psi\gamma J l(\gamma J l - S_0), \qquad (4)$$

где G—действительный расход наносов через данное поперечное сечение в секунду или объемное количество взвешенных частиц грунта, двигающихся в единицу времени через единицу ширины русла по течению потока; ψ—некоторая постоянная величина, зависящая от рода и крупности наносов и выражаемая в $м^6 кг^{-2} сек^{-1}$ при условии выражения величины γ в $кгм^{-3}$, величины t в $м$, а времени—в секундах.

Ф-ла (4) предусмотрена для части живого сечения реки, выражаемого прямоугольником; с изменением этой формы живого сечения потока изменится и величина G, причем при глубине меньшей t_0 никакого взвешивания не произойдет. Для полного живого сечения потока взвешиваемая масса м. б. выражена равенством:

$$G = \psi\gamma^2 J^2 \int_{y_1}^{y_2} l(l - l_0)\, dy, \qquad (5)$$

где y означает абсциссы ширин потока, а y_1 и y_2—абсциссы точек, в которых $t = t_0$. Ур-ие (5) говорит, что ложе реки не повышается и не понижается при постоянном значении величины G. Расход наносов зависит от уд. в. взвешиваемых частиц грунта, от размеров зерен влекомых частиц и от их формы. По лабораторным опытам Шоклич установил, что расход G наносов на единицу ширины ложа пропорционален квадрату уклона реки J^2 и избыточному расходу $(Q - Q_0)$, где Q_0 отвечает тому расходу, при котором начинается движение наносов. Шоклич оспаривает теорию Крейтера (F. Kreuter), по которой движение наносов происходит в тех местах, где глубина воды превышает предельную глубину t_0, ссылаясь при этом на опыты Курцмана (S. Kurzmann). Опыты эти также выяснили, что не следует устанавливать зависимости между расходом наносов и донной скоростью, так как донная скорость в середине потока, где происходит наибольшее движение наносов, меньше таковой у краев наносного потока. Из сказанного явствует, что в период П., когда величины J, t, Q имеют наибольшее значение, происходит наибольшее взвешивание частиц грунта и наибольшая передвижка их, влекущая за собой, в связи с подмывом берегов, обрушение последних под влиянием П. и, в связи с вынесением наносов притоками, деформирование русла, а иногда и существенное изменение всего режима рек. Т. к. величины G и ψ трудно определимы, то Шафернак ввел для сравнительного вычисления их отношение $\frac{G}{\psi}$, дав тем самым возможность правильного сравнения профилей, т. к. величина ψ не меняется от изменения русла.

Существенное значение имеют для режима рек в положительном смысле встречающиеся на пути течения потока озера, являющиеся регуляторами стока. После протекания через озеро или вообще большой открытый водоем расход воды во время П. уменьшается, причем протекающая масса воды при этом по абсолютной величине не изменяется. Таким же образом сказывается влияние уширения русла реки (напр. в поймах) в период П. и уменьшение в нижнем течении реки уклона дна ее. В высоких горных местах сток в период П. регулируется до некоторой степени медленным таянием снегов, наступающим поздней весной. В данном случае ледники играют роль запруд, задерживающих и регулирующих сток во время П. Во многих случаях оказывает регулирующее влияние на П. лес, присутствие к-рого замедляет таяние снега и задерживает вообще сток воды. При регулировании рек не следует по возможности уменьшать русло П., особенно в том случае, когда горизонт П. и без того затопляет прибрежную полосу, имея в виду, что результатом сужения русла половодьем является увеличение размыва русла.

Лит.: Schoklitsch A., Ueber Schleppkraft u. Geschiebebewegung, Lpz., 1914; Kurzmann S., Beobachtungen über Geschiebeführung, Mch., 1919; Forchheimer Ph., Grundriss der Hydraulik, 2 Aufl., Lpz.—B., 1926; Engels H., Handbuch des Wasserbaues, 3 Aufl., B. 1—2, B., 1923, Ergänzungsheft, 1926; Handb. Ing., T. 3, Wasserbau, B. 1. Die Gewasserkunde, 5 Aufl.; Franzius O., Der Verkehrswasserbau, B., 1927; Schaffernak Fr., Theorie des Geschiebetriebs u. ihre Anwendungen, «Ztschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereines», W., 1916, p. 209, 229; Schaffernak Fr., Neue Grundlagen für die Berechnung der Geschiebeführung in Flussläufen, Leipzig—Wien, 1922.

С. Брилинг.

ПОЛУВАЛ, общее название видов кожевенных полуфабрикатов, характеризующихся стойкостью, средней между стойкостью *подошвы* (см.) и стойкостью мостовья. Различают след. сорта П.: 1) П. глянцевый; 2) П. гончарный; 3) П. технический; 4) П. для рантов; 5) П. стелечный и 6) П. шорно-седельный.

1) П. глянцевый тождественен по своим свойствам с подошвой для рантовой обуви. 2) П. гончарный употребляется для изготовления гонков для ткацких станков. Выделывается преимущественно красным дублением. Лицо кожи не должно давать садки при сгибании вокруг валика диаметром 5 *мм*, кожа д. б. в меру рыхлая, но не отдушистая, и наконец содержание жира не должно превышать 7%, т. к. при избытке жира гонок будет плохо спрессован. Химич. состав и физико-механич. свойства гончарного П.: влага 18%, зола 1—2%, жир 5—6%, вымываемые 6—10%, гольевое вещество 40—42%; разрывное усилие 3 $кг/мм^2$. Уд. вес 0,9. Лучшие гонки делаются в два оборота (стенка гонка—два слоя кожи), почему к гончарному П. предъявляется требование толщины не менее 5 *мм*. Отсюда сырье, идущее на его выделку, обычно бычина особо тяжелая, весом от 30 до 35 *кг* в парном виде. Соответственно физико-механич. свойствам гончарного П. методология выделки направляется на возможно полное разделение пучков волокон на волокна и частично отдельные фибриллы. Отсюда более длительная, чем для рантовой подошвы, золка: 9 дней при $t°$ 12—15° и 6 дней при ускоренной золке, из коих 3 дня при $t°$ 27°, а остальные 3 дня, после удаления шерсти, при $t°$ 15° (обжор). Обеззолка тщательная. Применения минеральных кислот лучше избегать, если же они применяются, необходим тщательный контроль за процессом в отношении кислотности обеззоливающей ванны (P_H не должен снижаться ниже 5,5). Иногда при выделке гончарного П. применяется мягчение оропоном или киселями (см. *Кожевенное производство*), однако острой нужды в этом нет. Технич. форма дубления—соково-барабанный способ. Соковый ход 10—12-чанный, не производящий видимого нажора. Плотность головного чана до 5° Bé. Барабан—3 суток; плотность 6—7° Bé; темп-ра не выше 30°. Отношение сока к голью в соковом ходу 1:8, в барабане 1:4. После барабана пролежка в куче в течение суток, а затем промывка в воде с $t°$ 30—35° в течение 1 часа. Прессовка не рекомендуется и необходимо вместо нее применять подвялку. Для того чтобы сделать ткань кожи более рыхлой (лучшая прессовка), принято введение в кожу сернокислой магнезии, намазывая кожу насыщенным раствором последней и расходуя около 400 *г* кристаллич. соли на кожу. Жировка тщательная, но не очень обильная; лучшим жирующим составом является смесь ворвани и мездрового сала в отношении 9:1. После жировки дается легкая разводка на разводной машине, а затем сушка при темп-ре не выше 30°. После сушки дается легкая отволожка и кожи раскатываются вручную, чем процесс выделки и заканчивается. Выход готового товара составляет 65% от парного веса (при применении сернокислой магнезии). Расход таннидов 32 *кг* на 100 *кг* готового товара. Расход рабочей силы на 20% выше расхода при выделке подошвы. 3) П. технический—см. *Чепрак* технический. 4) П. для рантов—сорт кожевенного товара, применяющийся в виде бесконечной склеенной ленты шириной 15 *мм*,

толщиной ок. 2 *мм* в качестве ранта. По химич. составу и химич. свойствам аналогичен шорно-седельному П. легкому, для людского и конского снаряжения. Аналогична и методика выработки. 5) П. стелечный применяется для стельки обуви; соответственно виду обуви разделяется на П. стелечный для винтовой и деревянно-шпилечной обуви и П. стелечный для рантовой обуви. По своим механич. свойствам П. стелечный для винтовой обуви—среднее между винтовой подошвой и рантовой подошвой; П. стелечный для рантовой обуви—среднее между рантовой и шорно-седельным полувалом. ОСТ 545 определяет хим. состав и механич. свойство для обоих видов П. стелечного в следующем виде: влаги не более 18%, жира не более 11,0%, сопротивление разрыву по партии не менее 1,75 *кг/мм*². Вес одной кожи установлен в 6—9 *кг*. Отличие между П. для винтовой обуви и стелечным П. для рантовой обуви устанавливается в отношении ломкости лица: для первого валик для сгибания диам. 25 *мм*, для второго 13 *мм*. Соответственно хим. составу и механич. свойствам операции для обоих типов ведутся аналогично операциям при выделке соответствующих типов подошвы, только крепость соков головного чана и барабана устанавливается в 6—8° Bé для чана и 8° Bé для барабана. Кроме того стелечный П. для винтовой обуви промывается после дубления и пролежки в теплой воде, аналогично подошве для рантовой обуви. Вся аппаратура и агрегаты машин аналогичны таковым в производстве подошвы. Выход стелечного П. 45—50% от парного веса партии (2 500 *кг*). 6) П. шорно-седельный—вид кожевенного товара, употребляемый в шорных изделиях; по стойкости занимает среднее место между подошвенной кожей рантовой и мостовьем, наиболее приближаясь к последнему; от полувала гонóчного отличается большей плотностью. В СССР—преимущественно красного дубления. ОСТ различает три вида шорно-седельного П. растительного дубления (см. табл.): П. шорно-седельный для крыльев и сидений (ОСТ 1194), П. шорно-седельный для путилищ (ОСТ 1493), П. шорно-седельный для людского и конского снаряжения (ОСТ 1492).

Дальнейшее различие между этими П. имеет место в отношении садки: 1) для П. шорно-седельного для крыльев и сидений лицо не должно давать подсада (разрыва лицевого слоя в виде мелких трещин) при сгибании на валик 30 *мм*; 2) для П. шорно-седельного для путилищ—на валик 10 *мм*; 3) для П. шорно-седельного для людского и конского снаряжения—на валик 10 *мм*. Для всех видов этого П. установлено следующее требование в отношении отдушистости: лицо не должно образовывать морщин при сгибании образца лицом внутрь под углом 90° и при расстоянии между пальцами 10 *см*. причем вершина образующегося угла должна быть посредине между пальцами. При характере выкроя из шорно-седельного П., имеющего значительную длину (путилища, ремни снаряжения) или значительную площадь (крылья, сиденья) при жестких требованиях, предъявляемых в отношении наличия на выкрое пороков, подбор сырья для производственной партии значительно осложняется, тем более что подобрать в сырье партию с ограниченным числом пороков (оспины, роговины) фактически невозможно. Поэтому при существующей системе снабжения сырьем производство шорно-седельного П. не может вестись стандартизованно, а всегда должно комбинироваться с выделкой других сортов, отбирая кожи на шорно-седельные П. в голье или после сокового хода. Требование ровной толщины на протяжении значительной длины также осложняет подбор сырья и вынуждает брать развесы более тяжелые, достигая ровной толщины путем соответствующей распиловки голья. В силу этого и выходы шорно-седельного П. из сырья сильно колеблются и составляют 33—45% от парного веса. Методология выделки гл. обр. определяется требованиями в отношении садки и отдушистости. Насколько легко установить режим, удовлетворяющий одному из этих требований, настолько же трудно установить режим, удовлетворяющий обоим требованиям вместе, т. к. те операции, к-рые обеспечивают отсутствие садки, как-раз способствуют появлению отдушистости. Не менее осложняет работу и требование ровного лица для шорно-седельного П. Отмока д. б. достаточной для того, чтобы пучки волокон могли принять нормальное положение (складки), и в то же время длительное пребывание в чану, связанное с развитием бактериальной деятельности, является нежелательным (отдушистость). Повидимому наиболее удачным решением вопроса является короткая отмока с последующей теплой золкой, аналогично применяемой в выделке подошвы. По сгонке волоса—зольный обжор не менее 2 суток. При обезволивании те же предосторож-

Нормы химического состава и физико-механических свойств для шорно-седельных полувалов.

Характеристики	П. шорно-седельный для крыльев и сидений	П. шорно-седельный для путилищ	П. шорно-седельный для людского и конского снаряжения
Влаги в % не более .	18	18	18
Золы в %	1	1,0	1
Жиров в %	4—8	4—8*1 6—12	4—8*1 8—12
Вымываемых в % . . .	8	8	8
Сопротивление разрыву, среднее по партии в *кг/мм*², не менее .	2.0	2.5*1 2.25	2.25*1 2.0
Сопротивление разрыву для каждой кожи в *кг/мм*² *1 не менее	1,75	2.25*1 2.0	2*1 1,75
Толщина в чепраковой части в *мм* *2	4.5*1 3,5	4.5*1 3.8	3.2*1 2,5
Вес в *кг*	12*1 7	12*1 8	10 7

*1 Числитель дает нормы для неотделанной кожи, знаменатель—для отделанной. *2 Толщина д. б. равномерной в чепраковой части на протяжении: для П. шорно-седельного для крыльев 1,4 *м*; для П. шорно-седельного для путилищ 1,2 *м*; для П. шорно-седельного для людского и конского снаряжения 1,4 *м*.

ности, что и в гонóчном П. Мягчения лучше не производить, но при этом особое внимание д. б. обращено на чистку лица. Технич. форма дубления — соково-барабанная. Характер сокового хода—своеобразный. Обыкновенный, не производящий нажора, соковый ход опасен, т. к. в нем вследствие развития бактерий может получиться отдушистость. Нажор же в соковом ходу ни в какой мере недопустим, так как может обусловить садку лица. Наилучшее разрешение вопроса—естественно кислый соковый ход с добавкой соли для уничтожения нажорного действия. Поэтому и букет дубителей необходимо подобрать таким обр., чтобы потеря от прибавки соли была наименьшей (ива). Крепость головного чана для шорно-седельного П. для крыльев и сидений и шорно-седельного П. для путилищ аналогична гонóчному П.; продолжительность—12 дней; барабан —3 суток на плотность 6° Bé. Лучше на дубовом сульфитированном (8%) экстракте. Для шорно-седельного П. легкого соковый ход 16 дней, плотность 3° Bé и барабан на той же плотности трое суток. Дубильный материал ива, объемные и жидкостные коэф-ты и аппаратура всех операций аналогичны установленным для производства мостовья. Расход таннидов — 30—32 *кг* на 100 *кг* готового товара. Расход рабсилы 2 чв-д. Распиловка в зависимости от времени отбора кож на шорно-седельный П.: при отборе в голье (в голье при отборе после сокового хода) после барабана. После барабана пролежка двое суток в куче, а затем промывка в теплой воде, меняя эту воду несколько раз. Прессовка на прессе и жировка в барабане с притоком горячего воздуха. Наилучший состав жирующей смеси—ворвань + мездровое сало в отношении 8 : 2. Разводка на машине Турнер с последующей подправкой вручную и смазкой ворванью по лицу. Пролежка в куче—двое суток и затем сушка при темп-ре не свыше 30°. После сушки П. шорно-седельный тяжелый подвергается лощению на лощильной машине, а легкий полувал—проминке на беляке, причем следует его предварительно отволожить.

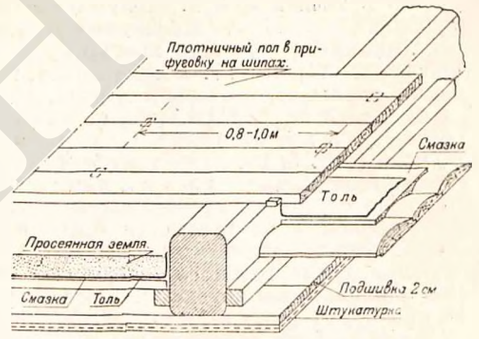
Лит.: Завадский А. А., Кожевенное производство, часть 2, Нижний-Новгород, 1924; «Вестник кожевенной промышленности и торговли», Москва, 1928.

Н. Чернов.

ПОЛУИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СЪЕМКА, см. *Съемки геодезические.*

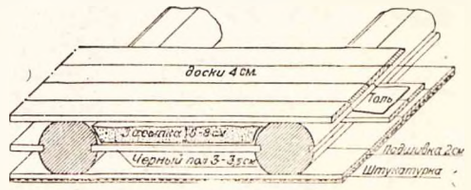
ПОЛЫ И ПОТОЛКИ, горизонтальные перекрытия, подразделяющие все здание на этажи. Любое междуэтажное перекрытие представляет собою совокупность пола и потолка. Междуэтажные перекрытия обыкновенно устраиваются по балкам и м. б. деревянные, железные, массивные, комбинированные. Пол первого этажа, отделяющий помещение от грунта или подполья, из экономич. соображений чаще устраивается на столбиках и лагах, а не на балках. В междуэтажном деревянном перекрытии главную конструктивную часть составляют балки, промежутки между к-рыми заполняют черным полом. На черный пол наносится засыпка из малотеплопроводных материалов с целью уменьшения тепло- и звукопроводности перекрытия. Поверх балок настилается чистый пол. Снизу балки подшиваются тонкими досками. На фиг. 1—4 представлены разные типы перекрытий по деревянным балкам.

Для деревянных балок употребляется сосновый или еловый лес сухой, здоровый и без дефектов (червоточин, морозобоин, косослоя и т. д.). В зависимости от кон-



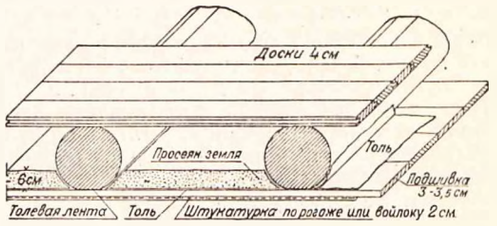
Фиг. 1.

струкции перекрытия и нагрузок балки приготовляют различных сечений (фиг. 5). В междуэтажных конструкциях, где засыпка располагается по подшивке, балками м. б.



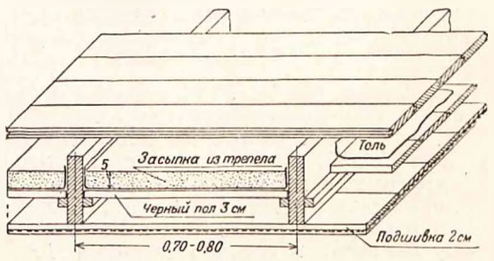
Фиг. 2.

круглые бревна, отесанные на два канта (фиг. 3 и 5, Е). При черных полах, укладываемых между балками, последние делают или с пазами (фиг. 5, Г и Д) или в виде прямо-



Фиг. 3.

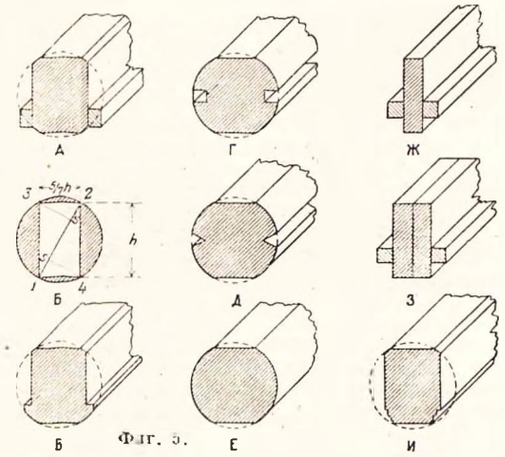
угольного бруса с небольшими обливинами (фиг. 5, А). Для удержания черного пола к балкам прямоугольного сечения прикалачивают особые бруски 3×5 или 4×5 *см*. Балка прямоугольного сечения с соотноше-



Фиг. 4.

нием сторон 5 : 7 является наиболее выгодной в отношении сопротивляемости изгибу. Балку с подобным соотношением сторон можно получить из круглого бревна сл. обр. (фиг. 5, Б). Через центр круга (попереч-

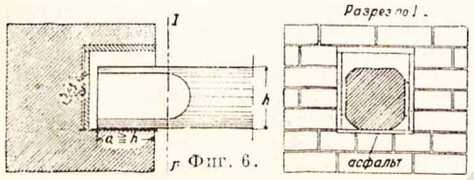
ное сечение бревна) проводят диам. *1—2* и делят его на 3 равные части, далее из точек *s*, *s* восставляют перпендикуляры в противоположные стороны до пересечений с окружностью в точках *3* и *4*. Полученные на окружности точки *1*, *3*, *2* и *4* соединяют прямыми линиями и получают контур бруса с отношением сторон 5 : 7. В местностях, где пиломатериалы сравнительно дороги, балки вытесывают из круглых бревен с оставлением выступов как опор для удержания черного пола (фиг. 5, В). Приготовление балок с такими выступами—ч е р е п а м и, хотя и сопряжено с потерей древесины, но получается экономия на стоимости брусков и гвоздей, которые являются необходимостью для балки прямоугольного поперечного сечения с прибивными брусками. При небольших пролетах (до 3,5 *м*), а также при близком расположении балок между собою по-



Фиг. 5.

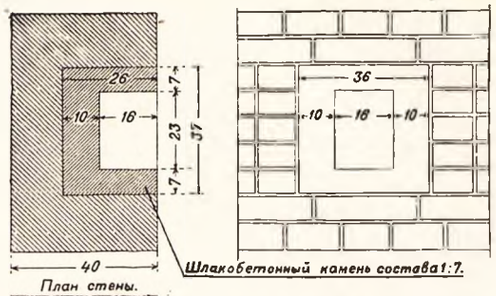
следние делаются из досок, поставленных на ребро (фиг. 5, Ж). Для пролетов 4—6 *м* балки м. б. сколочены из 2 досок (фиг. 5, З). При устройстве чистых потолков без подшивки и оштукатуривания балки, брусья оструживаются, а нижние два ребра обрабатываются профилями (фиг. 5, И).

Балки укладывают на стены или иные опоры (столбы, колонны) строго горизонтально под ватерпас и располагают парал-



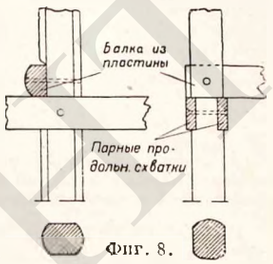
Фиг. 6.

лельно между собою. У торцовых или поперечных стен можно укладывать полубалки, т. к. в этих местах на балку приходится от полов половина груза сравнительно с другими, вследствие чего и ширина их м. б. в два раза уменьшена. Высота остается та же, что и у остальных балок. Расстояние между балками в среднем делается 1,0—1,40 *м*, что обусловливается толщиною половых досок (4—5 *см*), к-рые при ходьбе по ним не должны давать зыби. Укладка балок производится одновременно с возведением стен, а не после, что вызывало бы большие затруднения при заводке и укладке их в приготовленные гнезда. Балки заделываются в стены примерно на глубину, равную высоте балки: $a \cong h$ (фиг. 6). В тех случаях, когда одна из балок попадает на дымоход, врубают ригель (короткая балка) между сосед-



Фиг. 7.

ними балками. Ригель из противопожарных соображений располагается не вплотную к стене, а на расстоянии 1—1½ кирпича от поверхности дымохода. В целях предохранения концов балок, заделываемых в каменные стены, от преждевременного загнивания под концы балок подкладывают 3—4 слоя толя на смоле и гнездо в кладке оставляют с учетом зазоров для свободного доступа воздуха. Самый конец балки или же осмаливается, за исключением торца, или обертывается толем. Во избежание промерзания стены в местах заделки концов балок, гнезда с торца отепляют досками и войлоком с толем. На фиг. 6 представлена обделка гнезд в кирпичной и бетонной стенах деревянными ящиками, сколоченными из 2,5-*см* досок и осмоленными снаружи. В тонких каменных стенах гнезда для балок обделывают специальными шлакобетонными камнями (фиг. 7), поверхности которых, соприкасающиеся с кладкой, обмазываются цементным молоком с добавлением церезита. На фиг. 8 представлены укладка и закрепление балки на парные продольные схватки стоечно-каркасной стены.



Фиг. 8.

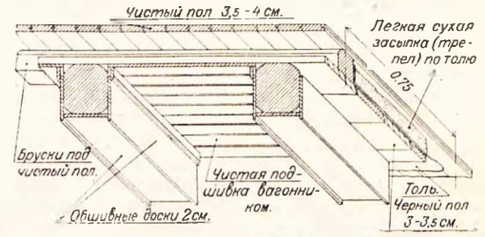
Ч е р н ы е п о л ы устраивают из 3—4-*см* досок, сплачиваемых между собою вприток или в четверть (фиг. 4), или из горбылей (фиг. 1). Обыкновенно для черных полов используются доски, бывшие на лесах и негодные для других целей вследствие затруднительности их остружки. Доски напиливают на более короткие—0,75—1,20 *м* длиною и укладывают между балками без всякой прибивки их к балкам. В облегченных междуэтажных перекрытиях черных полов часто совсем не устраивают и засыпку наносят на подшивку, к-рая для таких целей делается несколько толще, т. е. вместо 2 *см*—3 и 3,5 *см*. Иногда в междуэтажном перекры-

тии черные полы заменяют жердями диаметром 5 *см*, обмотанными соломенными жгутами и пропитанными глиняным раствором; поверх жгутов наносится засыпка. Черные полы рекомендуется настилать не сразу по укладке балок, а по возведении здания под крышу, во избежание промочки досок дождем и загонки через это сырости в здание. По укладке черных полов на них наносится засыпка по предварительно проложенному толю с целью предохранения дерева от преждевременного загнивания. Материалом для засыпок служат: сухая просеянная земля, строительный мусор (без щепы), сфагнум (волокнистый торф), измельченный трепел, котельный шлак (гарь), смесь опилок с гашеной известью и т. п. Толщина слоя засыпки в междуэтажных перекрытиях берется 6—8 *см*. Всякая засыпка должна быть нетяжелой и недорогой. Объемный вес 1 $м^3$ засыпок: для сухой просеянной земли 1 400 *кг*, для строительного мусора (без щепы) 1 250—1 500 *кг*, для сфагнума (волокнистого торфа) 75—125 *кг*, для измельченного трепела 400—900 *кг*, для котельного шлака (гари) 700—800 *кг*.

П о т о л к и в деревянных перекрытиях бывают: 1) оштукатуренные, 2) с чистой подшивкой без штукатурки и 3) чистые потолки без подшивки. Подшивка производится после возведения здания под крышу. На подшивку потолков под оштукатуривание употребляются получистые 2—2½-*см* доски, к-рые прибиваются к балкам 10-*см* гвоздями (фиг. 1 и 2). Перед прибивкою доски д. б. надколоты с загонкою в расщелины клинышков, для того чтобы доски не коробились при усыхании и этим не портили штукатурки. Для удержания слоя штукатурки к подшивке прибивается рогожа или войлок, а по ним крестообразно дрань с образованием клеточек, сторона которых делается не более 5 *см*. Драницы прикалачиваются к подшивке штукатурными гвоздями в местах их перекрещивания. На образовавшуюся шероховатую поверхность наносится слой штукатурки (известково-алебастровый раствор) толщиною 1,5—2 *см*. На Ю. и юго-западе вместо драни употребляют тростник, к-рый прикалачивается не к сплошной подшивке, а к брусчатой. Потолки, оштукатуренные по деревянной подшивке, устраиваются не только в каменных зданиях, но также и в деревянных, если стены последних изнутри оштукатуривают. Потолки оштукатуриваются всегда ранее стен, чтобы не портить последних. Преимущества оштукатуренных потолков: 1) уменьшение тепло- и звукопроводности, 2) препятствие для быстрого распространения огня, 3) не заводятся насекомые—паразиты. К недостаткам следует отнести заглушение подшивки, вследствие чего деревянные балки скорее могут подвергаться загниванию и поражению домовым грибком.

Ч и с т а я п о д ш и в к а применяется как в деревянных, так и в каменных зданиях, но чаще в первых. На такие потолки идут доски толщиною 1,5—2,5 *см*, оструганные снаружи и сплачиваемые между собою в четверть, что однако не обеспечивает потолок от образования щелей вследствие усушки досок. В зданиях простых применяют подшивки досок вразбежку, или по-польски, или обыкновенными досками с дополнительными рейками, которые закрывают щели между досками. Прикалачивать такие рейки следует к какой-либо одной доске, а не к обеим во избежание раздирания реек при усушке досок. В более ценных зданиях применяется подшивка вагонником, т. е. из более узких и рустованных досок толщиною 1½ *см* (фиг. 9).

Ч и с т ы е п о т о л к и представляют собой перекрытие, в котором снизу видны балки, чисто оструганные с профилеванными кромками. В таких перекрытиях нижняя поверхность черного простильного пола д. б. или чисто оструган или—еще лучше—подшит чистым вагонником (фиг. 10). Подшивка вагонником практичнее, потому что оструганные доски черного пола вследствие их усушки будут трескаться и коробиться, отчего получится некрасивый вид потолка. На фиг. 10 представлен чистый потолок из обыкновенных простых балок, обшитых 2-*см* досками и планками. Внешний вид потолка при по-



Фиг. 10.

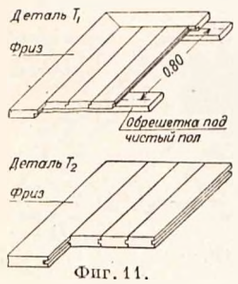
добной обшивке балок может получиться более красивый, чем при оструганных и профилеванных балках.

Ч и с т ы е д е р е в я н н ы е п о л ы по конструкциям и тщательности выполнения подразделяются на плотничные, фризовые и паркетные. Плотничные полы устраиваются из сосновых чистых досок толщиною от 4 до 5 *см* и шириною до 18 *см*; настилаются такие доски сплошь по балкам с тщательной прифуговкой кромок и постановкой на вставные шипы через каждые 0,8—1,0 *м* в шахматном порядке (фиг. 1). Половые доски прибиваются к балкам 12-*см* гвоздями, которые заколачиваются наклонно, чтобы каждую последующую доску лучше прижать к предыдущей. При приготовлении половых досок следует обращать внимание на прифуговку у них кромок, чтобы они были в наугольник, так как часто плотники несколько подкашивают кромки, чтобы было легче более плотно соединить доски между собою; впоследствии же при усушке пола образуются большие щели, расширяющиеся книзу, и тогда никакая шпаклевка и заделка не будут в состоянии удержаться, а провалятся вниз. Самым лучшим сплачиванием досок является сплачивание в четверть (фиг. 2) и в шпунт (фиг. 3), причем такие доски в четверть и в шпунт приготовляются не кустарно плотниками, а деревообделывательными заводами. Сравнительно часто плотничные полы настилаются не прямо по балкам, а по обрешетке или лагам из получистых досок или пластин, укладываемых поперек

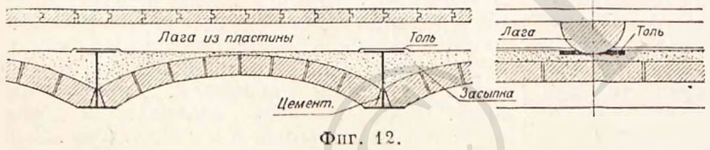
балок на расстоянии 0,9—1,0 *м* друг от друга. Устройством обрешетки достигается сквозное проветривание подполья и облегчается выверстывание полов. Различают еще п а л у б н ы е п о л ы, т. е. полы из более узких досок (7—10-*см*). Такие полы применяются в помещениях, где бывает попеременное смачивание и высыхание (кухни, столовые и т. д.). Настланные деревянные полы в течение первого года не следует закрашивать, а достаточно только проолифить; преждевременная окраска задерживает просушку пола. Через год или полтора после настилки полов доски высыхают, и между ними образуются большие щели, для устранения к-рых полы необходимо хорошо сколотить, и только после этого можно приступить к окраске их.

П а р к е т н ы е п о л ы—см. *Паркет*.

Ф р и з о в ы е п о л ы отличаются от плотничных устройством по периметру помещения рамки, или фриза, из таких же досок, как и сам пол (фиг. 11). Внутренняя кромка фриза обрабатывается четвертью, в которую должны входить рядовые доски своими торцами (деталь T_1, фиг. 11). По укладке трех фризовых досок начинается укладка рядовых досок (фиг. 11), торцы к-рых должны быть обработаны четвертью, чтобы войти в соответствующую четверть во фризовой доске. По настилке рядовых досок укладывается четвертая фризовая доска, которой и закрываются торцовые четверти всех рядовых досок. На фризовый пол идут доски толщиною 3,5—5 *см* и шириною 12 *см*, которые сплачиваются между собою чаще всего в четверть или в шпунт (детали T_1 и T_2, фиг. 11). При большой площади помещения, когда длина досок оказывается недостаточной, вставляется промежуточная фризовая доска. Шпунтовой пол во фриз значительно прочнее остальных и не дает зыби, т. к. каждая доска благодаря шпунту и пазу поддерживается еще и соседними досками, и поэтому толщина шпунтовых досок м. б. уменьшена на 0,5—1 *см* против других досок. По окончании усушки пола его также сколачивают, подстругивают, шпаклюют и окрашивают масляной краской (охрой). Просохшие крашеные полы рекомендуется покрыть хорошим лаком, к-рый противодействует стиранию краски.

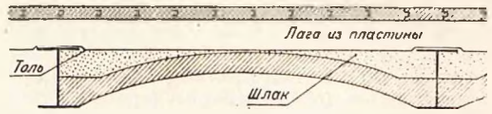


Фиг. 11.



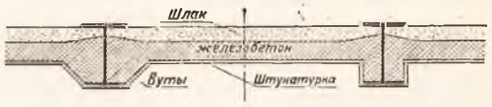
Фиг. 12.

П о л ы п о о г н е с т о й к и м п о т о л к а м. Огнестойкие потолки применяются в фабрично-заводских и жилых зданиях. В последних они б. ч. устраиваются над вестибюлями, подвальными помещениями, служащими для склада материалов и вещей, над котельными и т. д., где это вызывается противопожарными соображениями. В огнестойких потолках по железным балкам заполнение между ними может состоять из: 1) кирпичных сводиков толщиною в $^1/_4$—$^1/_2$ кирпича (фиг. 12), 2) бетонных (фиг. 13) или



Фиг. 13.

железобетонных сводиков толщиною 7—8 *см*, 3) плоских железобетонных заполнений с вутами (фиг. 14) и плоских гладких без вутов (фиг. 15). Толщина бетонных и железобетонных заполнений определяется расчетом.



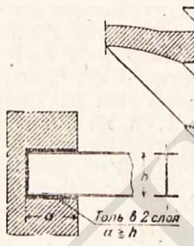
Фиг. 14.

Концы железных балок заделываются в стену на длину не менее, чем высота балки (фиг. 16), причем в наружных стенах обертываются войлоком или толем в 2 слоя во избежание промерзания. Для уменьшения

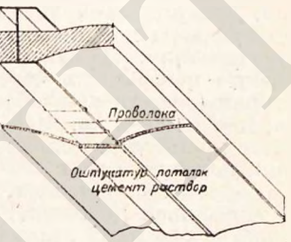


Фиг. 15.

тепло-, газо- и звукопроводности поверх потолков наносится засыпка. Такие потолки по железным балкам огнестойки, если нижние полочки последних оштукатурены слоем цементного раствора (фиг. 14, 15 и 17). Для

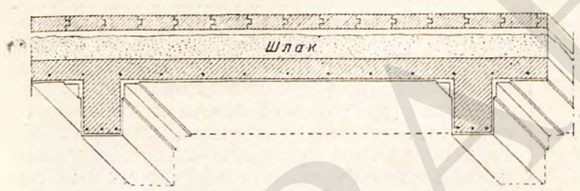


Фиг. 16.

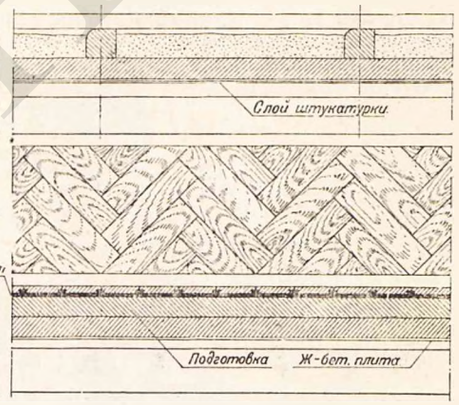


Фиг. 17.

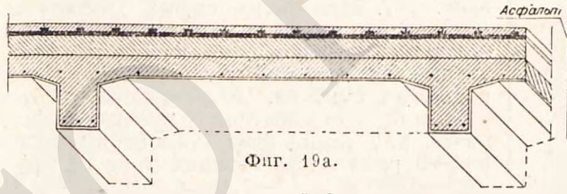
лучшего удержания слоя штукатурки нижние пояса балочек еще до установки опалубки необходимо обернуть проволочною сеткою (фиг. 17). Поверх огнестойких потолков может устраиваться любой деревянный пол по предварительно уложенным лагам из пластин, брусьев или получистых досок (фиг. 12, 13 и 18). В местах пересечения деревянных лаг с железными балками необходимо укладывать прокладки из войлока, обернутого толем, для уменьшения звукопроводности перекрытия. Паркетные же полы по огнестойким потолкам б. ч. устраивают по предварительно нанесенной бетонной подготовке и асфальту (фиг. 19а и 19б). Здесь паркетные дощечки укладывают на горячий асфальтовый слой, наносящийся поверх подготовки. Дощечки для посадки на асфальт применяют не шпунтовые, как по деревянной опалубке, а с особыми подрезами (фиг. 20). Такие дощечки, соединяясь между собою, образуют в вертикальном разрезе



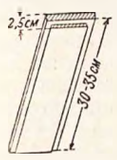
Фиг. 18.



Фиг. 19б.

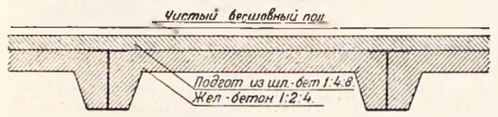

Фиг. 19а.

пространство трапецевидной формы, заполняющееся выдавливаемым горячим асфальтом, к-рый потом крепко удерживает дощечки на асфальте (фиг. 19а и 19б). Паркетный пол, уложенный на асфальтовом слое, дает непроницаемый для воды и газов пол и по внешнему виду очень красив, а по прочности превосходит все предыдущие паркетные полы, вследствие чего и применяется обыкновенно в зданиях общественного характера, где наблюдается большая ходьба. Способ укладки паркета по асфальту можно применять также при деревянной сплошной опалубке, причем по опалубке сначала настилается толь, а поверх последнего наносится необходимый слой горячего асфальта.



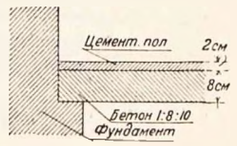
Фиг. 20.

П о л ы и з о г н е с т о й к и х м а т е р и а л о в. Огнестойкие чистые полы устраивают всегда по бетонной подготовке, будет ли она сделана по огнестойким потолкам (фиг. 21) или по земле в нижних этажах или подвале (фиг. 22). Огнестойкие полы м. б. подразделены на: полы без швов (сплошные) и полы из отдельных плиток (полы со швами). Полами без швов являются: цементные, асфальтовые, мозаичные, ксилолитовые и т. п. Цементные наиболее применяются в местах, где наблю-



Фиг. 21.

дается сырость или проливается вода (подвалы, бани, прачечные, кухни, умывальные, уборные и т. п.). Цементный слой делается толщиной 1,5—2 *см* состава 1 : 2 : 3. При высокой почвенной воде (0,50—0,20 *м* ниже уровня пола) цементный слой делается 2,5 *см* состава 1 : 3 с добавлением керезитовой эмульсии в пропорции 1 : 10 и потребной для раствора воды, с затиркой цементным раствором состава 1 : 2 с керезитом. Достоинствами цементных полов являются водонепроницаемость и быстрота выполнения. Недостатки—жесткость, теплопроводность, быстрая изнашиваемость и разъедаемость к-тами. Асфальтовые полы устраивают в подобных же помещениях; толщина слоя также 1,5—2 *см*. Асфальтовые полы не скользки, не холодны, водонепроницаемы, хорошо сопротивляются действию горячей воды, мороза, истиранию и ударам, а также действию к-т и щелочей, но отличаются мягкостью, вследствие чего на полу получаются отпечатки от опор стоящих предметов. Мозаичные полы по своему устройству отличаются от цементных тем, что на верхний слой цемента, пока он еще не успел окрепнуть (схватиться), наносят мраморную крошку и затем ее заливают жидким чистым цементом. По затвердении цемента поверхность шлифуется специальными крепкими камнями, после чего промывается водой, пропитывается льняным маслом и шлифуется. Полы красивы, прочны, не скользкие и хорошо сопротивляются истиранию, но недостаточно упруги, вследствие чего в больших площадях пола могут появиться от температурных колебаний трещины; последний недостаток м. б. устранен, если в полу сделать швы. Стоимость мозаичных полов высока. К с и л о л и т о в ы е п о л ы—см. *Ксилолит*.

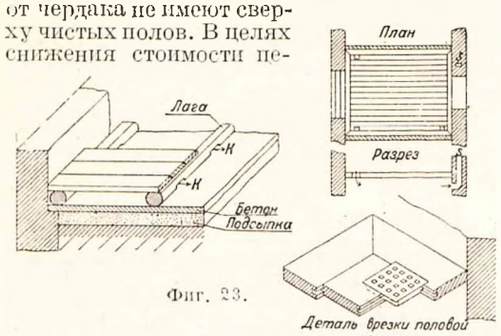


Фиг. 22.

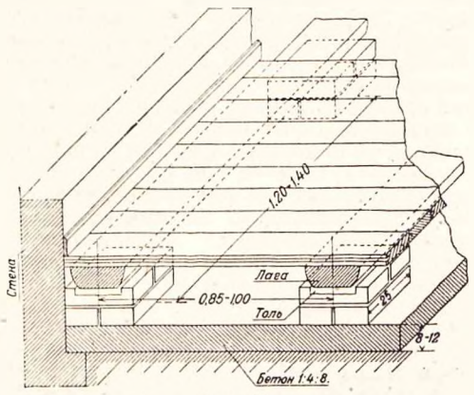
П о л ы и з п л и т о к. Плитки для выстилки полов бывают пирогранитные, цементные и мозаичные. Настилка готовых плиток производится на цементном растворе (1 : 3) по бетонной подготовке. Лучшими плиточными полами являются полы из пирогранитных м е т л а х с к и х плиток (см. *Метлахские плитки*). Цементные плитки приготовляются из цемента и песка и с поверхности м. б. окрашены в любой цвет. Формы плиток: прямоугольник, квадрат и шестиугольник. Размеры несколько больше пирогранитных; толщина 2—3 *см* и более. Прочность на истирание значительно ниже пирогранитных, кроме того они загрязняются от жиров и масел и не выдерживают действия к-т и щелочей. Стоимость плиток невысокая. Мозаичные плитки отличаются от цементных тем,

что лицевая их поверхность покрыта мраморной крошкой и отшлифована. Формы плиток и размеры могут быть любые. Плитки красивы, не скользкие и хорошо сопротивляются истиранию.

Чердачные перекрытия (потолки) отличаются от междуэтажных только тем, что они как отделяющие верхний этаж от чердака не имеют сверху чистых полов. В целях снижения стоимости перекрытия здесь потолочные балки применяют большей частью отесанные на два канта, а черные полы настилают сплошь поверх балок (простильный пол). В чердачных перекрытиях на засыпки могут применяться те же малотеплопроводные материалы (сухая просеянная земля, строительный мусор, сфагнум, тресп, шлак и т. д.). Во избежание сдувания рыхлых и легких засыпок ветром, проникающим на чердак через слуховые окна, поверхности засыпки придается некоторая твердость в виде тонкой корочки, которая может получиться напр. путем заливки засыпки известковым прыском; засыпки делают также из двух слоев: нижний—сфагнум, верхний—земля.

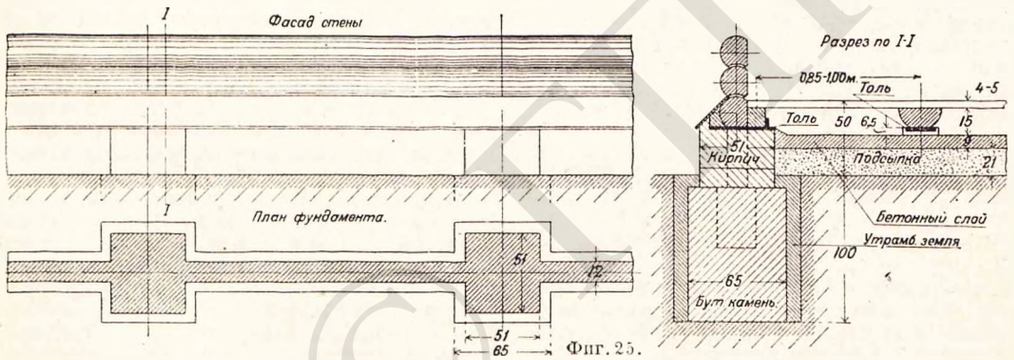


Фиг. 23.



Фиг. 24.

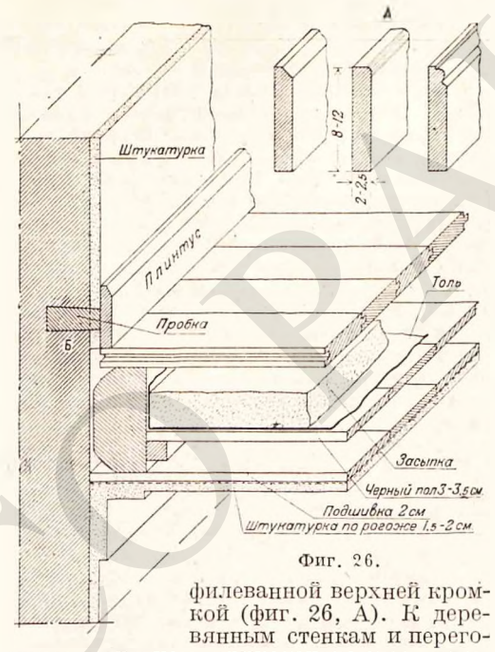
Полы на лагах. Для устройства пола на лагах в нижнем этаже предварительно необходимо удалить изнутри здания на 15—25 *см* верхний слой растительной земли, состоящий частью из мусора, щепы, перегноя и травы, способных загнивать и этим заражать полы и помещение. На местах вынутой земли в сухих почвах сначала делают подсыпку из хорошей земли и утрамбовывают ее, а затем наносят слой или из строительного мусора (без щепы) с плотной утрамбовкой или из тощего бетона (фиг. 23); в лагах для вентиляции вырубают прорези *к*, *к*. При сырых почвах делают слой только из бетона (не очень тощего) толщиной 8—12 *см* (фиг. 24). При более сырых грунтах нередко перед нанесением бетонного слоя на грунт укладывают слой глины и хорошо утрамбовывают, чтобы лучше изолировать подвал от сырости. По устроенному бетонному или из строительного мусора слою ставится ряд кирпичных столбиков высотою в 2—3 ряда на расстоянии друг от друга 0,85—1,00 и 1,20—1,40 *м* (фиг. 24). По столбикам укладывают лаги из получистых досок или из пластин, а по последним уже настилают чистый пол. При наличии бетонного слоя полы на лагах можно устраивать и без кирпичных столбиков, т. е. лаги уложить прямо на бетонный слой (фиг. 25). В последнем случае для лучшего проветривания подполья в лагах снизу нужно делать прорези. Следует заметить, что проветривание подполья является наиболее верным средством против загнивания полов и заражения их домовым грибом. Проветривание (вентилирование) достигается устройством в каменной стене вытяжки, соединенной с вентиляционным каналом *s* (фиг. 23), и устройством в полу в углах, противоположных вытяжке, небольших прорезей—отверстий, прикрытых металлич. решеточками. При отсутствии внутренних каменных стен устраиваются специальные вентиляционные каналы-стояки. На фиг. 26 представлен пол на лагах в деревянном здании.



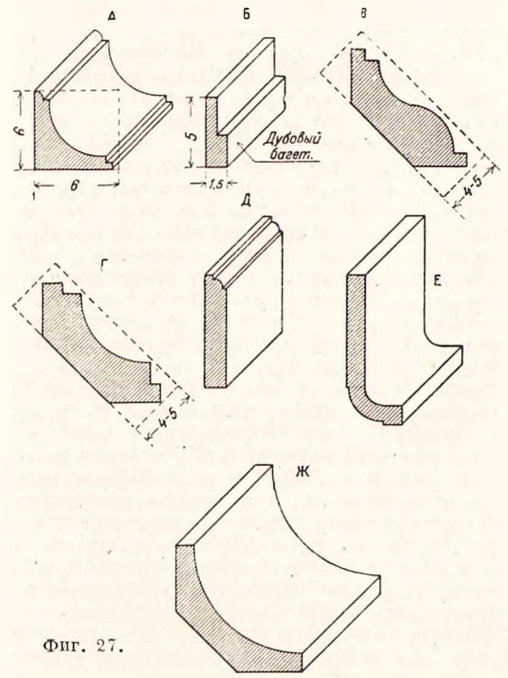
Фиг. 25.

Плинтусы и галтели для полов. Назначение плинтусов и галтелей—закрыть получающиеся щели между полом и стеною и предохранить штукатурку или обои от загрязнения при мытье полов, а также от механич. повреждений (удары) при перестановке мебели. Плинтус применяется в плотничных и фризовых полах, а

галтель—в паркетных. Плинтусом называется доска толщиной 2—2,5 *см* и шириной 8—12 *см*, поставленная на ребро, с профилеванной верхней кромкой (фиг. 26, А). К деревянным стенкам и перегородкам плинтусы приколачиваются непосредственно, а у каменных—к предварительно поставленным пробкам (фиг. 26, Б), к-рые



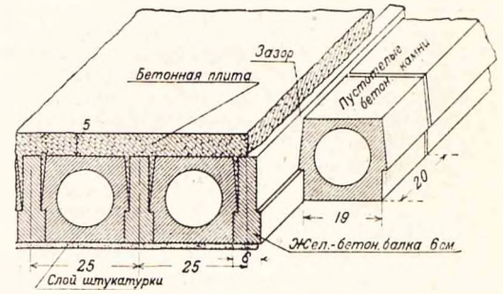
Фиг. 26.



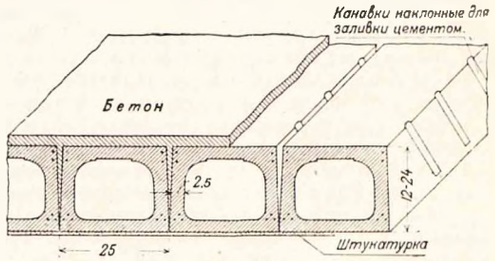
Фиг. 27.

заделываются в стены на гипсе, или к трапецевидным брускам; последние обыкновенно закладываются в стены при их кладке. При заложении в стены подобных пробок или брусков необходимо следить, чтобы они отстояли от дымоходов не ближе как на 25 *см*. Галтелью называется деревянный (сосновый или дубовый) багет, приготовляющийся с различными профилями из 6-*см* брусков (фиг. 27, А). Галтели можно приготовлять также и из 1,5-*см* (фиг. 27, Б) или 4—5-*см* досок (фиг. 27, В и Г), что однако не совсем практично, так как подобные галтели у полов не крепко держатся и легко раскалываются. В отличие от плинтусов галтели принято приколачивать прямо к полу. В несгораемых полах из цемента, мозаики и асфальта галтели и плинтусы вытягиваются из этих же материалов, в плиточных же делаются из специальных плиток (фиг. 27, Д, Е, Ж).

Железобетонные пустотелые потолки. Сплошные железобетонные потолки обладают большой звуко- и теплопроводностью. Для устранения этого недостатка сконструирован ряд перекрытий с включением пустотелых бетонных камней из шлако-, пемзо- и других легких бетонов. На фиг. 28 представлена конструкция пустотелого железобетонного потолка системы Хербста, состоящая из железобетонных балок, укладываемых на расстоянии 25 *см* одна от другой; пространство между балками заполняют пустотелыми камнями, а образовавшиеся промежутки заливают цементным раствором; сверх всего перекрытия наносят бетонную плиту толщиной 5 *см*, на которой



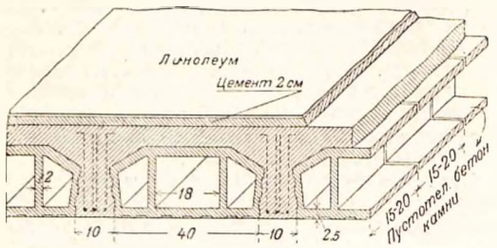
Фиг. 28.



Фиг. 29.

м. б. устроен любой пол; железобетонные балки делаются высотою 16—30 *см* в зависимости от величины пролета; толщина 6 *см*. Пустотелые камни изготовляются из шлака или пемзобетона с шероховатой боковой и нижней поверхностями для лучшего сцепления с балками и штукатуркой; размеры камня: длина 20 *см*, ширина 25 — 6 = 19 *см*, высота должна равняться высоте балки. На фиг. 29 представлен потолок, состоящий из пустотелых железобетонных балок сист. Зигварта; высота балок 12—24 *см*, ширина 25 *см*, толщина стенок 2,5 *см*, длина 2—7,5 *м*; на боковых гранях имеются наклонные канавки-желобки для заливки цементом, чтобы придать балкам связь между

собою. По уложенным балкам можно устраивать любой пол. На фиг. 30 представлено железобетонное ребристое перекрытие, в котором между ребрами и плитой заложены легкие пустотелые камни; камни располагаются заподлицо с нижними поверхностями ребер, чтобы образовать гладкую поверхность потолка. Устройство перекрытия несложно: сначала по опалубке укладывают пустотелые камни и арматуру для ребер, а затем наносят бетон.



Фиг. 30.

Глинобитные полы являются самыми простыми и дешевыми из огнестойких и применяются в кузницах, литейных, с.-х. постройках и т. п., а также нередко и в жилых крестьянских избах и хатах. Устройство их следующее: сначала снимают верхний растительный слой земли, а затем на выравненное и хорошо утрамбованное место (часто с втрамбованием щебня) наносят приготовленную густую глиняную массу ровным слоем в 10—15 *см* и тщательно утрамбовывают. Глинобитный пол достаточно прочен, малопроницаем для сырости и дешев; к недостаткам следует отнести: способность пучиться от мороза, размягчаемость от воды и способность плодить в трещинах пола насекомых (блохи и др.), особенно в жилых помещениях. Наибольшее применение глинобитные полы имеют в гумнах и конюшнях и делаются там толщиною до 25 *см*.

Полы из лещадных плит. Лещадью называется каменная плита (известняковых, песчаниковых, гранитных и других пород), площадью 50 × 50 *см* или 70 × 70 *см* и толщиною 5—8 *см*. Плиты применяются для выстилки тротуаров, а также и полов, где происходит большая ходьба. Каждая такая плита д. б. окантована (отесана) со всех четырех заусенков (вертикальные плоскости) и более чисто отесана с лица: нижняя же постель не обделывается. Лещадные плиты укладывают обыкновенно без перевязки швов прямыми или диагональными рядами по подготовке из песку или из строевого мусора. При последней подготовке подсыпают небольшой слой песку (5—6 *см*) или наносят слой 2—3 *см* из тощего известкового раствора, швы же между плитами заливают таким же раствором, а еще лучше цементным. Имеет распространение лещадный пол из плит с квадратными вкладышами, приготовленными из камней более твердых пород. Такие вкладыши в значительной степени уменьшают возможность поломки углов плит от случайных ударов, что часто наблюдается в предыдущих полах в местах соединения углов. Полы из лещадных плит весьма прочны, огнеупорны, хорошо сопротивляются истиранию, действию воды и мороза; устраиваются они преимущественно в подъездах, вестибюлях и реже на лестничных площадках. К недостаткам следует отнести: жесткость, большую теплопроводность (холодность) и большую тяжесть; последняя играет значительную роль при устройстве на лестничных площадках лещадных полов.

Кирпичные полы устраивают б. ч. из кирпича-железняка, который укладывают также по песчаной или из строительного мусора подготовке. Швы между кирпичами заполняют песком или заливают жидким раствором (последнее конечно лучше). При малой ходьбе кирпич укладывают плашмя прямыми или косыми рядами. При большой ходьбе полы следует выстилать кирпичом, уложенным на ребро прямыми рядами или в елку. Кирпичные полы дешевы, огнеупорны и достаточно хорошо сопротивляются действию воды и мороза. К недостаткам следует отнести: неровную поверхность, жесткость и довольно быстрое и неравномерное изнашивание. **С. Герольский.**

Лит.: см. *Стены, Двери, Окна.*

ПОЛЮС в математике, 1) в теории функций комплексного переменного — точка (значение независимого переменного), в к-рой означенная функция обращается в бесконечность. 2) В геометрии: а) начало полярных координат (см. *Координаты*); б) точка в плоскости кривой второго порядка, относительно к-рой определяется поляра (см. *Конические сечения*); аналогично—для поверхности 2-го порядка (см. *Поверхности 2-го порядка*).

П. в геодезии и астрономии — точка пересечения оси вращения земли с поверхностью геоида.

П. магнитный, см. *Магнетизм*.

ПОЛЯ ОРОШЕНИЯ, поля, орошаемые *сточными водами* (см.). П. о., устроенные на подходящих почвах, при правильном за ними санитарно-технич. надзоре представляют вполне надежное сооружение для обезвреживания фекально-хозяйственных и многих промышленных сточных вод до наивысших норм очистки, предъявляемых современной гигиеной. Несмотря на широкое применение для очистки сточных вод искусственных биологич. методов, все-таки еще много голосов остается на стороне П. о. Действительно, на П. о. посылается сточная вода со всеми находящимися в ней взвешенными и растворенными органич. примесями, где и происходит обезвреживание их, тогда как на биологич. окислителях может очищаться жидкость только после освобождения из нее взвешенных примесей в особых подготовительных приборах. В последних взвешенные примеси только частично разрушаются и потому нуждаются в удалении их на особые иловые площадки для подсушивания и дальнейшего использования как удобрительных туков. Это обстоятельство повидимому и составляет ту главную причину, почему на стороне П. о. остается еще много сторонников.

Производительность П. о. зависит от характера почвы и умелого чередования периодов напуска и отдыха. Чрезвычайно высокую производительность дают песчаные почвы. Однако крупный песок не вполне удобен, т. к. через такую почву сточная вода может профильтровываться механически и остаться частью неочищенной. Песок средней крупности 0,25—1 *мм*, суглинок и супесок считаются наиболее подходящими почвами для П. о. Содержание гравия, хряща и подобных пород в почве повидимому не только не ухудшает, но даже улучшает работу П. о. Глина менее благоприятна для работы П. о. Торфяная почва мало пригодна для устройства П. о., потому что она слишком влагоемка, слабо пропускает в себя воздух и вызывает поэтому анаэробные процессы. Площадь, необходимая для обезвреживания сточных вод, исчисляется по количеству этих вод, по качеству грунта полей и сообразно с климатом. Практически принимают, что для обезвреживания 12 *м*³ (1 000 вед.) сточных вод в сутки при хорошей почве требуется действительно орошаемая поверхность П. о. в 1 000—1 500 *м*², при средней почве 4 500—1 500 *м*² и при плохой 12 000—4 500 *м*². К вычисленной площади надо прибавить еще на откосы, канавы, валы и проч. при больших площадях 15—20%, а при малых—30—40%. В некоторых случаях П. о. займут еще большую площадь, потому что часть земли данного участка по непригодности или по каким-либо другим причинам остается неиспользованной. При устройстве П. о. приходится выделывать отдельно зимние и летние участки. Каждый участок планируется под горизонтальную плоскость. При устройстве П. о. для больниц, ф-к или поселков обыкновенно зимние поля разбиваются на 2—3 участка, а летние на 8, из которых 7 участков заливаются по очереди ежедневно, а 8-й—остается в запасе. Зимние и летние участки полей разделяются между собою невысокими валиками высотою 0,5 *м* и выше. По валикам проходят желоба, к-рые выделываются из просмоленных досок, с уклоном примерно 0,005. Сточная вода подводится к наивысшей точке участка и от нее самотеком распределяется по всем отдельным участкам. Для ограждения полей от ливневых и вешних вод с нагорной стороны делаются отводные канавы.

Чрезвычайно важную часть П. о. составляет дренаж, служащий для отвода из почвы обезвреженных вод и для поступления в почву свежего атмосферного воздуха. Дренажные трубы выделываются из гончарной глины, хорошо обжигаются, но не глазируются. Наиболее употребительный тип дренажных труб имеет диам. 75 и 100 *мм*. Трубы укладываются на глубину промерзания грунта—примерно 2—3 *м* ниже поверхности земли; уклон обычно делается 0,0025. Стыки труб обкладываются мхом или подобным проницаемым материалом. Труба сперва засыпается щебнем слоем в 200 *мм*, а затем покрывается войлоком и потом уже вынутым грунтом. Расстояние между трубами 5 — 10 *м*. Нижние концы дренажных труб входят в сборную трубу, к-рая и выводит воды в отводную канаву. В верхние части дренажной трубы полезно вывести сверх поверхности гончарную трубу диам. 150 *мм* в виде колонки для обмена воздуха в дренаже. П. о. обыкновенно используются как орошаемые луга или же обрабатываются грядами под культуру корнеплодов.

Люберецкие поля московской канализации имеют ок. 43 *га* лугов. В нек-рые годы удавалось произвести до 4 укосов. Когда сушка производилась на самих участках, то бывало лишь 2 укоса, иногда 3. Вообще сушка травы на участках представляет собой чрезвычайно неблагоприятную задачу как в смысле трудности самого процесса сушки на площадях, ограниченных со всех сторон валиками, не допускающими свободной циркуляции воздуха, так и в силу чрезвычайно жирной и обильной зеленой массы. Роль лугов на полях—восстановить зернистое строение почвы и придать ей порозность ежегодно отмирающей корневой массой. Особенно велико значение лугов на полях в весеннее время, когда все участки после зимнего орошения должны быть на долгое время (до 1,5 мес.) исключены из орошения для просушки и обработки. В это время луговые участки являются единственными прекрасными и неизбежными регулирующими бассейнами. Второе место по своей целесообразности в эксплоатации люберецких полей орошения занимала культура корнеплодов и из них—кормовой свеклы. Самым выгодным применением свеклы является переработка ее на молочной ферме в молоко. Капуста есть растение, безусловно относящееся наиболее благодарно к орошению полей сточными водами, и культура ее на люберецких полях в 1921—22 гг. занимала ок. 27 *га*. Культура картофеля плохо совмещается с целями орошения. Люберецкие поля дают высокий эффект очистки; дренажные воды из-под полей, выпущенные в ближайшую речку, не нарушают ее естественного состояния, что подтверждается химич. и бактериологич. анализами. Не может быть двух мнений о выгодности молочного хозяйства при возможности получать на орошаемых канализационными водами землях необычайные урожаи корнеплодов, сена и других объемистых кормов. На П. о. московской канализации дала хорошие результаты культура ивы и тополя. Заслуживает также внимания промышленное огородничество на одесских полях орошения, устроенных в местности, называемой Пересыпью. Почва Пересыпи состоит из кварцевого песка и раковин моллюсков и является как нельзя более подходящей для целей орошения, т. к. вода почти не задерживается на ее поверхности. Удаление городских нечистот—весьма важный и трудно разрешимый вопрос для каждого б. или м. населенного пункта—разрешился для Одессы блестящим образом: бесплодная Пересыпь стала приносить доход городу, погашая к тому же расходы, связанные с удалением нечистот. Находящиеся на П. о. огороды и культурные участки м. б. разделены по интенсивности орошения на 2 категории—на участки, орошаемые регулярно, и на т. н. сухие участки, орошение к-рых носит случайный характер и происходит в предпраздничные дни, во время дождливой погоды, зимою, когда получается избыток воды. Период между осенью и весною идет на подготовку почвы или внесение унавоживания или периодич. заливание участка клоачною водою, примерно через каждые 3 дня. Весною делается вспашка и устройство гряд. Гряды делаются 2 типов, смотря по характеру овощей. Так, для салата, шпината, петрушки, моркови, ранней белокочанной капусты, раннего стручкового перца—делаются одного типа гряды, а для томата, баклажанов, болгарского лука, поздней

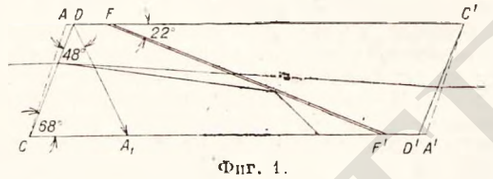
белокочанной капусты, лука-порея, свеклы и картофеля—делаются другого типа гряды. На сухих огородах разводятся огурцы, картофель, горох и фасоль.

Стоимость П. о. зависит от количества земляных работ и др. местных условий. Можно примерно считать, что 1 $м^2$ действительно орошаемой поверхности может обойтись от 30 к. до 1 р. 50 к., не считая стоимости земли. Стоимость содержания П. о. в течение года обходится 3—5 р. за 1 $м^2$ действительно орошаемой поверхности, не считая аренды за землю, если таковая существует. По данным люберецких П. о. полная стоимость на 1 *га* слагается из следующих расходов: устройство осушительных канав 1743 р.; земляные работы по планированию 1 468 р.; прокладка дренажа 1 559 р.; насыпка дороги и мосты 826 р.; устройство разводных канав 1 284 р. Всего 6 880 р., или ок. 68 коп. на 1 $м^2$.

Лит.: Данилов Ф. А., Очистка сточных вод лечебниц, санаторий и подобных учреждений, Ярославль, 1912; Кичунов Н. И., Промышленное огородничество под г. Одессою, П., 1911; Бессонов П. С., Величкин П. М. и Савостьянов П. С., Люберецкие поля фильтрации за первые 10 лет их работы (1914—25 гг.), «Труды совещания по очистке сточных вод, состоящего при Управлении канализации МКХ», М., 1928, вып. 9. **В. Дроздов.**

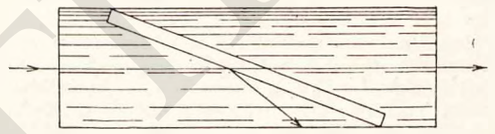
ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ, оптич. системы, в которых применяются и имеют существенное значение свойства поляризованного света (см. *Поляризация света*); они весьма многочисленны и разнообразны. П. п. могут быть названы различные виды фотометров и спектрофотометров, поляриметры и сахариметры, поляризационные микроскопы, некоторые колориметры, нефелометры и приборы для смешения цветов; существуют поляризационные оптические пирометры и дальномеры; П. п. применяют для исследования упругих деформаций в прозрачных телах, в агрегатах для телевидения и говорящего кино, для целей секретной оптич. телеграфии в военном деле и пр. Нек-рые из этих П. п. описаны в специальных статьях Т. Э., здесь изложена конструкция основных частей, входящих в том или ином виде в оптич. систему каждого П. п. Наличие этих частей в различных сочетаниях и является практич. признаком П. п. Свет, входящий в П. п., д. б. уже поляризованным или поляризуется в самом приборе. Для этой цели применяют т. н. п о л я р и з а т о р ы, которые могут быть осуществлены различным образом (см. ниже). Состояние поляризации света, выходящего из П. п., исследуется при помощи а н а л и з а т о р а, устройство к-рого м. б. также различным. Помимо поляризаторов и анализаторов в П. п. иногда помещают и другие поляризационные части, гл. обр. двоякопреломляющие пластинки и призмы и *компенсаторы* (см.). Одни и те же части могут служить (по крайней мере принципиально) как поляризаторы или анализаторы или применяться в качестве промежуточных частей.

1. К р и с т а л л и ч е с к и е п о л я р и з а ц и о н н ы е п р и з м ы, выделяющие линейно поляризованный свет. Для получения линейно поляризованного света в большинстве случаев удобнее всего воспользоваться поляризацией при двойном преломлении в кристаллах: компоненты двойного преломления поляризованы полностью, прохождение света через кристалл сопровождается относительно малыми потерями в интенсивности; оперировать с проходящим пучком света в приборах по конструктивным соображениям значительно удобнее, чем с отраженным. Однако для применения кристалла в качестве линейного поляризатора или анализатора необходимо устранить один из лучей двойного лучепреломления, так как смешивающиеся лучи поляризованы в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Такое устранение одного из лучей в естественных условиях имеет место в поглощающих кристаллах (см. *Дихроизм*), например в турмалине, широко применяющемся в простейших П. п.; пластинки нек-рых зеленых разновидностей турмалина пропускают практически только один луч при толщинах в 1 *мм*; нек-рые разновидности андалузита при незначительных толщах гасят почти полностью один из компонентов синих лучей и пропускают без ослабления другой и т. д. Недостатками дихроичных кристаллов в качестве поляризаторов являются весьма значительное в общем случае ослабление пропущенного света, не совсем полная поляризация и окраска. Поэтому дихроичные кристаллы применяют гл. обр. в П. п., предназначенных для качественных наблюдений. Для искусственного устранения одного из лучей двойного преломления в кристаллах пользуются почти исключительно принципом, предложенным и осуществленным Николем. Если распилить кристалл (фиг. 1) и затем



Фиг. 1.

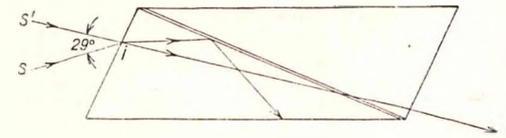
склеить его снова веществом с подходящим показателем преломления, то при соответствующем подборе 1) плоскости распила, 2) показателя преломления клея и 3) пределов углов падения для лучей, входящих в кристалл, можно достигнуть того, что один из лучей двойного преломления будет испытывать полное внутреннее отражение при переходе из кристалла в клей, другой же луч пройдет дальше через клей и кристалл наружу. Принцип конструкции Николя м. б. обращен. Если тонкую кристаллическую пластинку (фиг. 2), вырезанную подходящим



Фиг. 2.

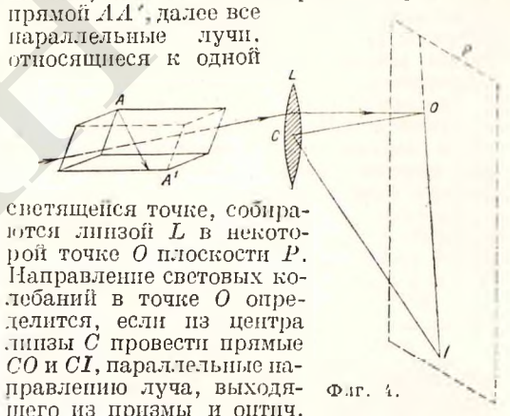
образом, поместить в плоскопараллельную кювету, наполненную жидкостью с подобранным для данной цели показателем преломления n, то можно достигнуть того, что через пластинку кристалла пройдет только один луч, второй луч испытает полное внутреннее отражение (Жамен, Фейссенер, Брес). Системы последнего типа не получили широкого распространения, наоборот, на первоначальном принципе Николя построены почти все существующие типы поляризационных призм.

П р и з м а Н и к о л я в ее первоначальном виде устроена след. обр. (фиг. 1). Материалом, как и для большинства других видов П. п., служит и с л а н д с к и й ш п а т. В удлиненном ромбоэдре естественного кристалла грани AC и $A'C'$ образуют с ребром AC' угол в 71°. Эти грани сначала сошлифовываются т. о., что угол наклона уменьшается до 68°, и оптич. ось AA_1 образует с лобовыми гранями CD и $D'C'$ угол в 48°. Кристалл распиливается далее по плоскости FF', перпендикулярной к указанным лобовым граням и к плоскости главного сечения. Распиленные части снова склеиваются тонким слоем канадского бальзама. Угол плоскости распила с боковыми ребрами составляет 22°. Длина кристалла наиболее экономным образом выбирается так, чтобы распил проходил через вершины D и D', в этом случае $\frac{CD'}{CD}=2{,}6$. Для лучей, падающих на призму Николя параллельно боковым ребрам, обыкновенный луч ($n_o=1{,}658$ для $\lambda=589$ $m\mu$) претерпевает полное внутреннее отражение на границе с бальзамом ($n\cong 1{,}55$), необыкновенный луч, имеющий в данном случае $n_e=1{,}52$, слабо отражается на границе кристалла с бальзамом и большей частью проходит через слой бальзама и выходит из призмы. Отраженный обыкновенный луч для правильного действия призмы должен в возможно большей степени поглотиться на боковых гранях кристалла, для чего последние покрываются черным лаком, приготовленным на веществе с $n=1{,}658$, во избежание заметного обратного отражения обыкновенного луча. Призма Николя (или н и к о л ь) действует как поляризатор только для ограниченного конуса падающих лучей, непараллельных боковым ребрам. В плоскости главного сечения (фиг. 3) только



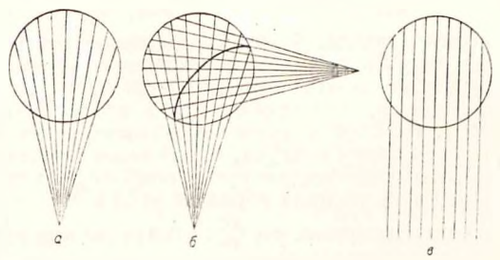
Фиг. 3.

для лучей, падающих внутри угла $S'IS=29°$, николь будет функционировать как поляризатор. Все лучи, падающие в точке I ниже SI, совсем не будут выходить из призмы; все лучи, падающие в I выше $S'I$, будут выходить неполяризованными. Угол $S'IS$, расположенный приблизительно симметрично относительно направления, параллельного боковым ребрам призмы, называется п о л е м з р е н и я п р и з м ы. Недостатками николя являются: 1) смещение лучей вследствие того, что лобовые грани сильно наклонены по отношению к боковым ребрам и выходящий луч—необыкновенный; при вращении николя пучок выходящих лучей вращается эксцентрично; 2) необходимость удлиненных кристаллов, требующих большого расхода ценного материала—оптически чистого исландского шпата; 3) ограниченность поля зрения; 4) косое положение оптич. оси относительно боковых ребер призмы. Последнее обстоятельство вызывает отсутствие полного потемнения поля зрения при рассматривании источника света конечных размеров через два скрещенных николя. Пусть световой луч, относящийся к параллельному пучку (фиг. 4), падает на николь, оптическая ось к-рого изображается прямой AA', далее все параллельные лучи, относящиеся к одной



Фиг. 4.

светящейся точке, собираются линзой L в некоторой точке O плоскости P. Направление световых колебаний в точке O определится, если из центра линзы C провести прямые CO и CI, параллельные направлению луча, выходящего из призмы и оптич. ось. Колебания необыкновенного луча происходят в плоскости главного сечения, поэтому плоскость COI и будет плоскостью колебаний в точке O. Для всякой другой светящейся точки изображение получится в другом месте плоскости P, и следовательно плоскость колебания будет несколько повернута. Для всех точек, лежащих в плоскости изображения P на прямой OI и ее продолжении, колебания очевидно будут направлены одинаково; эти направления составляют т. о. гомоцентрич. пучок прямых, сходящихся в I (фиг. 5, а). Если источник конечных размеров рассматривается через два скрещенных николя, характеризуемых одинаковыми гомоцентрич. пучками (фиг. 5, б), то полное затемнение получится только в тех местах, где прямые гомоцентрич. пучков пересекаются под прямым углом, в остальных местах будет полутень (черная полоса Ландольта—Линниха). Только в том случае, если точка I (фиг. 4) уйдет в бесконечность, т. е. оптич. ось будет перпендикулярной к боковым граням, гомоцентрич. пучок обратится в параллельный (фиг. 5, в) и скрещенные поляризационные призмы будут давать практически почти полное затемнение (призмы с нормальным полем). Существует большое число поляризационных призм из исландского шпата,

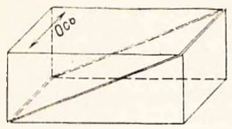


Фиг. 5.

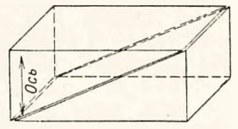
построенных на принципе полного внутреннего отражения, в к-рых указанные недостатки призмы Николя устраняются в большей или меньшей степени.

Шульц дает нижеследующую классификацию значительного числа поляризационных призм. А. Оптическая ось перпендикулярна к

плоскости, проходящей через боковые ребра призмы и перпендикулярной к плоскости распила (фиг. 6). В. Оптич. ось лежит в плоскости, проходящей через боковое ребро призмы и перпендикулярной к поверхности распила: a) лобовые грани наклонены к боковым ребрам (фиг. 1); b) лобовые грани перпендикулярны боковым ребрам (фиг. 7). С. Оптическая ось расположена иначе, чем в группе А и В. К призмам группы А относятся весьма совершенные поляризационные призмы Томсона, Глана и Глазебрука. В первоначальной призме В. Томсона ось

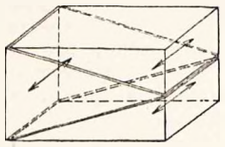


Фиг. 6.

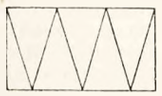


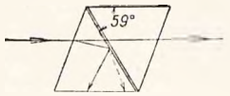
Фиг. 7.

находилась в плоскости распила, но лобовые грани, как и в николе, оставались скошенными. Такие призмы, дающие почти полное затемнение, в скрещенном положении смещают, как и николь, параллельные лучи. В призмах Глана, находящих широкое применение в окулярных вращающихся частях П. п., лобовые грани перпендикулярны к боковым ребрам (фиг. 6). В первоначальной призме Глана вместо канадского бальзама находился тонкий слой воздуха (в о з д у ш н а я п р и з м а). В призме Глазебрука распиленный кристалл склеен канадским бальзамом или льняным маслом. Для работы с широкими световыми пучками Аренс


Фиг. 8.

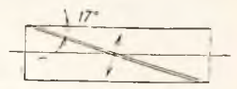
конструировал сложную тройную призму (фиг. 8), являющуюся по существу двумя склеенными призмами Глазебрука. Галле предлагает и дальнейшее усложнение этой призмы по принципу Аренса (фиг. 9). К группе В, a относится призма Николя и ее разнообразные вариации: укороченные николи, николи с квадратным поперечным сечением (Галле) и пр. К этой же группе от-


Фиг. 9.



Фиг. 10.

носится призма Фуко, предназначаемая для тех случаев, когда желательно использовать широкий, почти параллельный пучок лучей (напр. при проекции). В этой призме (фиг. 10) слой канадского бальзама заменен тонким слоем воздуха, и лобовыми гранями служат естественные грани ромбоэдра. Если плоскость распила образует угол в 59° с боковыми ребрами, то $\frac{AC}{AC'} = 0{,}9$, т. е. при том же отверстии призма Фуко втрое короче николя. Поэтому призма Фуко сравнительно дешева и может изготовляться с отверстиями громадных размеров (10—100 *см*²). К группе В, b относятся николи с нормальными лобовыми гранями, не представляющие однако существенных преимуществ; смещение выходящего луча остается и в этих призмах, поскольку наружу выходит необыкновенный луч. К этой же группе принадлежит более совершенная призма Гассерта и Гартнака-Празмовского (фиг. 11). Призма имеет нормальные лобовые грани и склеена льняным маслом, показатель преломления которого равен наименьшему (г л а в н о м у) показателю преломления необыкновенного луча; оптич. ось располагается нормально к плоскости распила. Преимущество призм этого типа—большое поле зрения. При угле наклона плоскости распила в 17° и длине призмы в 3,4 раза большей ширины поле зрения достигает 35°. Группе С соответствует призма, предложенная Риттером и Франком. По конструкции она похожа на призмы Глана и Глазебрука, с тем отличием однако, что плоскость распила не связана с определенным положением оптической оси: последняя лежит в плоскости нормальных лобовых поверхностей. Фейснер приводит следующую таблицу, характеризующую свойства различных призм: φ—поле зрения, α—угол, образуемый плоскостью распила с боковым ребром, r—отношение длины призмы к поперечной ширине.



Фиг. 11.

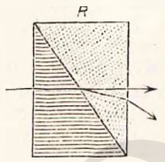
Характеристики различных призм.

№	Форма призмы	$\varphi°$	$\alpha°$	r
1	Призма Николя	29	22	3,28
2	Укороченная призма Николя:			
	a) склеенная канадским бальзамом	13	25	2,83
	b) склеенная копайским бальзамом	24	25	2,83
3	Призма Николя с нормальными лобовыми поверхностями:			
	a) канадский бальзам	20	15	3,73
	b) клей с $n=1{,}525$	27	15	3,75
4	Призма Фуко	8	40	1,53
5	Призма Гартнака-Празмовского:			
	a) первоначальная	35	15,9	3,51
	b) с бо́льшим полем зрения	41,9	13,9	4,04
	c) поле зрения 30°	30	17,4	3,19
	d) поле зрения 20°	20	20,3	2,70
6	Призма Глана	7,9	50,3	0,83
7	Призма Глазебрука:			
	a) склеенная канадским бальзамом	35	12,1	4,65
	b) склеенная льняным маслом	42	14,0	4,02

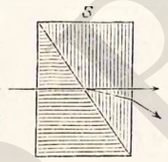
Наряду с исландским шпатом для изготовления поляризационных приборов иногда применяют кристаллы натронной селитры, обладающей двойным преломлением, еще бо́льшим, чем у шпата. Применение тех или иных форм призм в П. п. определяется в известной мере рыночной стоимостью призм. Большие оптически чистые кристаллы исландского шпата редки и очень дороги, с другой стороны, поляризационные призмы с естественными гранями проще обрабатываются, чем призмы с нормальными гранями, и ценятся значительно дешевле. Для точных П. п. (напр. поляриметров) почти исключительно применяют призмы типа Глана и Глазебрука; они же ставятся в тех случаях, когда призмы должны вращаться (напр. в окулярах многих П. п.). Для целей проекции весьма удобны призмы Фуко и призмы типа Аренса, последние однако трудны для изготовления. В тех случаях, когда необходимо работать с ультрафиолетовыми лучами, применяются воздушные призмы, т. е.

призмы с воздушной прослойкой (Фуко, Глан), т. к. канадский бальзам даже в тонких слоях практически нацело поглощает ультрафиолетовые лучи, начиная приблизительно с 350 $m\mu$. О специальных призмах для поляриметров см. *Поляриметры*.

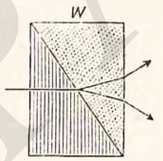
Д в о я к о п р е л о м л я ю щ и е к р и с т а л л и ч е с к и е п р и з м ы. Наряду с призмами, пропускающими только один поляризованный луч, применяются также двойного преломления призмы, в которых два луча расходятся на значительный угол и м. б. посредством диафрагм легко отделены один от другого. Призма Рошона (фиг. 12) со-



Фиг. 12.

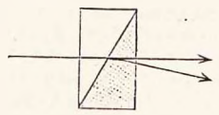


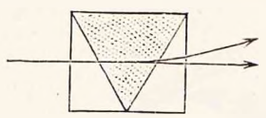
Фиг. 13.



Фиг. 14.

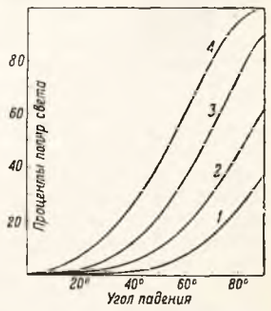
стоит из двух прямоугольных призм из исландского шпата, соединенных канадским бальзамом (бальзам служит здесь только для склеивания). В первой призме оптическая ось перпендикулярна лобовой поверхности, во второй—параллельна лобовой поверхности и плоскости склейки. Обыкновенный луч выходит без изменения направления, необыкновенный—отклоняется на угол, зависящий от преломляющего угла. В призме Сенармона (фиг. 13), действующей подобно призме Рошона, оптические оси в двух склеенных призмах направлены по линии штриховки на фиг. 13. В призме Волластона (фиг. 14) в обеих склеенных призмах оптич. оси параллельны лобовым поверхностям, но в выходной призме оптич. ось параллельна плоскости склейки. Оба луча при выходе отклоняются. Наряду с этими призмами, изготовленными целиком из исландского шпата (или иногда из кварца), применяются также комбинированные призмы из стекла и кристалла. На фиг. 15 изображена призма из кронгласа и стекла, действующая подобно призме Рошона, на фиг. 16—тройная призма Аббе, в к-рой призма из исландского шпата с преломляющим углом в 60° заключена между двумя стеклянными призмами. Обе эти призмы, как и призмы Волластона, имеют недостаток хроматизма, т. к. углы отклонения зависят от длины волны. В призмах


Фиг. 15.

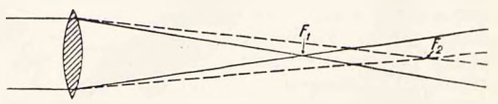

Фиг. 16.

Рошона и Сенармона обыкновенный, не отклоняющийся луч—ахроматичен. Призма Волластона имеет широкое применение в различных фотометрах и спектрофотометрах, где приходится сравнивать яркость двух полей, освещенных светом, поляризованным в двух взаимно перпендикулярн. плоскостях. Все указанные призмы функционируют правильно только при параллельных пучках, отвесно падающих на входную поверхность.

2. Д р у г и е в и д ы л и н е й н ы х п о л я р и з а т о р о в и а н а л и з а т о р о в. Свет поляризуется теоретически нацело при правильном отражении под углом Брюстера, удовлетворяющим ф-ле $\operatorname{tg}\varphi = n$ (см. *Отражение света*). Практически однако свет, отраженный под этим углом, поляризован слегка эллиптически. Интенсивность света, отраженного под углом Брюстера, очень мала (для $n=1{,}5$ она составляет 7,4% падающего света, для $n=2{,}0$ составляет 18,0%). Кроме того по конструктивным соображениям пользоваться отраженным светом неудобно. Поэтому отражательные поляризаторы применяются только в простейших П. п. для целей демонстраций и в тех случаях, когда требуется поляризация (хотя бы неполная) очень широких пучков света (напр. в приборах для оптич. изучения упругих деформаций больших прозрачных моделей). Для устранения света, отраженного от второй поверхности поляризующей пластинки, вторая поверхность покрывается черным лаком или применяется черное стекло. Свет поляризуется также при преломлении, но не полностью (см. *Отражение света*). Для увеличения степени поляризации применяется несколько стеклянных пластинок (с т о п а). При падении лучей на стопу под углом Брюстера при $n=1{,}5$ требуется семь параллельных пластинок для получения поляризации на 95%. На фиг. 17 даны кривые, показывающие степень поляризации света, прошедшего через 1, 2, 3, 4 пластинки в зависимости от угла падения. В измерительных П. п. стеклянные стопы применяются для деполяризации света в определенное число раз (см. *Полярископ*). Неоднократно предлагались, но не нашли широкого применения линейные поляризаторы в виде кристаллич.

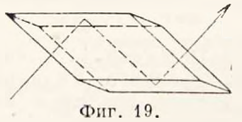


Фиг. 17.



Фиг. 18.

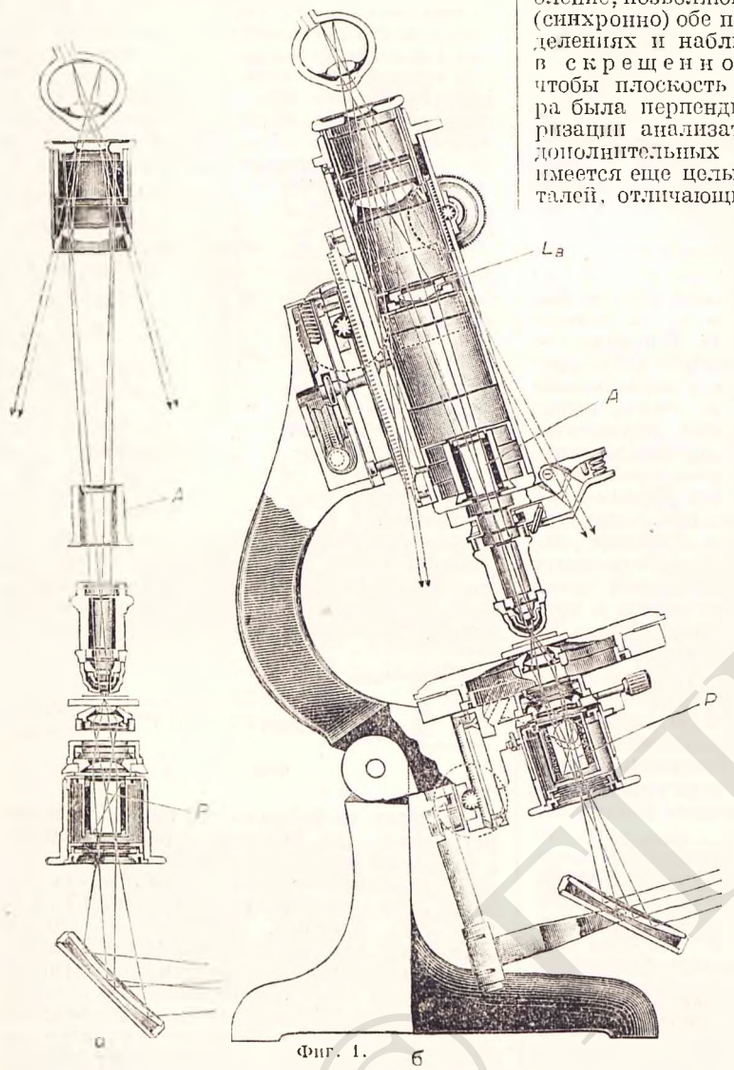
линз. Если из исландского шпата приготовить линзу, ось которой перпендикулярна к оптич. оси кристалла, то фокусные расстояния для обыкновенного и необыкновенного лучей будут находиться в отношении 1 : 1,35 (фиг. 18), поэтому, применяя кольцевую диафрагму или круглый маленький экран, можно выделить определенным образом поляризованный свет. Для получения и анализа эллиптически и по кругу поляризованного света применяются по преимуществу двоякопреломляющие кристаллические пластинки (см. *Компенсаторы*). Эллиптич. поляризация при полном внутреннем отражении (см. *Отражение света*) применена Френелем для построения кругового поляризатора (фиг. 19). Если световой луч, линейно поляризован-


Фиг. 19.

ный под углом 45° к плоскости падения, падает под углом 48°37′ на стеклянный параллелепипед (n=1,51), то после двукратного отражения из параллелепипеда Френеля выходит луч, поляризованный по кругу.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v.W.Wien u. F. Harms, B. 18, Lpz., 1928; Bruhat G., Traité de polarimétrie, P., 1930; Halle B., Handbuch d. praktischen Optik, B.—Nikolassee, 1921; Mascart E., Traité d'optique, P., 1893; Bouasse H., Optique cristalline, P., 1925; Schulz H. u. Gleichen A., Die Polarisationsapparate u. ihre Verwendung, Stg., 1919; Grosse W., Die gebrauchlichen Polarisationsprismen, Klausthal. 1889. **С. Вавилов.**

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ МИКРОСКОП, *микроскоп* (см.), снабженный приспособлениями, позволяющими наблюдать в поляризованном свете кристаллич. тела и др. объекты.

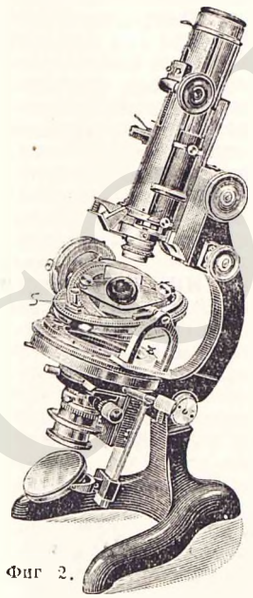


Фиг. 1.

Существенным отличием П. м. (фиг. 1) от обыкновенного, или биологического, является помещенная под предметным столиком поляризующая призма, или поляризатор *P* (см. *Поляризационные приборы*), который дает линейно поляризованную волну, падающую на объект, помещенный на предметном столике. Свет, прошедший через предмет, рассматривается через другую поляризующую призму—анализатор *A*. Последний м. б. расположен двояким способом: или непосредственно над объективом или над окуляром. Более удобным для работы способом является первый, позволяющий получить большое поле зрения, при этом анализатор м. б. легко вводим в оптич. систему микроскопа или выводим из нее простым вдвиганием или выдвиганием из тубуса микроскопа. Поляризатор и анализатор закрепляют с таким расчетом, чтобы хотя один из них можно было поворачивать относительно другого. В более простых моделях поворачивается нижняя призма, в более совершенных—обе. В некоторых специальных моделях существует приспособление, позволяющее вращать одновременно (синхронно) обе призмы. При обычных определениях и наблюдениях призмы ставятся в скрещенное положение, т. е. так, чтобы плоскость поляризации поляризатора была перпендикулярна плоскости поляризации анализатора. Кроме этих главных дополнительных приспособлений в П. м. имеется еще целый ряд конструктивных деталей, отличающих его от биологического.

Предметный столик сконструирован так, чтобы его можно было поворачивать вокруг вертикальной оси. Угол поворота м. б. измерен по лимбу столика и нониусу с точностью до 1°, а иногда и до 0,1°. Для более плавного вращения по модели последних конструкций фирмы Лейтц столик устроен на шарикоподшипниках. В этом случае к столику присоединено тормозящее приспособление. Почти на всех современных моделях средняя часть столика выпилена в виде кольца и м. б. удалена в случае применения т. н. «столика Федорова» (фиг. 2, *S*)—прибора, позволяющего делать целый ряд важных количественных наблюдений над изучаемой кристаллической пластинкой. Предметный столик снабжается или простыми пружинными зажимами для закрепления объекта или последний м. б. помещен на специальном подвижном приспособлении (столике), позволяющем планомерно передвигать объект в поле зрения и измерять размеры кристаллов с точностью до 0,1 *мм*. Самый объект исследования обычно берется в виде тонкой пластинки (ок. 0,03 *мм* толщины), закрепленной на предметном стекле помощью канадского бальзама и закрытой сверху тонким покровным стеклом. Такой препарат носит название шлифа. Свет, прошедший через шлиф, попадает в объектив, устроенный так же, как и объективы обычных микроскопов. При каждом поляризационном микроскопе имеется набор объективов, дающих разные увеличения, причем их нумерация ведется от самого слабого. В случае необходимости применить очень сильные увеличения (750 раз и больше) применяют иммерсионные системы (см. *Микроскоп*).

Прикрепление объектива к тубусу в П. м. различных фирм осуществляется по-разному. Одни фирмы (например Winkel-Zeiss) применяют обычные револьверные системы, другие же, а таких большинство, предпочитают индивидуальное прикрепление объектива при помощи щипцов с пружинкой. Есть и иные системы. К объективу в П. м. предъявляется кроме обычных требований еще два: 1) объектив д. б. по возможности лишен поляризационного эффекта, который происходит от натяжений в его стеклах; 2) объектив д. б. так включен в общую систему П. м., чтобы его оптическая ось совпадала с осью вращения столика. Для достижения этого приходится вводить нек-рую дополнительную операцию при подготовке П. м. к работе, называемую центрировкой. Центрирование достигается легким наклонением объектива при помощи двух винтов, расположенных так, что они могут давить на оправу объектива. Располагаются винты так, что их направление взаимно перпендикулярно и или совпадает с плоскостью симметрии П. м. или расположено к ней под углом в 45°. Выше объектива помещается верхняя призма *A* (фиг. 1) (анализатор). Она устроена т. о., что м. б. или включена в оптич. систему П. м. или выключена путем выталкивания ее из тубуса вместе с оправой. В более простых моделях верхняя призма не имеет вращательного движения, в более сложных же она может поворачиваться помощью рычажка, так что положение ее главного сечения может изменяться по отношению к нижней призме. Выше анализатора имеется в тубусе П. м. прорезь, в к-рую может вводиться дополнительная линза *Lв*, называемая линзою Бертрана. Последняя обычно снабжена диафрагмой и вместе с окуляром составляет слабо увеличивающую сложную лупу. Линза Бертрана подобно верхней призме м. б. легко введена или выведена из общей системы микроскопа. Сверху в тубус могут вкладываться различные окуляры. Нек-рые из них снабжены крестом нитей для производства количественных измерений. Верхняя линза окуляра делается выдвижной, так что крест нитей м. б. сфокусирован на ясное видение. Кроме креста нитей в специальных окулярах вводится микрометренная шкала для измерения линейных размеров изучаемых объектов или планиметрич. шкала (сетка) для измерения площадей. В нек-рых специальных случаях приходится пользоваться т. н. накладным анализатором, накладываемым поверх окуляра; тубус-анализатор при этом д. б. выключен.


Фиг 2.

Ко всякому П. м. прилагаются 2 или 3 пластинки (см. *Компенсаторы*). Эти пластинки служат для определения оптич. характера исследуемого кристалла, знака его главной зоны или удлинения, для приблизительного определения разности хода, даваемой кристаллом, а также для обнаружения очень слабого двупреломления. Одна из компенсационных пластинок изготовляется из пластинки белой слюды с таким расчетом, что компенсатор дает разность хода лучей, равную $^1/_4\ \lambda$; при этом пластинка ориентируется так, чтобы в том направлении, в к-ром она вводится в микроскоп, располагались главные направления слюдяной пластинки. Такая пластинка носит название «$^1/_4$ волны», или слюдяного компенсатора. Другой компенсатор такого же внешнего вида изготовляется из спайной пластинки гипса. Он вырезывается такой толщины, чтобы дать поляризационную окраску (см. *Поляризация света*) на границе красного и синего. Разность хода такой пластинки близка к 560 $m\mu$. Оттенок, осуществляемый такой пластинкой, носит название «чувствительного», т. к. малейшее изменение в величине разности хода всей оптич. системы микроскопа и объекта изменяет его или на красный или на синий. Третья пластинка, значительно реже применяемая, изготовляется из кварца, причем она выпиливается вдоль его оптич. оси. Толщина этой пластинки переменная, т. к. она имеет клинообразную форму. При помощи такой пластинки можно осуществить различные поляризационные окраски. Для введения компенсаторов в П. м. над объективом делается специальная прорезь, расположенная под углом в 45° к плоскости симметрии П. м. К П. м., изготовляемым фирмой Лейтц, обычно прилагается еще один компенсатор, называемый компенсатором Берека. Этот прибор служит и как обычная компенсационная пластинка и как прибор для точного измерения разности хода, даваемой исследуемым кристаллом. Он изготовляется из пластинки кальцита, вырезанной перпендикулярно оптич. оси и могущей вращаться около горизонтальной оси. Угол наклона пластинки, необходимый для уничтожения разности хода, даваемой исследуемым кристаллом, при соответствующей градуировке прибора м. б. связан определенным соотношением с осуществляемой разностью хода. В П. м. других систем для той же цели, т. е. точного измерения разности хода, приходится применять компенсатор сист. Бабинэ (см. *Компенсаторы*).

Наблюдения, производимые при помощи П. м., могут быть сведены к трем главным типам. 1) Наблюдения в «простом» свете, т. е. без введения анализатора, сводятся к измерению плоских углов, напр. углов между трещинами спайности кристалла, измерению или только сравнению показателей преломления тех сред, к-рые подлежат изу-

чению, измерению толщины изучаемой кристаллич. пластинки (метод де-Шона) и наконец изучению характера плеохроизма (см. *Дихроизм*) данного кристаллич. вещества. 2) Наблюдения в поляризованном параллельном свете (или ортоскопические) ведутся при включенной верхней призме и позволяют определить такие константы, как главные величины двупреломления, ориентировку оптич. индикатриссы по отношению к кристаллографич. направлениям исследуемого вещества (угол погасания и оптич. ориентировка), характер удлинения главной зоны и оптич. знак кристалла. 3) Для последнего определения, а также и для нек-рых других из вышеупомянутых, необходимо знать точную ориентировку сечения оптич. индикатриссы кристалла. Эта последняя узнается при установке П. м. на «поляризованный сходящийся свет, т. е. превращением П. м. в коноскоп». Это достигается введением под столик П. м. дополнительной сильно собирающей линзы, *конденсора* (см.). применением возможно сильного увеличения и введения в систему П. м. линзы Бертрана. Иногда бывает удобнее применить метод Лазо, т. е. наблюдать интерференционные фигуры непосредственно над объективом, вынув окуляр и используя накладную диафрагму, прилагаемую обычно ко всем П. м. Коноскопич. наблюдение позволяет сделать вывод об одноосности или двуосности кристалла, об его оптич. знаке (при помощи компенсатора), о точности ориентировки выбранного сечения индикатриссы, величине угла оптич. осей и т. п. Т. к. оптич. определение кристаллического вещества связано с применением всех трех методов наблюдения, П. м. строят так, чтобы переход от одной установки к другой совершался возможно легче. Это достигается подвижностью анализатора и линзы Бертрана, легкой сменяемостью объективов без ущерба их центрированности и незатрудненным введением конденсора для получения сходящегося пучка света.

Совершенно своеобразной методикой наблюдения кристаллич. вещества является методика, предложенная Федоровым. Для ее осуществления необходим дополнительный прибор, универсальный столик Федорова, позволяющий давать любой поворот исследуемому кристаллу с количественным учетом всех углов наклона препарата относительно первоначального положения. Этот метод исключает пользование коноскопич. методом, что значительно облегчает все наблюдения. Но он имеет конечно и свои недостатки. Коноскопич. метод даст возможность изучения значительно более мелких объектов, нежели это возможно при применении метода Федорова. На фиг. 1 показан ход лучей при орто- (фиг. 1а) и коноскопич. установке (фиг. 1б).

Лит.: Вейншенк Э., Поляризационный микроскоп, пер. с нем., СПБ, 1904; Лодочников В. Н., Основы микроскопич. исследования кристаллич. вещества, Л., 1930; Усов М. А., Федоровский или универсально-оптич. метод, Томск, 1910; Никитин В. В., Универсальный метод Федорова, СПБ. 1911—1915 (литограф.); Leiss C. u. Schneiderhöhn H., Apparate und Arbeitsmethoden zur mikroskopischen Untersuchung kristallisierter Korper (Handbuch der mikroskopischen Technik), unter Mitwirkung v. E. Beintker, B. 10, Stg., 1914; Rosenbusch H. u. Wülfing A., Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Untersuchungsmethoden, B. 1, Hälfte 1, Stg., 1921—24; Dupare L. et Pearce F., Traité de technique minéralogique et pétrographique, 1 partie—Les méthodes optiques, P., 1907; Johannsen A., Manual of Petrographic Methods, N. Y.—L., 1918; Berek M., Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe d. Universalmethoden. Berlin. 1924.

С. Четвериков.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ, свойство всякой поперечной волны (см. *Волны*), состоящее в том, что в плоскостях, перпендикулярных к линии распространения, волновой процесс может обнаруживать векторность, или направленность. Вектор колебательного процесса гармонической поперечной волны в общем случае будет описывать своим концом эллипс (подробнее см. *Поляризация света*), принимающий в частности вид прямой или круга с вращением против или по часовой стрелке. В сложной волне, вызываемой одновременными колебаниями большого числа независимых источников, меняющихся во времени, П. может уменьшаться или совершенно исчезать (см. *Поляризация света*). Состояние поляризованной волны определяется характером колебаний источника волн, а также свойствами среды, в к-рой волна распространяется.

С. Вавилов.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ, изменение в характере поверхности электродов или в прилегающих к электродам слоях электролита, происходящее вследствие прохождения через него электрич. тока и обусловливающее необходимость приложения нек-рого добавочного (кроме напряжения, равного произведению силы тока на сопротивление проводника) напряжения для того, чтобы осуществить прохождение тока через данный электролит. Это добавочное напряжение необходимо для преодоления т. н. встречной эдс (эдс П. г.), к-рая возникает вследствие упомянутых изменений, вызываемых проходящим током. Так напр., если опустить в раствор медного купороса два платиновых электрода, то для осуществления электролиза данного раствора необходимо приложить к электродам совершенно определенное (в смысле нижнего предела) напряжение. Если затем разомкнуть ток и соединить электроды с вольтметром, то последний обнаружит наличие в данной системе эдс, направление к-рой противоположно направлению выключенного первичного тока. Возникшая при этом эдс обусловлена тем, что при прохождении через данный раствор тока на одном полюсе отложилась медь, а на другом выделился кислород, отчасти затем удержавшийся на платине. Поверхность платиновых электродов вследствие этого изменилась, один из них получил свойство медного, а другой кислородного электрода и они, находясь в растворе, образовали гальваническую цепь

$$O_2 \mid CuSO_4 \mid Cu,$$

эдс к-рой направлена против первоначально приложенного к электродам внешнего напряжения; эта эдс и д. б. компенсирована внешним напряжением для того, чтобы ток смог проходить через электролит. Такого рода эдс П. г., обусловленная изменением характера поверхности электродов, будет иметь место всегда, когда раствор электролита подвергается электролизу между химически неизменяющимися электродами. Величина ее зависит от того, какие процессы имеют место у катода и анода. Установлено,

что величина ее получается как сумма поляризационных потенциалов анода и катода

$$P = E_a + E_k.$$

Поляризационные потенциалы анода и катода (E_a и E_k) представляют собою разность потенциалов между соответствующими электродами и раствором. Они м. б. рассчитаны по ф-ле Нёрнста (см. *Потенциал электродный*) только в том случае, если электролиз не сопровождается иными видами поляризации (концентрационной, химической, перенапряжением). Непосредственное измерение электродвижущей силы П. г. при помощи вольтметра даже с очень большим сопротивлением произвести нельзя, так как при замыкании тока через вольтметр эдс быстро падает вследствие того, что вещества, обусловливающие П. г., снова переходят в раствор, так что для измерения П. г. пользуются, как и всегда при измерении эдс, компенсационным методом. Наименьшее значение напряжения, необходимого для начала электролиза раствора данного электролита между платиновыми или другими химически не изменяющимися электродами, называется его упругостью разложения. Но на основании изложенного выше для начала электролиза следует приложить к опущенным в электролит электродам напряжение, равное эдс П. г., величина к-рой зависит от свойств отлагающихся на электродах веществ, следовательно упругость разложения будет зависеть от характера электролита, что и видно из табл. 1.

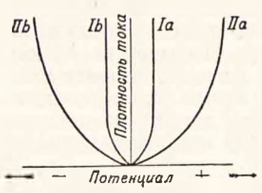
Табл. 1.—Значение упругости разложения нормальных растворов в V.

$ZnSO_4$	2,35	$Pb(NO_3)_2$	1,52	$CoSO_4$	1,92	U_2SO_4	1,67
$ZnBr_2$	1,8	$AgNO_3$	0,7	$CoCl_2$	1,78	HNO_3	1,69
$NiSO_4$	2,01	$Cd(NO_3)_2$	1,98	$NaOH$	1,69	H_3PO_4	1,7
$NiCl_2$	1,85	$CdSO_4$	2,03	KOH	1,67	HCl	1,31
		$CdCl_2$	1,88	NH_4OH	1,74	HBr	0,94

То, что кислородсодержащие к-ты и щелочи обладают приблизительно одинаковыми упругостями разложения, объясняется тем, что продуктами их электролиза являются одинаковые вещества (водород и кислород). Несоответствие величины упругости разложения к-т и щелочей с эдс цепи $H_2 \mid {}^1/_1 N$ раствор к-ты O_2, подсчитанной по ф-ле Нёрнста и имеющей величину 1,237 V, объясняется явлением т. н. перенапряжения (см. ниже). Аналогичное же несоответствие с теоретич. значением и по тем же причинам имеет место и для остальных веществ.

Если подвергнуть электролизу раствор медного купороса, имея в качестве электродов медные пластинки, то несмотря на то, что характер поверхности электродов по мере течения электролиза меняться не будет, явление П. г. здесь может иметь место вследствие изменения концентрации раствора у электродов; действительно по мере хода электролиза ионы меди будут разряжаться у катода и образовываться у анода; концентрация ионов у катода будет возрастать, у анода уменьшаться; если при начале электролиза концентрация в любых местах электролита была одинакова, то во время электролиза вследствие названных выше процессов, к-рые не м. б. компенсированы полностью ни диффузией ни переносом ионов током, т. к. эти процессы идут слишком медленно, между солями раствора, прилегающими к электродам, создается разность концентраций. Эта разность концентраций обусловит возникновение нек-рой эдс (см. *Элемент концентрационный*), направление к-рой будет опять противоположно направлению тока в цепи. Этот вид П. г. носит название концентрационной, обычно его определяют как разницу в значении потенциала электрода, рассчитанного для существующей в растворе суммарной концентрации ионов и наблюденным его значением при электролизе, обусловленную изменениями концентрации ионов в слоях раствора, прилегающих к электродам.

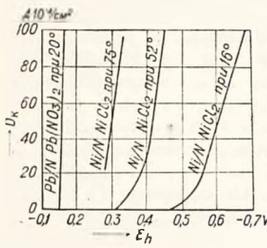
Если подвергнуть раствор, через к-рый идет ток, интенсивному перемешиванию с целью устранения разности концентраций, то величина П. г. уменьшится; устранить же ее совершенно все же не представляется возможным, т. к. даже при самом сильном перемешивании в непосредственной близости от электродов будет находиться покоющийся тонкий слой, концентрация ионов в к-ром будет отличаться от общей концентрации ионов в растворе. Повышение $t°$, вызывающее повышение скорости диффузии и скорости переноса ионов током, также способствует уменьшению концентрационной П. г. Величина последней очевидно будет тем больше, чем больше плотность тока, ниже $t°$, меньше концентрация ионов в растворе и слабее перемешивание. Т. к. изменение концентрации сказывается лишь сравнительно незначительно на величине электродного потенциала (изменение концентрации в 10 раз вызывает изменение потенциала всего лишь на 0,058 V в случае одновалентного металла и на 0,029 V в случае двухвалентного при 18°), то величина эдс П. г. в этом случае обычно не велика. Графически явление П. г. представляют кривой зависимости электродного потенциала от плотности тока. На фиг. 1 кривые *Ia* и *Ib* показывают соответственно изменение потенциала анода и катода при электролизе с различной плотностью тока. Начало координат соответствует значению электродного потенциала, рассчитанного по ф-ле Нёрнста (т. н. потенциал равновесия).



Фиг. 1.

Фиг. 1 показывает, что значительное изменение плотности тока вызывает в этом случае только незначительное изменение потенциала электрода (кривая идет резко вверх). В нек-рых случаях, особенно при электролизе комплексных солей, наблюдаются ненормально отлогие кривые, выражающие зависимость электродного потенциала от плотности тока (кривые *IIa* и *IIb* на фиг. 1). Такой ход кривой не м. б. объяснен только простым изменением концентрации ионов у электродов; для его объяснения допускают, что течение нек-рых процессов у электрода происходит не с бесконечно большой, а с конечной скоростью; напр. если имеет место процесс разрежения ионов ме-

талла с выделением его в свободном виде на катоде, то этот процесс можно разбить на две стадии: сначала ионы отдают свой заряд с выделением металла, затем равновесие в электролите, нарушенное разрежением ионов, снова восстанавливается благодаря диссоциации комплексных ионов или иногда просто нейтральных молекул (напр. $NiCl_2 \gtrless Ni^{\cdot\cdot} + 2\,Cl$); если скорость диссоциации гораздо меньше, чем скорость разрежения ионов, то это ведет к понижению концентрации ионов у электрода и имеет своим следствием явление П. г. Этот вид П. г., обусловленный медленным течением электродных процессов, носит название химической поляризации; она отличается от концентрационной тем, что ее величина не зависит от скорости перемешивания раствора. На фиг. 2 представлены кривые «плотность тока—потенциал» для осаждения свинца из слабо подкисленного азотной к-той нормального раствора $Pb(NO_3)_2$ и никеля из нормального раствора $NiCl_2$, подкисленного полупроцентной борной к-той. Кривая для свинца круто идет вверх, очень мало отклоняясь при повышении плотности тока от потенциала равновесия свинца, представляя собою типичную кривую концентрационной поляризации (на фиг. 2: абсцисса ε_h—потенциал осаждения в V, отсчитанный относительно нормального водородного электрода; ордината D_k—плотность тока в $A \cdot 10^{-10}/см^2$).



Фиг. 2.

Совершенно иную картину дает ход той же кривой для никеля. Здесь имеет место сильно растущая с плотностью тока П. г., к-рая тем больше, чем ниже $t°$. Никель представляет собою типичный металл, осаждение к-рого даже из раствора простых солей (хлорид, сульфат) сопровождается сильной химич. поляризацией; то же наблюдается у Fe и Co; другие металлы, как Cu, Ag, Zn, Cd, обнаруживают значительную химич. поляризацию только при электролизе их комплексных (напр. цианистых) соединений. Осаждение нек-рых металлов, как напр. Pb, сопровождается обычно только концентрационной поляризацией. Повышение $t°$, как было уже видно из фиг. 2, значительно уменьшает величину химич. поляризации. Напр. при $t°$ 75° кривая для Ni показывает почти полное отсутствие концентрационной поляризации.

В случаях, когда на электродах выделяются газы (H_2, O_2, Cl_2 и др.), наблюдается своеобразный вид П. г., не могущий быть объясненным описанными видами ее, так как величина возникающей в этом случае электродвижущей силы П. г. зависит от материала электрода, на к-ром выделяется газ. Это явление носит название перенапряжения, под величиной к-рого обычно понимают разницу между потенциалом равновесия данного газового электрода и тем потенциалом, к-рый необходим для выделения этого газа на электроде из данного металла. Наибольшее практич. значение имеют величины перенапряжения для кислорода и водорода, значение которых (в V) приведено в табл. 2.

Табл. 2.—Величины перенапряжения для кислорода и водорода.

Материал электрода	Перенапряжение		
	водород в 2N H_2SO_4 *1	кислород в 1/1 N КОН *1	*2
Платинированная платина	0,00	0,23	0,005
Pd	−0,26	0,42	0,46
Au	0,05	0,52	0,02
Ag	0,07	0,40	0,15
Cu	0,19	0,25	0,23
Ni	0,14	0,12	0,21
Pb	0,36	0,30	0,64
Hg	0,44	—	0,78

*1 Величина перенапряжения, определенная из упругости разложения. *2 Величина перенапряжения водорода, определенная по началу выделения пузырьков.

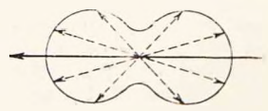
Для определения величины перенапряжения предложено несколько методов (начало выделения пузырьков газа, конец выделения пузырьков, определение упругости разложения). Данные, даваемые различными методами, могут довольно сильно друг от друга отличаться. Перенапряжение быстро возрастает с повышением плотности тока, величина его достигает максимума обычно не сразу после включения тока, иногда с начала электролиза проходит несколько часов, в течение к-рых перенапряжение все увеличивается. Для данного металла перенапряжение зависит от характера его поверхности, чем более она шероховата, тем перенапряжение меньше. Повышение $t°$ уменьшает перенапряжение.

Для объяснения явления перенапряжения предложено много теорий. Наиболее просто это явление м. б. объяснено тем, что полученные в результате электролиза газы в атомарном состоянии переходят в молекулярные не моментально, а с известной конечной скоростью; это имеет своим следствием нек-рое накопление у анода атомарного кислорода, а у катода—атомарного водорода; атомы газа, обладающие высокой реакционной способностью, могут реагировать с веществом электрода, образуя с ним соединения (гидриды на катоде и высшие окислы на аноде). Такого рода соединения, часто весьма не стойкие и не могущие быть изолированными, присутствуя на электродах, дают начало встречной эдс, обусловливая тем самым явление перенапряжения. Такой взгляд подтверждается тем, что в нек-рых случаях, когда этого рода соединения являются стойкими, они м. б. непосредственно обнаружены, напр. перекись свинца на свинцовом аноде, сурьмянистый водород, содержащийся в заметных количествах в водороде, выделяющемся на сурьмяном катоде, и т. д. Если металл обладает способностью поглощать большие количества освобождающихся при электролизе атомов газа (напр. палладий водорода), то в этом случае при начале электролиза перенапряжение может иметь, как это видно из табл. 2, отрицательный знак, т. е. прохождение тока начинается при более низком значении потенциала электрода, чем это соответствует потенциалу равновесия, причем оно в начале не сопровождается выделением водорода. Последнее наступит только тогда, когда вследствие насыщения металла газом потенциал электрода достигнет по крайней мере своего равновесного значения.

П. г. наблюдается и в *гальванических элементах* (см.), в к-рых действием тока вызывается отложение газов на поверхности электродов. Благодаря такого рода П. г. эдс элементов непостоянна, т. е. изменяется в зависимости от продолжительности непрерывного действия элемента; в силу этого постоянные элементы составляются обычно из двух жидкостей, чем достигается уничтожение выделения газов на электродах при прохождении тока. Явление П. г. имеет большое значение при технич. использовании электролиза. Т. к. наличие П. г. требует повышенного напряжения для осуществления электролиза, то в технике обычно стремятся ее уменьшить введением перемешивания или циркуляции электролита и в нек-рых случаях повышением $t°$ или введением т. н. деполяризаторов. Но П. г. в технике не есть только отрицательное явление, нек-рые технически важные процессы были бы немыслимы без П. г.; напр. с точки зрения теории эдс нельзя себе представить возможности выделения нек-рых металлов, стоящих выше водорода в ряду напряжений (см. *Потенциал электродный*) из водных растворов, т. к. при электролизе должен был бы выделяться сперва водород. Так например, потенциал цинка в нормальном растворе равен 0,76 V, а потенциал водорода даже в нейтральном растворе—0,405 V, следовательно при электролизе должен сперва разряжаться водород, но т. к. перенапряжение водорода на цинке велико, то цинк легко выделяется на растворе даже из кислых растворов, чем широко пользуются как при получении цинка и нек-рых других металлов из руд, так и при процессе электролитич. покрытия металлами (электролитич. цинкование, кадмирование, никелирование и т. д.) и при количественном определении металлов методом электролиза (электроанализ). П. г. лежит также в основе работы аккумуляторов (см. *Аккумуляторы электрические*). Устранение П. г., или т. н. деполяризация, может производиться различными путями, напр. в элементах, где П. г. обусловлена обычно выделением водорода, вводят с этой целью окислители (перекись марганца в элементах Лекланше, двухромовокислый калий в элементах Грене и т. д.). Наоборот, анодную П. г., связанную с выделением кислорода, можно устранить добавлением восстановителей. Технически важное значение имеет деполяризация при катодном осаждении металлов, каковую можно представить себе след. обр.: как было уже установлено, П. г. при осаждении металлов сказывается в том, что потенциал осаждения металла является более отрицательным, чем его равновесный потенциал. С точки зрения ф-лы Нёрнста (см. *Потенциал электродный*) это можно представить себе, приписав электролитической упругости растворения свежеосажденного металла бо́льшую величину, чем та, к-рую имеет металл при равновесии. Следовательно если понизить электролитич. упругость растворения металла, то осаждения его можно достигнуть при более низком потенциале, чем это соответствует равновесию. Такого рода понижение упругости растворения имеет место тогда, когда металл образует на катоде сплав. Электролитич. упругость растворения металла в сплаве тем меньше, чем ниже его концентрация в сплаве. Особенно сильное понижение электролитич. упругости растворения будет иметь место тогда, когда металл катода вступает с осаждаемым металлом в химич. соединение. Классич. пример этого рода деполяризации имеет место при электролитич. получении щелочных металлов на ртутном катоде; хотя щелочные металлы обладают наивысшей из всех металлов электролитической упругостью растворения, их все же можно получить на ртутном катоде, подвергая электролизу водный раствор соли (например NaCl). Это объясняется следующими причинами: во-первых, в случае натрия металл дает со ртутью соединение $NaHg_6$, в к-ром электролитич. упругость растворения натрия очень сильно понижена, во-вторых, водород имеет на ртутном катоде особо большую величину перенапряжения, что и облегчает выделение натрия. Этот процесс находит себе применение в технике при электролитич. получении щелочей. Деполяризация может иметь место и при электролизе раствора, содержащего соли нескольких металлов, например из растворов, содержащих наряду с железом или никелем цинк, можно при осаждении железа или никеля получить сплав Fe-Zn или Ni-Zn, так как осаждение неблагородного цинка делается возможным благодаря образованию сплава при тех значениях потенциала, к-рые свойственны более благородным Fe и Ni. Аналогично объясняется технически важное осаждение цинка вместе с медью при электролизе их комплексных (цианистых) солей, дающее возможность покрывать металлы электролитически латунью.

Лит.: Изгарышев Н. А., Электрохимия и ее технич. применение, стр. 114—146, Л., 1929; Лебланм., Руководство по электрохимии, пер. с нем., стр. 342—396, М.—Л., 1930; Grube G., Grundzuge der theoretischen und angewandten Elektrochemie, 2 Aufl., p. 102—207, Lpz., 1930; Foerster F., Elektrochemie wässeriger Lösungen, Handbuch d. angewandten physikalischen Chemie, hrsg. v. G. Bredig, p. 275—482, Lpz., 1923. **С. Плетенев.**

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА, направленность его действий в плоскостях, поперечных лучу, проявляющаяся при нек-рых условиях; связана с поперечностью световых волн. Последняя обнаруживается напр. в след. опыте. Если луч солнечного света проходит через рассеивающую среду, в которой взвешены частицы меньших размеров, чем длина световой волны, или через флуоресцирующую жидкость, то свет рассеивается (или излучается) неодинаково в различных направлениях несмотря на изотропность среды. Для любой плоскости, в к-рой лежит проходящий луч, получается следующая диаграмма интенсивностей света, рассеянного под разными углами (фиг. 1): в направлении, перпендикулярном к проходящему лучу, кривая имеет углубление, и поперечная плоскость служит плоскостью симмет-


Фиг. 1.

рии. В электромагнитной теории света поперечность световых волн (для изотропной среды) следует из условий:

$$\operatorname{div} \boldsymbol{E} = 0, \quad \operatorname{div} \boldsymbol{H} = 0, \qquad (1)$$

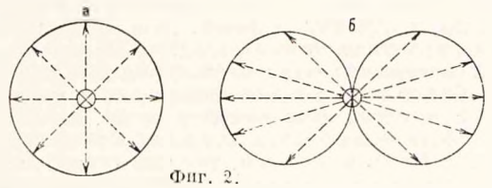
где $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{H}$—электрич. и магнитный векторы. Слагающие X, Y, Z электрич. вектора по осям координат для плоской монохроматич. волны м. б. написаны в виде

$$X = A_x \cos\omega\left(t - \frac{mx + ny + pz}{v}\right), \qquad (2)$$

где m, n, p—направляющие косинусы нормали к плоскости волны, v—фазовая скорость волны. Диференцируя ур-ие (2) и подставляя в ур-ие (1), находим

$$A_x m + A_y n + A_z p = 0. \qquad (3)$$

A_x, A_y, A_z пропорциональны косинусам углов, образуемых электрич. вектором с осями, и следовательно (3) выражает условие поперечности электрич. вектора и нормали к волне. Так же доказывается при помощи ур-ия (2) поперечность магнитного вектора к нормали. В опыте, описанном выше, обнаруживается только поперечность световых волн; в плоскостях, поперечных к лучу, излучение одинаково во все стороны и на диаграмме представится кругом (фиг. 2,а).



Фиг. 2.

Если однако заставить солнечный луч отразиться под нек-рым подходящим углом от стеклянного зеркала и только после этого пропустить в рассеивающую среду, то излучение перестает быть изотропным и в плоскостях, поперечных к падающему лучу. Диаграмма излучения в поперечной плоскости представится в крайнем случае кривой, изображенной на фиг. 2, б: в некотором направлении свет совершенно не рассеивается, под прямым углом к этому направлению рассеяние имеет максимальное значение (см. *Рассеяние света*). Т. о. солнечный свет, отраженный от стекла, приобрел векторные свойства, стал поляризованным.

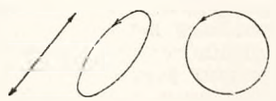
В и д ы П. с. Мгновенное состояние светового вектора не может наблюдаться; о П. с. мы судим по средним эффектам, получающимся за нек-рое время, в течение к-рого множество частиц источника, независимых одна от другой, успевают совершить огромное число световых колебаний. Состояние светового вектора всегда можно представить двумя взаимно перпендикулярными слагающими x и y в плоскости волны, разложенными в ряд Фурье:

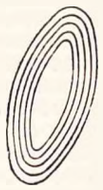
$$\left.\begin{aligned} x &= \sum A \sin(\omega t + p) \\ y &= \sum B \sin(\omega t + q) \end{aligned}\right\}, \qquad (4)$$

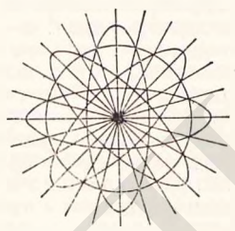
В общем случае A и B, p и q независимы друг от друга и по определению (разложение в ряд Фурье) не зависят от времени t. Исключая t из каждой пары монохроматич. компонент (4), получим для этой пары ур-ие эллипса:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - \frac{2xy}{AB}\cos(p - q) = \sin^2(p - q). \qquad (5)$$

Это значит, что для идеального монохроматического света вектор описывает своим концом (в общем случае) эллипс в плоскости волны с угловой частотой ω. При $p - q = 0$ или $p - q = \pi$ эллипс вырождается в прямую $\frac{x}{A} \mp \frac{y}{B} = 0$. При $p - q = \pm\frac{\pi}{2}$ и при условии $A = B$ эллипс принимает вид круга с вращением вектора вправо или влево (фиг. 3). Соответственно этому различают 3 вида предельной П.с.: п р я м о л и н е й н у ю, к р у г о в у ю и э л л и п т и ч е с к у ю (с вращением вправо и влево). Из уравнения (5) видно, что форма эллипса и его расположение не будут зависеть от ω, если от последней не зависят разность фаз $p - q$ и отношение амплитуд $\frac{A}{B}$. В этом случае ур-ие (4) представляет собою совокупность эллипсов различных размеров, но одинакового расположения и формы (фиг. 4). При выполнении таких условий немонохроматич. излучение м. б. также вполне поляризованным. В большинстве естественных излучателей однако $p - q$ и $\frac{A}{B}$ являются чрезвычайно сложными статистич. ф-иями ω, резко меняющимися даже при ничтожных изменениях ω, соответственно хаотич. беспорядку элементарных актов излучения. Конец суммарного электрич. вектора совершает в плоскости волны как бы броуновское движение, математически эквивалентное наложению всевозможных эллипсов, кругов и прямых (фиг. 5). В предельном случае все направления в плоскости волны в среднем равноправны, векторность практически исчезает, и луч обращается в неполяризованный, естественный. Между двумя крайними видами — вполне поляризованного и естественного — света располагаются лучи ч а с т и ч н о п о л я р и з о в а н н ы е, которые можно рассматривать как результат примеси того или иного вида поляризованного света к естественному. Следует различать свет частично линейно поляризованный, свет частично эллиптически поляризованный и свет частично поляризованный по кругу.


Фиг. 3.


Фиг. 4.


Фиг. 5.

Для полной характеристики состояния поляризации светового пучка требуется знание 4 величин: интенсивностей естественного и подмешанного эллиптически поляризованного света, азимута осей эллипса и его эксцентриситета. Линейно поляризованный свет вполне определяется только указанием п л о с к о с т и п о л я р и з а ц и и, т. е. плоскости, перпендикулярной к световому (электрическому) вектору. Для характеристики луча, поляризованного по кругу, достаточно указать направление вращения.

Для эллиптически поляризованного луча необходимо определить азимут осей, эксцентриситет и направление вращения. Все 4 признака полностью требуются для определения состояния поляризации частично поляризованного луча. Практически (причем иногда без достаточн. оснований) для характеристики частично поляризованного света ограничиваются обыкновенно измерением отношения интенсивностей компонент x и y, или д е ф е к т а п о л я р и з а ц и и,

$$\varrho = \frac{x^2}{y^2}, \qquad (6)$$

где x—слабая, y—сильная компоненты, откуда вычисляется с т е п е н ь п о л я р и з а ц и и

$$p = \frac{x^2 - y^2}{x^2 + y^2}, \qquad (7)$$

выражаемая в %. Разложение светового вектора на две взаимно перпендикулярных компоненты x и y автоматически осуществляется в явлении *двойного лучепреломления* (см.); математически к нему приходится прибегать при решении большинства поляризационных задач. В случае такого разложения естественного света компоненты x и y н е к о г е р е н т н ы, т. е. не могут интерферировать (см. *Интерференция света*) при сведении в одну плоскость (опыт Араго-Френеля), что ясно из ф-лы (4), где фазы p и q независимы друг от друга и хаотически меняются при изменении ω. При наложении компонент возникнут всевозможные интерференционные усиления и ослабления, и общая интенсивность будет в среднем равна сумме слагаемых интенсивностей. В случае поляризованного света x и y когерентны, т. к. разности фаз $p - q$ постоянны и не зависят от ω; при сведении в одну плоскость компоненты интерферируют, и суперпозиция интенсивностей вообще нарушается. Для частично поляризованного света когерентность компонент x и y также частична.

З а к о н М а л ю. Компоненты x и y линейно поляризованного света, плоскость колебания к-рого образует угол α с осью X, равны соответственно $A\cos\alpha$ и $A\sin\alpha$ и интенсивности

$$x^2 = A^2\cos^2\alpha, \quad y^2 = A^2\sin^2\alpha \qquad (8)$$

(закон Малю). Для естественного луча угол α не может иметь определенного значения и

$$\frac{x^2}{y^2} = 1. \qquad (8')$$

Ф-лы (8) и (8′) служат основой различных применений поляризации для фотометрии. При двойном лучепреломлении в кристаллах (8) и (8′) не выполняются вполне точно вследствие неодинакового отражения компонент x и y на поверхности кристалла. Для исландского шпата при нормальном падении естественного света по Вильду $\frac{x^2}{y^2} = 0{,}9725$, для кварца весьма мало отличается от 1. В случае эллиптически поляризованного света мгновенные значения энергии компонент:

$$x^2 = [A\sin(\omega t + p)\sin\alpha + B\sin(\omega t + q)\cos\alpha]^2,$$
$$y^2 = [A\sin(\omega t + p)\cos\alpha + B\sin(\omega t + q)\sin\alpha]^2.$$

Средние значения энергии компонент в этом случае равны:

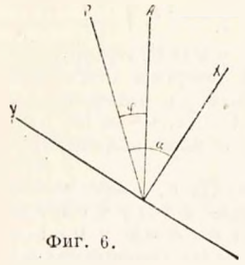
$$\left.\begin{aligned} x^2 &= \frac{A^2}{2}\sin^2\alpha + \frac{B^2}{2}\cos^2\alpha \\ y^2 &= \frac{A^2}{2}\cos^2\alpha + \frac{B^2}{2}\sin^2\alpha \end{aligned}\right\}. \qquad (8'')$$

В самом общем случае частично поляризованного света средняя энергия компонент выразится той же ф-лой (8″) с измененными значениями амплитуд A и B. Ф-ла (8″) является т. о. наиболее общим выражением закона Малю.

В о з н и к н о в е н и е П. с. Свет может поляризоваться 1) при и з л у ч е н и и, 2) при р а с п р о с т р а н е н и и в в е щ е с т в е. Свет обычных $t°$-ных (нечерных) излучателей частично поляризован, например вольфрамовая проволока в направлении, перпендикулярном к оси, излучает свет, поляризованный на 20%, что согласуется с законом излучения Кирхгофа. Свет люминесцирующих источников также во многих случаях частично поляризован. При возбуждении резонансного излучения и флуоресценции (см. *Люминесценция*) в парах, жидкостях и твердых телах вторичное излучение вообще поляризовано, причем степень поляризации может достигать 100% (резонансное излучение ртути). Катодолюминесценция в газах при некоторых условиях также частично поляризована. В сильных магнитных и электрич. полях при расщеплении спектральных линий (см. *Магнетооптика* и *Электрооптика*) компоненты расщепления вполне поляризованы (линейно и по кругу). С другой стороны, естественный свет поляризуется частично или полностью при распространении в веществе, при диффракции, отражении, преломлении, двойном преломлении и рассеянии (см. *Отражение света*, *Двойное лучепреломление* и *Рассеяние света*). Поляризованный свет при распространении в веществе может менять характер поляризации, плоскость поляризации может повертываться (при отражении и в оптически активных телах), линейно поляризованный свет превращается в эллиптически поляризованный при полном внутреннем и металлич. отражении. Деполяризовать свет, превратить вполне поляризованный луч в квазиестественный возможно пропусканием его через мутную среду, напр. через молочное стекло. Относительно методов получения вполне поляризованного света см. *Поляризационные приборы*.

Х р о м а т и ч е с к а я П. с. Если поляризованный свет проходит через двоякопреломляющую кристаллич. пластинку и затем пропускается через прибор, выделяющий световые колебания только в одной плоскости (а н а л и з а т о р, напр. призма Николя—см. *Поляризационные приборы*), то наблюдаются различные интерференционные явления, имеющие большое применение при анализе П. с. (см. *Поляризкоп*). Кристаллич. пластинка разделяет колебания входящего пучка света на две слагающие: в плоскости главного сечения и в направлении, поперечном к этой плоскости (см. *Двойное лучепреломление*). Пусть X, Y (фиг. 6) будут такие направления в пластинке. Параллельный пучок линейно поляризованного света с плоскостью колебаний, обра-

зующей угол α с X, отвесно падающий на пластинку, распадается в пластинке на две волны с амплитудами $A\cos\alpha$ и $A\sin\alpha$. Анализатор пропускает только слагающие колебаний, образующие угол $\alpha-\varphi$ с X (фиг. 6), и компоненты двойного преломления выйдут через анализатор с амплитудами $A\cos\alpha\cos(\alpha-\varphi)$ и $A\sin\alpha\sin(\alpha-\varphi)$, соединенными в одну плоскость и способными интерферировать. Компоненты x и y распространяются в пластинке с разными скоростями соответственно различию показателей преломления n_1 и n_2 для обоих лучей разложения в кристалле. При прохождении через пластинку толщиною d лучи встретятся с разностью фаз



Фиг. 6.

$$\Delta=\tfrac{2\pi}{\lambda}d(n_1-n_2). \qquad (9)$$

Т. о. интенсивность света, выходящего из анализатора, окажется равной

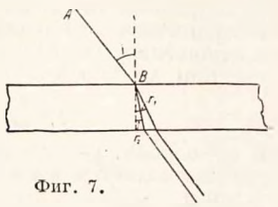
$$J=A^2[\cos^2\alpha\cos^2(\alpha-\varphi)+\sin^2\alpha\sin^2(\alpha-\varphi)+$$
$$+2\sin\alpha\cos\alpha\sin(\alpha-\varphi)\cos(\alpha-\varphi)\cos\Delta]=$$
$$=A^2\left[\cos^2\varphi-\sin 2\alpha\sin 2(\alpha-\varphi)\sin^2\tfrac{\Delta}{2}\right]; \qquad (10)$$

она меняется в зависимости от углов α и φ, толщины пластинки d и длины волны λ падающего света от 0 до A^2 (если пренебречь отражениями на поверхности кристалла). Если пластинка не плоско параллельна, но имеет форму клина, то поле зрения будет пересекаться чередующимися темными и светлыми интерференционными полосами (см. *Компенсаторы*). Если на пластинку падает сложный белый свет, то интенсивность J видимого света выразится интегралом

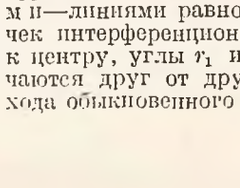
$$J=\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}A_\lambda^2\left[\cos^2\varphi-\sin 2\alpha\sin 2(\alpha-\varphi)\sin^2\tfrac{\Delta}{2}\right]d\lambda, \qquad (11)$$

где λ_1 и λ_2—пределы видимого спектра. Вследствие зависимости Δ от λ относительная интенсивность монохроматич. составляющих интеграла (11) будет иная, чем в падающем свете, и выходящий свет будет менять окраску при изменении углов α и φ и толщины пластинки. Это явление называется хроматической поляризацией, оно может произойти только в том случае, если падающий свет поляризован, т. е. компоненты x и y когерентны, хотя бы частично.

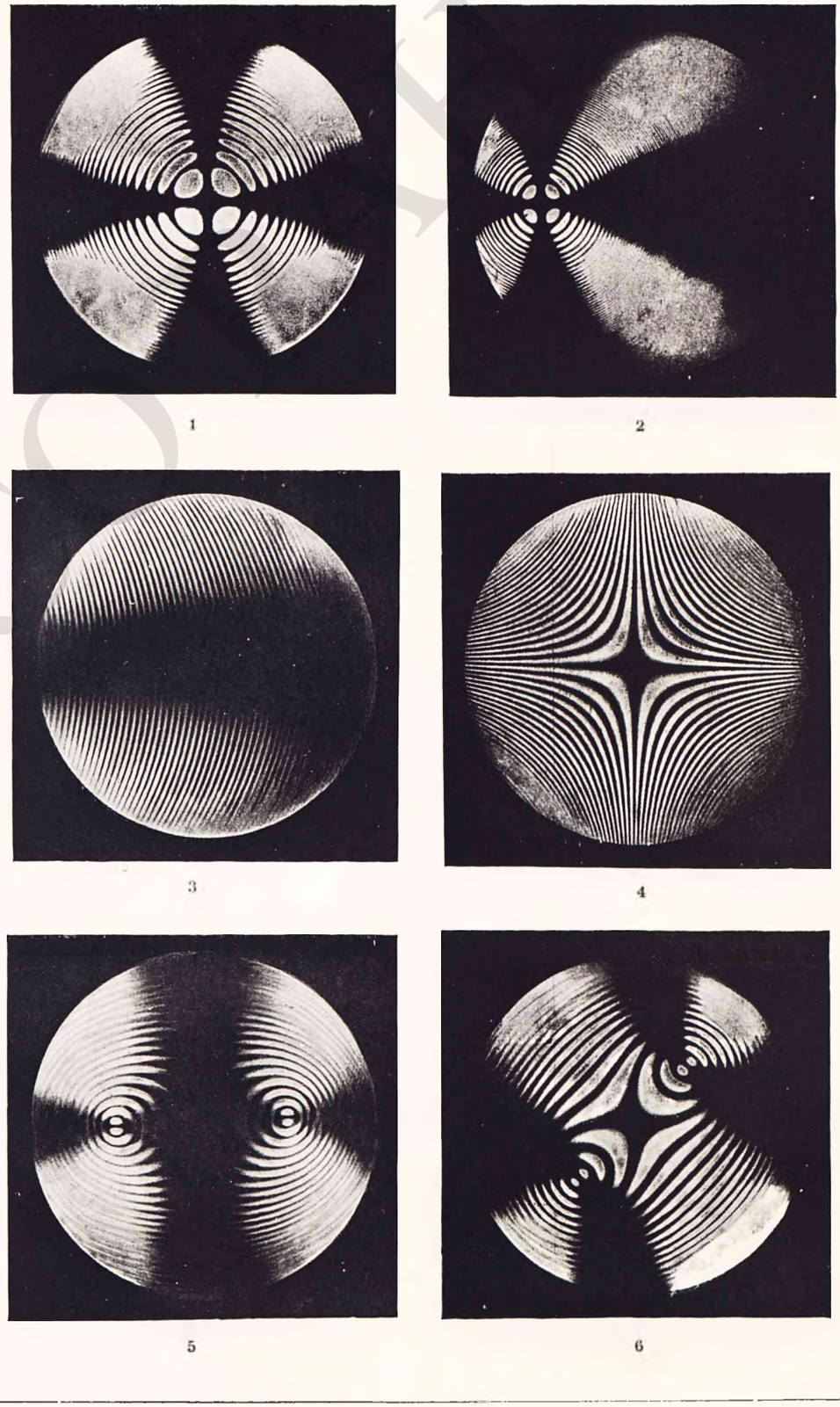
Явления интерференции становятся значительно сложнее в случае падения сходящегося пучка поляризованного света на кристаллич. пластинку, что достигается напр. в поляризационном микроскопе. Пусть AB (фиг. 7)—один из лучей кругового конусовидного пучка линейно поляризованного света, падающего на пластинку. Угол падения AB равен i. При преломлении луч распадается на два луча, идущие под разными углами r_1 и r_2 и поляризованные в двух взаимно перпендикулярн. плоскостях. Если выходящие пучки соединить линзой и пропустить через анализатор, то будет наблюдаться интерференция. Пусть оптическая ось кристалла совпадает по направлению с нормалью к пластинке и O—след оси конуса лучей на поверхности кристалла (фиг. 8), OP—направление колебаний в падающем луче, OA—направление колебаний, пропускаемых анализатором. Если провести из O окружность, то все точки ее будут соответствовать лучам, падающим под одним и тем же углом к оптич. оси. В плоскости изображения все такие лучи, испытавшие двойное преломление, соберутся по кругу с одной и той же разностью хода. В данном случае интерференционная фигура состоит следовательно из чередующихся темных и светлых колец (вкл. л., *1*—исландский шпат, вырезанный перпендикулярно к оптич. оси, в монохроматич. свете Na, между скрещенными николями). Картина осложняется однако поляризационными явлениями. Каждый луч разбивается вследствие двойного преломления на два: один с колебаниями в плоскости главного сечения (то есть в радиальном направлении—фиг. 8), другой с колебаниями, перпендикулярными к этой плоскости (т. е. в тангенциальном направлении—фиг. 8). Амплитуды этого разложения будут зависеть от азимута ω. В направлении OP есть только радиальная компонента, к-рая не будет пропускаться анализатором (пропускающим в разбираемом случае только колебания, перпендикулярные к OP). В направлении OA могла бы пройти также только радиальная компонента, но ее нет под этим азимутом в падающем свете. Т. о. по двум направлениям OP и OA свет будет полностью погашен, по середине между этими направлениями свет будет максимальным, на круговую интерференционную картину наложится темный крест; если направления колебаний падающего и пропускаемого анализатором света параллельны, то крест будет светлым. Интерференционные кольца являются кривыми равной разности хода, зависящей от λ, поэтому при освещении белым светом кольца становятся радужными. Кривые равной разности хода называются изохроматами. Распределение интенсивности в темном или светлом кресте зависит только от азимута ω и не зависит от λ (если только от λ не зависит положение оптич. осей), поэтому при освещении белым светом крест не имеет окраски, он черный или белый (интерференционные фигуры такого типа называются изогирами—линиями равного поворота). Для точек интерференционной картины, близких к центру, углы r_1 и r_2 (фиг. 7) мало отличаются друг от друга, и оптич. разность хода обыкновенного и необыкновенного лу-



Фиг. 7.

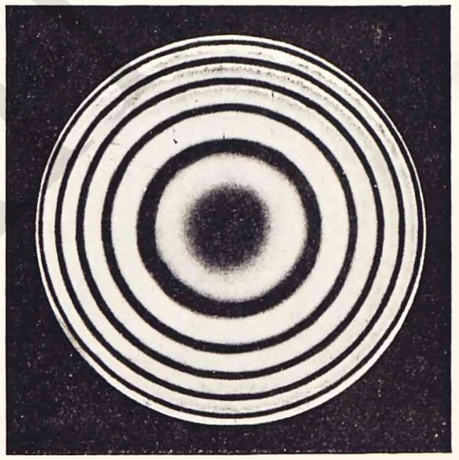


Фиг. 8.


1 2 3 4 5 6



7



8



9



10



11



12

© ГПНТБ

чей, выходящих из кристаллич. пластинки:

$$\Delta \cong \frac{\pi(n_2 - n_1)d}{\lambda \cos r}.$$

Эта ф-ла (с указанным приближением) справедлива для любой кристаллич. пластинки, вырезанной как угодно по отношению к оптич. осям; в ней $(n_2 - n_1)$ является ф-ией угла падения. Для случая двухосного кристалла из общей теории двойного лучепреломления следует (с указанным приближением), что

$$\Delta = \frac{2\pi d}{\lambda_0 \cos r}(n_o - n_e) \sin \varphi_1 \sin \varphi_2. \quad (12)$$

Здесь n_o и n_e—главные показатели преломления обыкновенного и необыкновенного лучей, φ_1 и φ_2 — углы, образуемые средней нормалью к волне с оптич. осями кристалла. Удобную геометрич. интерпретацию ф-ла (12) получает, если построить изохроматическую поверхность, или поверхность равной разности хода. Пусть вершина конуса падающих лучей сходится на передней поверхности кристалла. Будем откладывать от этой точки по разным направлениям отрезки, к-рые должен пройти луч в кристалле, чтобы приобрести определенную разность хода Δ. Поверхность, соединяющая концы таких отрезков—векторов, и будет поверхность равной разности хода. Обозначив

$$\frac{2\pi d}{\lambda_0 \cos r} = \varrho, \quad (13)$$

имеем следующее ур-ие поверхности равной разности хода:

$$\varrho \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 = \text{Const}. \quad (14)$$

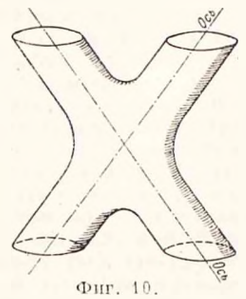
Для одноосного кристалла $\varphi_1 = \varphi_2$, и ур-ие принимает вид:

$$\varrho \sin^2 \varphi = \text{Const}. \quad (15)$$

Вид этих поверхностей изображен на фиг. 9 для одноосного и на фиг. 10 для двухосного кристалла. Для каждой разности хода м. б. построена соответствующая поверхность. Сечения семейств таких по-



Фиг. 9.



Фиг. 10.

верхностей различными плоскостями дают семейство изохроматич. кривых, соответствующих виду интерференционной картины в сходящихся лучах. Для пластинок одноосного кристалла, вырезанных различными способами, получаются т. о. кривые второго порядка: круги, эллипсы, гиперболы и прямые (вкл. л., *1*, *2*—исландский шпат, пластинка наклонена под углом 80° к оптич. оси; *3*—исландский шпат, пластинка под углом 35° к оптич. оси; *4*—исландский шпат, пластинка параллельна оптич. оси). При пересечении изохроматич. поверхности двухосного кристалла могут получаться кривые, близкие к равносторонним гиперболам, лемнискатам и кругам (вкл. л., *5*—арагонит, пластинка перпендикулярна к средней линии между осями, нормальное положение; *6*—арагонит, пластинка перпендикулярна к средней линии между осями, диагональное положение; *7*—андалузит, пластинка перпендикулярна к одной из оптич. осей). Интенсивность в каждой точке интерференционной картины будет зависеть помимо разности хода Δ еще от углов, образуемых плоскостью колебаний падающего луча с главными сечениями пластинки и направлением колебаний, пропускаемых анализатором (ср. выше), вследствие чего наряду с изохроматич. кривыми в интерференционной картине появляются ахроматические изогиры, имеющие вид крестов, гипербол и т. д. Изогиры также могут рассматриваться как линии пересечения нек-рых поверхностей (поверхности изогир). Эти поверхности являются в общем случае конич. поверхностями третьего порядка, проходящими через обе оптич. оси. Для одноосного кристалла поверхность изогир распадается на плоскость и конус второго порядка. При освещении сходящимся светом, поляризованным по кругу, и наблюдении через анализатор, пропускающий лучи, поляризованные по кругу изогиры исчезают, и интерференционная картина становится вполне отчетливой (вкл. л., *8*—кварц. пластинка перпендикулярна к оптич. оси; падающий свет поляризован по кругу; проходящий свет выходит через анализатор, пропускающий свет поляризованным по кругу; освещение производилось зеленой линией Hg; *9*—арагонит. пластинка перпендикулярна к средней линии; поляризатор и анализатор круговые). Явления хроматич. поляризации в сходящихся лучах чрезвычайно осложняются (при наблюдении в белом свете) вследствие зависимости положения оптических осей в кристалле от длины волны (дисперсия оптич. осей). На вкл. л. приведены фотографии *10*, *11*, *12* кристалла брукита, вырезанного перпендикулярно к средней линии между осями и рассматриваемого в поляризационном микроскопе между скрещенными николями. На вкл. л., *10* снята при освещении светом с длиной волны 630 $m\mu$, *11*—610 $m\mu$, *12*—583 $m\mu$. Дальнейшие осложнения картины вносятся вращением плоскости поляризации (оптич. активностью кристалла) и дихроизмом. Методы анализа поляризованного света—см. *Полярископ*.

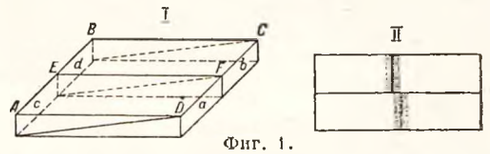
Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Stokes G., «The Philosophical Magazine», L., 1852, Series 4, v. 3, p. 316; Soleillet P., «Ann. de Phys.», P., 1919, t. 12; Winkelmann A., Handbuch d. Physik, B. 2, Abt. 1, Breslau, 1896; Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 18, Lpz., 1928; Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 20, B., 1928; Drude P., Lehrbuch d. Optik, Lpz., 1906; Rosenbuch H. u. Wülfing A., Mikroskopische Physiographie d. petrographisch wichtigen Mineralien, 4 Aufl., H. 1—2, Stg., 1904—05; Hauswaldt H., Interferenz-Erscheinungen im polarisierten Licht, Magdeburg, 1902, 1904, 1908, Drei Reihen. **С. Вавилов.**

ПОЛЯРИМЕТРЫ, поляризационные аппараты, приборы для измерения *вращения плоскости поляризации* (см.). Для практики химич., технич., а также медицинского анализа наибольшее значение имеет вращение плоскости поляризации в жидкостях, и П. конструируются в виде приборов, приспособленных по преимуществу для жидкостей. Величина, подлежащая измерению в П., есть угол α поворота плоскости поля-

© ГПНТБ

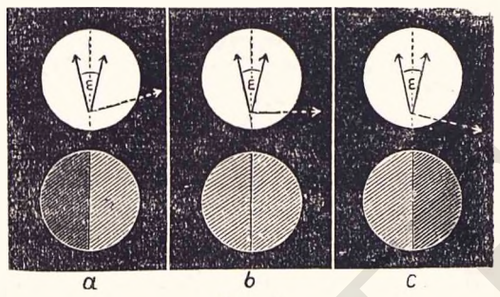
ризации. Для его определения применяются два основных свойства поляризованного света: 1) зависимость интенсивности поляризованного света, проходящего через поляризационные призмы (см. *Поляризационные приборы*), от положения плоскости колебаний; 2) зависимость интерференционного результата от положения плоскостей колебаний интерферирующих лучей (если эти плоскости взаимно перпендикулярны, интерференции не происходит).

Измерение α по максимальному затемнению поля зрения. Грубое определение вращения плоскости поляризации м. б. произведено при помощи простой установки, состоящей из поляризатора и анализатора. Если на пути монохроматического параллельного пучка света помещены две поляризационные призмы, главные сечения к-рых составляют угол в 90° (скрещенные призмы), то свет не проходит через анализатор, и поле зрения остается темным. При внесении оптически активного тела плоскость поляризации поворачивается, свет частично проходит через анализатор, и поле зрения просветляется. Для восстановления максимальной темноты анализатор должен быть повернут на угол α. Если бы при скрещенных призмах свет гасился полностью, то указанным способом можно было бы достигнуть большой точности определения α. В действительности всегда остается заметный паразитный свет, зависящий от несовершенства полировки призм, от ничтожного двойного лучепреломления линз и стеклянных частей в приборе, от отражения на стенках и других причин. При наиболее благоприятных обстоятельствах α измеряется таким способом с точностью не большей ~10′. Увеличение чувствительности установки может быть достигнуто, если воспользоваться естественным недостатком нек-рых поляризационных призм (например Николя), темной полосой Ландольта — Липпиха (см. *Поляризационные приборы*). Если поляризатором служит призма с нормальными гранями (Глана, Глазебрука), то при скрещивании поляризатора и анализатора на общем темном фоне видна черная полоса, параллельная главному сечению анализатора. При внесении активного вещества поле просветляется, полоса исчезает или слабеет и м. б. восстановлена с максимальной резкостью при повороте поляризатора на угол α. При монохроматич. освещении умеренной яркости α м. б. измерен таким способом с точностью примерно до 1′. Пользуясь интенсивным солнечным светом, Липпих добивался точности до 5″. Еще бо́льшая точность установки на максимальное затемнение получается при помощи пластинки (или полярископа) Сенармона (фиг. 1, I). Пластинка состоит из четырех кварцевых клиньев, вырезанных перпендикулярно оптич. оси и склеенных в виде плоскопараллельной пластинки. Клинья a и d вырезаны из правовращающего кварца, клинья b и c — из левовращающего. При прохождении параллельного поляризованного пучка света через пластинку найдется место, где правое вращение в точности компенсируется левым, причем если световые колебания падающего света параллельны ребрам AB, CD, то это место расположено одинаково в обеих половинах пластинки $EBCF$ и $EADF$. Между скрещенными поляризатором и анализатором будет видна черная, несколько размытая полоса. При вращении плоскости поляризации падающего света черные полосы в двух половинах поля зрения сместятся в противоположных направлениях (фиг. 1, II), и для их совмещения поляризатор д. б. повернут на угол α.



Фиг. 1.

Полутеневые П. Наибольшее применение в практике точных поляриметрич. измерений получили приборы, построенные на принципе полутени, позволяющем очень сильно повысить точность установки на максимальное затемнение. Во всех полутеневых П. поляризатор разделен на две или три части, пропускающие световые колебания в нескольких различных плоскостях, образующих небольшой угол ε между собою (верхняя часть фиг. 2). Перед измерением анализатор прибора поворачивается в положение максимальной темноты. Это достижимо однако при описанном устройстве поляризатора только для одной половины поля, по произволу левой или правой (нижняя часть фиг. 2, a и 2, c). В качестве чувствительного индикатора пользуются промежуточным положением равенства интенсивностей обеих половин поля (фиг. 2, b). Слабое освещение, получающееся при этом, определяет название метода — полутеневой. Если на пути между поляризатором и анализатором произойдет вращение плоскости поляризации на угол $\Delta\alpha$, то равенство полей нарушится, и для выравнивания их анализатор нужно повернуть на $\Delta\alpha$. Чувствительность установки м. б. рассчитана следующим образом. По закону Малю (см. *Поляризация света*) интенсивность в обеих половинах поля при условии равенства выразится при малых значениях ε так:



Фиг. 2.

$$E = E_0 \sin^2 \frac{\varepsilon}{2} \cong E_0 \frac{\varepsilon}{2} \qquad (1)$$

(если пренебречь некоторым постоянным ослаблением света в одной половине). При вращении плоскости поляризации на $\Delta\alpha$ интенсивности перестают быть равными, и для малых значений ε и $\Delta\alpha$

$$E_1 = E_0 \sin^2\left(\frac{\varepsilon}{2} + \Delta\alpha\right) \cong E_0\left(\frac{\varepsilon}{2} + \Delta\alpha\right)^2,$$

$$E_2 = E_0 \sin^2\left(\frac{\varepsilon}{2} - \Delta\alpha\right) \cong E_0\left(\frac{\varepsilon}{2} - \Delta\alpha\right)^2,$$

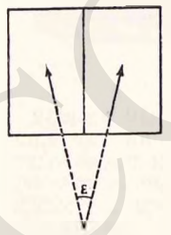
откуда, пользуясь (1) и обозначая $E_1 - E_2 = \Delta E$, находим:

$$\Delta\alpha = \frac{\varepsilon}{8}\frac{\Delta E}{E}. \qquad (2)$$

При наблюдении глазом при данной интенсивности E существует нек-рая минимальная разница интенсивностей $(\Delta E)_m$, еще воспринимаемая визуально как таковая (порог фотометрической чувствительности), при $\Delta E < (\Delta E)_m$ различие интенсивностей не ощущается. Для опытных наблюдателей при умеренно слабом освещении $\frac{(\Delta E)_m}{E} \cong 0{,}02$, и т. о. предельное измеримое значение

$$\Delta\alpha \cong 2{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot \varepsilon. \qquad (3)$$

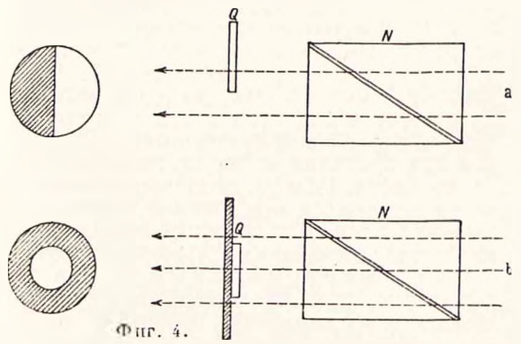
Ф-ла (3) применима однако только для не слишком слабых интенсивностей поля зрения. По мере уменьшения ε полутеневое освещение становится все слабее, и вместе с тем начинает резко возрастать $\frac{\Delta E}{E}$, т. е. глаз становится все менее фотометрически чувствительным. При данном источнике света существует оптимальное значение ε, при котором установка делается с наибольшей точностью. При освещении зеленой линией ртутной лампы возможно достигнуть точности установки менее половины 1′. Полутеневой поляризатор осуществляется различными способами.



Фиг. 3.

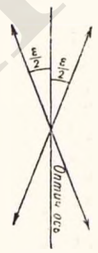
Полутеневые призмы Джеллетта и Корню являются в сущности расщепленным и вновь склеенным николем, причем перед соединением одна половина николя клинообразно сошлифовывается (на угол ε). Николь, соединенный т. о. вдоль двух своих половин, пропускает поляризованные лучи, плоскости колебаний к-рых образуют постоянный угол ε (фиг. 3). В настоящее время такие поляризаторы помещаются только в наиболее простых и грубых приборах.

В поляризаторе Лорана (фиг. 4) разделение поля и поворот плоскости поляризации

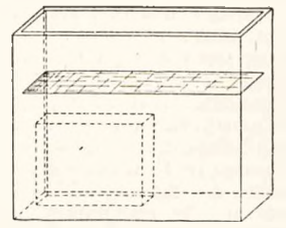


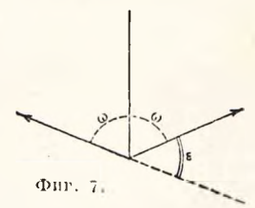
Фиг. 4.

достигается тонкой кварцевой пластинкой Q, вырезанной параллельно оптич. оси и создающей оптич. разность хода в полволны (или в нечетное число полуволн), — т. н. пластинкой $\frac{\lambda}{2}$. Пластинка ставится за поляризационной призмой N и закрывает либо половину поля (фиг. 4, a) либо центральную часть поля (фиг. 4, b); в последнем случае круглая пластинка $\frac{\lambda}{2}$ наклеена на стекло. Пластинка в $\frac{\lambda}{2}$ вызывает в обыкновенном и необыкновенном лучах двойного преломления разность фаз π, вследствие чего световой вектор поляризованного света, составляющий при падении угол $\frac{\varepsilon}{2}$ с оптической осью (фиг. 5), поворачивается при выходе в положение, симметричное первоначальному, вновь образуя угол $\frac{\varepsilon}{2}$ с осью, но с другой стороны. Поворотом призмы N полутеневой угол ε может меняться в любых пределах. Недостатком поляризатора Лорана является пригодность его только для определенной λ, для другой λ данная кварцевая пластинка уже не будет пластинкой в $\frac{\lambda}{2}$. Если в поляризаторе Лорана (фиг. 4) заменить пластинку, вырезанную параллельно оптич. оси, тонкой кварцевой пластинкой, вырезанной перпендикулярно оси, то поворот плоскости поляризации на угол ε в одной половине поля будет вызываться благодаря вращению плоскости поляризации в кварце. Эта установка неудобна, 1) потому что для получения достаточно малого ε кварцевая пластинка д. б. чрезвычайно тонкой, 2) вследствие невозможности вариации ε. Пойнтинг пользовался вместо кварцевой пластинки для той же цели плоскопараллельной стеклянной кюветой, наполненной раствором оптически активного сахара (фиг. 6). В кювету погружена толстая стеклянная пластинка, разделяющая поле на две половины.



Фиг. 5.

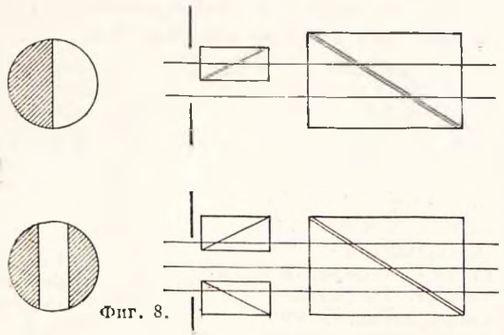

Фиг. 6.



Фиг. 7.

Применение толстых пластинок кварца, вырезанных перпендикулярно оптич. оси, для полутеневой установки осуществлено в бикварце Солей. Бикварц состоит из двух толстых кварцевых пластинок, вырезанных перпендикулярно оси из правого и левого кварца и тщательно склеенных рядом. Монохроматический поляризованный свет с колебаниями, параллельными линии раздела, проходя через бикварц, испытывает противоположное симметричное вращение плоскости поляризации в левом и правом кварце (фиг. 7) на угол ω. В очень тонком бикварце полутеневым чувствительным углом служит угол 2ω, в толстом бикварце таковым является угол $\pi - 2\omega$ (фиг. 7). При тщательном подборе толщины бикварца для данной λ чувствительный угол можно сделать сколь угодно малым. Пре-

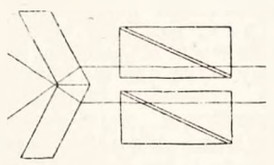
имуществом бикварца является возможность работы с ним при белом, не монохроматич. свете. Вследствие дисперсии вращательной способности (см. *Вращение плоскости поляризации*) различные цвета, входящие в белый свет, испытывают различное вращение плоскости поляризации. Бикварц, находящийся между поляризатором и анализатором, при освещении белым светом кажется поэтому интенсивно окрашенным, при повороте анализатора или поляризатора окраска резко меняется. При некотором положении анализатора обе половины поля окрашены в одинаковый цвет. Это равенство интенсивности и окраски служит индикатором для установки анализатора. Если толщина бикварца равна 3,75 *мм*, то при работе с обычными $t°$-ными излучателями или солнечным светом в одном из положений равной окраски обе половины поля приобретают интенсивно пурпуровый оттенок (чувствительный оттенок). При ничтожном повороте анализатора одно поле становится красноватым, другое синеватым. Если между поляризатором Солей и анализатором, установленным на чувствительный оттенок, поместить оптически активное тело, то окраска обоих полей делается резко различной, и для восстановления чувствительного



Фиг. 8.

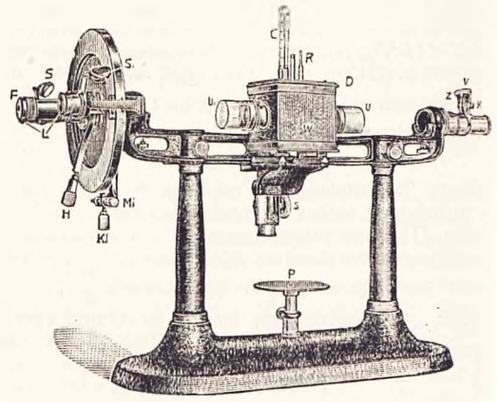
цвета анализатор нужно повернуть на угол α. Таким способом α м. б. измерен с точностью до нескольких минут. Бикварц Солей иногда применяется в технич. П.

Наиболее распространенным и совершенным полутеневым поляризатором является поляризатор Липпиха, устройство которого в двух вариантах дано на фиг. 8. Он состоит из двух (или трех) поляризационных призм, большая призма неподвижна, малая может поворачиваться на некоторый полутеневой угол посредством особого рычага. В случае двух призм поле зрения разделено на две части, в случае трех — на три. В последнем случае точность установки (на одинаковую минимальную разницу с обеих сторон) возрастает приблизительно вдвое. Видоизменением поляризатора Липпиха является поляризатор, применяемый в приборах англ. оптич. фирмы Hilger (фиг. 9). Обе призмы одинакового размера и поставлены рядом, выходящие лучи наклоняются до соприкосновения двумя стеклянными пластинками,



Фиг. 9.

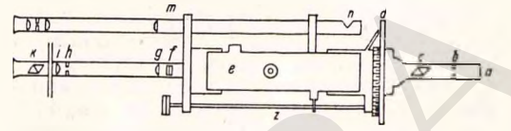
поставленными под углом. В П. сист. Hilger угол между главными сечениями поляризационных призм постоянен. На фиг. 10 дан общий вид прецизионного П. с поляризатором Липпиха, по Ландольту. Маленькая призма поляризатора соединена с рычагом Z, передвигающимся относительно градусной шкалы V и закрепляемым винтом K. Анализатор соединен с большим деленным кругом с нониусами, отсчеты производятся через две лупы L на двух концах диаметра, освещение шкалы достигается с помощью зеркал S. Зрительная труба F устанавливается резко на черту раздела между двумя призмами поляризатора. Грубый поворот анализатора производится ручкой H, тонкая установка—посредством микрометрич. винта Mi, освобождаемого клеммой Kl. На фиг. 10 поляриметрическая трубка с исследуемой жидкостью помещена в нагреватель Ландольта, состоящий из латунного асбестированного ящика W, в к-рый наливается вода или парафиновое масло, окружающие поляриметрич. трубку. Нагревание производится снизу газовой горелкой, помещаемой на столик P. Для предохранения стеклянных пластинок, закрывающих трубку, от осаждения влаги концы трубки окружены снаружи защитными стеклянными сосудами U, закрытыми плоскопараллельными стеклами. Внутрь этих сосудов для осушения кладется хлористый кальций. Через крышку D наружу выходит ручка мешалки R, отверстие для термометра C и трубка, соединенная с поляриметрич. металлич. трубкой для принятия избытков расширяющейся жидкости. Рельсы, поддерживающие W, могут опускаться при помощи винта s для замены нагревателя обычным металлич. каналом для помещения поляриметрич. трубки.



Фиг. 10.

Интерференционный П. Два когерентных луча не интерферируют, если плоскости их колебаний повернуты на 90°; при изменении положения плоскостей появятся интерференционные полосы. На этом принципе м. б. измерено вращение плоскости поляризации. Применение обычных *интерферометров* (см.) для этой цели слишком громоздко, удобнее воспользоваться интерференционными полосами, к-рые дают различные двоякопреломляющие пластинки или системы пластинок между поляризатором и анализатором. В особенности чув-

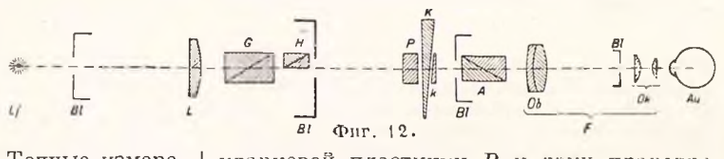
ствительна в этом отношении пластинка Савара (см. *Полярископ*). Резкие прямые полосы, пересекающие поле зрения, в присутствии пластинки Савара между поляризатором и анализатором вполне исчезают в центре картины, если колебания луча, падающего на пластинку, параллельны плоскости главного сечения одного из двух



Фиг. 11.

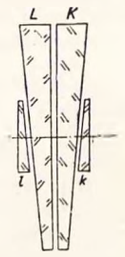
кристаллических слоев пластинки и сечение анализатора составляет 45° с главными сечениями пластинки Савара. При ничтожном повороте плоскости поляризации света, падающего на последнюю в поле зрения глаза, установленного на бесконечность, появляются заметные полосы, которые можно заставить исчезнуть поворотом поляризатора на угол α. На этом основании построен поляристробометр Вильда, схема которого приведена на фиг. 11. Свет, падающий через круглое входное отверстие a и диафрагму b на поляризатор c, проходит через пластинку Савара f, через линзы g и i и диафрагму h к анализатору k. Входная труба ac соединена с деленным кругом d, к-рый можно вращать посредством стержня z с зубчаткой на правом конце. Отсчет делений круга производится через трубу mn; e—поляриметрич. сосуд с исследуемым веществом. Точные измерения с пластинкой Савара возможны только при достаточно сильном освещении, иначе угол исчезновения полос устанавливается неуверенно и неточно. При соблюдении указанного условия и при дальнейшем усовершенствовании пластинки Савара (см. *Поляриском*) поляристробометр в состоянии дать наивысшую возможную чувствительность изменений α. До сего времени однако прибор Вильда широкого распространения не получил.

Сахариметры. Для технич. анализа растворов сахара, патоки и прочих продуктов сахарного производства, для изучения растительных соков и других биологич. жидкостей и для нек-рых случаев медицинского анализа абсолютное значение α и в частности его зависимость от λ не представляет самостоятельного интереса. Вращение плоскости поляризации служит здесь лишь весьма чувствительной мерой концентрации растворов сахара. Поэтому П., специально предназначенные для определения концентрации сахара, или сахариметры, строятся несколько иначе, нежели универсальные П. Существенными особенностями являются: 1) применение белого света вместо монохроматического, что упрощает измерения и позволяет работать при больших яркостях, и 2) особая шкала, позволяющая непосредственно отсчитывать концентрацию сахара. Простейшим прибором, с к-рым можно производить довольно точные измерения вращения плоскости поляризации при освещении белым светом, является прибор, снабженный кроме простых поляризатора и анализатора еще бикварцем Солей. Для той же цели вполне пригоден и поляристробометр Вильда. Наиболее распространенные полутеневые приборы в их первоначальном виде не могут функционировать при освещении белым светом, т. к. при вращении плоскости поляризации обе половины поля окрашиваются в разный цвет вследствие вращательной дисперсии, и чувствительная полутеневая установка невозможна. Это затруднение обходится однако для растворов сахара применением кварцевого компенсатора Солей (см. *Компенсаторы*). Случайным образом вращательная дисперсия кристаллического кварца в видимой области спектра весьма точно совпадает с вращательной дисперсией различных сортов сахара за исключением синей и фиолетовой части спектра. Если компенсировать вращение сахара противоположным вращением кварца определенной толщины, то поле зрения не окрашивается и преимущества полутеневого прибора м. б. сохранены. На фиг. 12 дана схема расположения оптических частей сахариметра Липпиха с компенсатором Солей PKk; Li—источник света, L—линза, G, H—поляризатор Липпиха, A—анализатор, F—зрительная труба с объективом Ob и окуляром Ok, Bl—диафрагмы, Au—глаз. Компенсатор Солей состоит из левовращающей



Фиг. 12.

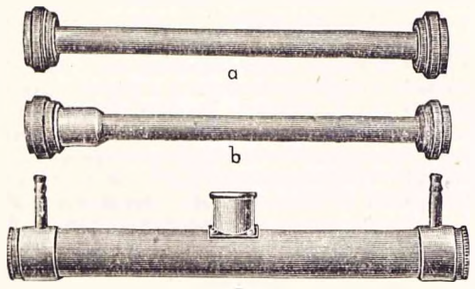
кварцевой пластинки P и двух правовращающих клиньев K и k. Перемещением большого клина K посредством микрометрич. винта можно менять толщину правовращающей части в поле зрения в широких пределах и т. о. с большой точностью компенсировать вращение плоскости поляризации, вызванное раствором сахара. Для исключения влияния возможных небольших оптических неоднородностей кварца некоторые немецкие фирмы снабжают прецизионные сахариметры двойными компенсаторами (фиг. 13). Система состоит из двух маленьких неподвижных левовращающих клиньев l и k и двух больших правовращающих L и K, каждый из к-рых может перемещаться независимо. Благодаря этому установка на равную полутень м. б. достигнута в любом месте шкалы, и измерение вращения плоскости поляризации м. б. повторено в различных местах компенсационных клиньев. Для устранения синих и фиолетовых лучей, вызывающих окраску в сахариметре с компенсатором, свет фильтруют через 6%-ный раствор двухромовокислого калия (15 *мм* толщины) или через другие эквивалентные светофильтры. Для градуировки компенсатора применяются специальные сахариметрич. шкалы. Шкала Фентцке определяется международной комиссией след. обр.: «26 *г* чистого сахара отвешиваются в воздухе ла-



Фиг. 13.

тунным разновесом и растворяются в воде до 100 *см*³ раствора. В поляриметрич. трубке 200 *мм* длиною этот раствор при 20° С дает вращение, соответствующее 100° Фентцке» (подразумевается освещение линией *D* натрия). Для проверки шкал оптич. фирмами выпускаются тщательно проверенные нормальные кварцевые пластинки. 1° V.= =0,34657° (угловым) при освещении желтым светом *D*-линии натрия. Во франц. П. применяется б. ч. другая шкала (Солей): 1° S.= =0,21667° (угловым).

Поляриметрические трубки. Нормальная длина поляриметрич. трубок для наполнения исследуемой жидкостью составляет 20 *см*, кроме того применяются трубки длиною в 5, 10 и 40 *см*. Нек-рые распространенные типы трубок изображены на фиг. 14: *a*—обычная стеклянная трубка, *b*—

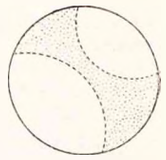


Фиг. 14.

стеклянная трубка с уголщением на одном конце, представляющем собою запасное пространство для пузырьков воздуха, к-рые могут попасть в трубку, *c*—металлич. трубка с боковым тубусом для термометра и с двойной оболочкой для пропускания воды с постоянной $t°$. Открытые концы трубок, к к-рым прижимаются запирающие плоскопараллельные стекла, д. б. весьма точно параллельными. Толщина стеклянных пластинок около 2 *мм*, пластинки должны быть тщательно отшлифованными и свободными от внутренних натяжений, сопровождающихся двойным преломлением. По этой же причине пластинки не должны слишком тесно прижиматься винторезными крышками к концам трубок; для уменьшения внутренних натяжений применяются резиновые прокладки.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Bruhat G., Traité de polarimétrie, P., 1930 (Подробная библиография); Weigert F., Optische Methoden d. Chemie, Lpz., 1927; Landolt H., Das optische Drehungsvermögen, Brschw., 1898; Hilger A., A Genera Catalogue of the Manufactures, L., 1930. **С. Вавилов.**

ПОЛЯРИСКОП, прибор для обнаружения поляризации видимого света. П., приспособленный для количественного определения степени поляризации, ее характера (эллиптичности) и направления, называется поляриметром. Последнее обозначение чаще однако применяется к приборам, измеряющим только вращение плоскости поляризации (см. *Поляриметры*). Поляризация света обнаруживается: 1) по интерференционным явлениям при двойном преломлении; 2) по особенностям распространения поляризованных лучей в веществе при отражении, рассеянии и преломлении; 3) по специфич. действиям поляризованного света на вещество: световое давление эллиптически поляризованного света на вещество должно сопровождаться сообщением момента вращения телу (эффект, экспериментально еще не обнаруженный); при поглощении поляризованного света изотропными веществами в некоторых случаях появляются и долгое время остаются анизотропные свойства, двойное лучепреломление, оптич. активность (Вейгерт, Цохер); яркость флюоресценции, вызываемой поляризованным светом, неодинакова в разных направлениях; величина фотоэлектрич. тока насыщения зависит при нек-рых условиях от состояния поляризации света (фотоэлектрический эффект); есть указания на зависимость фотохимич. процессов от состояния поляризации; 4) по специфич. действиям поляризованного света на глаз: многие лица с нормальным зрением при внимательном рассматривании ровной поверхности, рассеивающей поляризованный свет (напр. от


Фиг. 1.

алюминиевого экрана, освещаемого через поляризационную призму), видят на общем ярком фоне светового пятна слабо выделяющуюся желто-лимонную фигуру (фиг. 1), к-рая поворачивается при изменении плоскости поляризации рассеиваемого света (явление полос Гайдингера). Практически применены для полярископич. целей только две первые группы явлений.

Интерференционные П. При прохождении поляризованного света через кристаллич. анизотропную пластинку и анализатор наблюдаются интерференционные явления (см. *Поляризация света*), характер которых меняется при вращении анализатора или пластинки. В монохроматич. свете при этом происходят изменения яркости; при освещении белым светом наблюдается также резкое изменение окраски (хроматич. поляризация). В случае отсутствия поляризации интерференции не происходит. Если кристаллич. пластинка имеет форму клина, то в поле зрения видны чередующиеся темные и светлые полосы (см. *Компенсаторы*); интерференционные кривые разнообразных форм наблюдаются в сходящемся свете (см. *Поляризация света*). Т. о. комбинация любой двойной преломляющей кристаллич. пластинки и любого анализатора образует интерференционный П., который будет тем чувствительнее, чем резче интерференционные полосы и чем заметнее их исчезновение и появление. Особенно удобна для полярископич. наблюдений комбинация двух кристаллич. пластинок равной толщины d, сложенных вместе в скрещенном положении (т. е. с плоскостями оптич. осей, образующими угол в 90°). При освещении белым светом интерференционные кривые заметны только при очень тонких кристаллич. пластинках. При указанном соединении двух пластинок полосы видны в белом свете при любых толщинах и при очень небольшом схождении лучей, кроме того чем толще пластинка, тем резче полосы и тем большее количество их помещается в поле зрения. Для скрещенных пластинок одноосного кристалла, оси к-рых образуют угол ψ с нормалью к пластинкам, оптич. разность хода

Δ обыкновенного и необыкновенного лучей при малых углах падения выражается с точностью до членов первого порядка ф-лой:

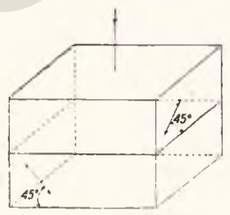
$$\Delta = d\,\frac{(n_1^2-n_2^2)\sin 2\psi}{2(n_1^2\sin^2\psi+n_2^2\cos^2\psi)}(x+y), \qquad (1)$$

где d—толщина пластинки, x и y—прямоугольные координаты (в угловой мере) с началом в центре поля зрения, n_1 и n_2—главные показатели преломления кристалла. Множитель при $(x+y)$ имеет максимальное значение при $\psi = 45°$, когда (1) принимает вид:

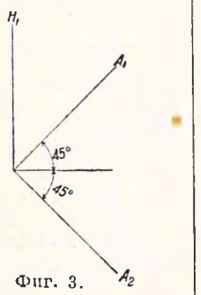
$$\Delta = d\,\frac{n_1-n_2}{n_1+n_2}(x+y). \qquad (2)$$

В этом случае интерференционные полосы наиболее резки и часты, в первом приближении они имеют вид равноотстоящих прямых линий, параллельных плоскости, рассекающей пополам угол между главными сечениями двух пластинок (в действительности эти прямые—отрезки кривых второго порядка).

Пластинка Савара (фиг. 2), чаще всего применяемая в П., является указанным соединением двух скрещенных пластинок из кварца или исландского шпата, вырезанных под углом в 45° к оптич. оси. В П. пластинка Савара устанавливается так. обр., что ее главные сечения образуют угол в 45° с плоскостью поляризации анализатора (фиг. 3). Пусть на пластинку Савара падает монохроматич. эллиптически поляризованная волна,



Фиг. 2.



Фиг. 3.

которую можно разложить на две линейно поляризованные с плоскостями поляризации, параллельными главным сечениям анализатора A_1 и A_2, с амплитудами a и b и с относительным смещением фазы у b на φ. Каждая из составляющих испытывает в пластинке Савара двойное преломление, и для данного места поля зрения обыкновенный и необыкновенный лучи приходят с разностью фаз Δ, определяемой ф-лой (2). В анализаторе обе составляющие эллиптически поляризованного луча при указанных условиях встретятся с амплитудами:

$$x = \frac{a}{2}\left\{\sin\nu t + \sin(\nu t+\Delta)\right\},$$
$$y = \frac{b}{2}\left\{\sin(\nu t+\varphi) - \sin(\nu t+\varphi+\Delta)\right\}$$

(ν—частота световых колебаний), и средняя по времени интенсивность I, соответствующая данному месту поля зрения, выразится:

$$I = \tfrac{1}{2}(a^2+b^2) + \tfrac{1}{2}(a^2-b^2)\cos\Delta + ab\sin\varphi\cdot\sin\Delta. \qquad (3)$$

Отсюда следует, что для линейно поляризованного света с плоскостью поляризации, параллельной A_1 ($b=0$),

$$= \frac{a^2}{2}(1+\cos\Delta). \qquad (3a)$$

Интенсивность поля максимальна при $\Delta = 2k\pi$ (k—целое число). При $a=0$, т. е. для линейно поляризованного света с плоскостью колебаний, параллельной A_1,

$$I = \frac{b^2}{2}(1-\cos\Delta); \qquad (3b)$$

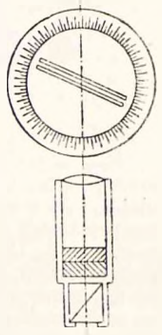
максимумы при $\Delta = 2(k+1)\pi$. При $a=b$ и $\varphi=0$, т. е. при линейно поляризованном луче с колебаниями, параллельными H_1 или H_2,

$$I = a^2, \qquad (3c)$$

т. е. интерференционных полос совсем нет, поле зрения освещено равномерно. Для луча, поляризованного по кругу вправо или влево, $a=b$ и $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$,

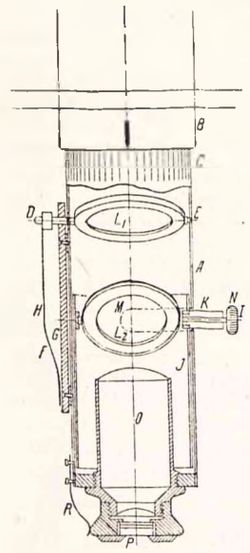
$$I = a^2(1\pm\sin\Delta); \qquad (3d)$$

максимумы для $\Delta = 2k\pi + \frac{\pi}{2}$. Т. о. пластинка Савара (как и всякая кристаллич. пластинка) позволяет легко различать разнообразные состояния поляризации. П. сист. Савара м. б. легко приспособлен для количественных измерений степени поляризации. Для этой цели между источником и П. ставится стопа стеклянных пластинок, помещаемая на деленном круге (фиг. 4). Ось вращения стопы д. б. параллельной направлению световых колебаний изучаемого поляризованного света. При повороте стопы свет деполяризуется (см. *Поляризационные приборы*), т. е. составляющая колебаний в перпендикулярном направлении к направлению преимущественных колебаний в частично поляризованном свете возрастает при изменении угла поворота стопы; при двух симметричных положениях стопы (при достаточном числе пластинок в ней) интерференционные полосы исчезают, при дальнейшем повороте полосы вновь появляются. Половина измеренного угла между двумя положениями исчезновения полос, или угол деполяризации, и является мерою степени поляризованного падающего света. Деполяризация, соответствующая определенному углу поворота стопы, м. б. вычислена по ф-лам Френеля (см. *Отражение света*) с обязательным учетом многократных отражений. Однако вычисления чрезвычайно громоздки при большом числе пластинок в стопе, и практически более удобно калибрировать прибор посредством пучка света с известной степенью поляризации, получаемого напр. при отражении естественного света от черного стекла.

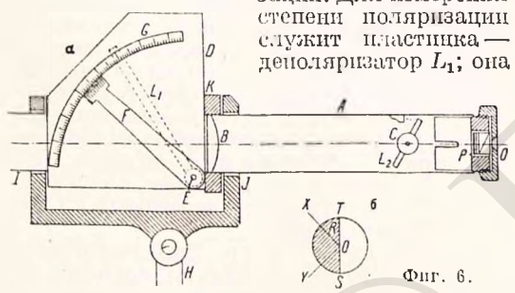

Фиг. 4.

Поляриметр Лио. Лио значительно увеличил чувствительность поляриметра системы Савара несколькими усовершенствованиями в приборе. В качестве анализатора Лио пользуется двоякопреломляющей призмой из стекла и исландского шпата (см. *Поляризационные приборы*), главные сечения к-рой являются биссектрисами главных сечений пластинки Савара. В поле зрения при таком анализаторе видны две системы интерференционных полос, причем анализатор рассчитан так, что максимумы одной

системы ложатся на минимумы другой; число полос удваивается, и получается выигрыш в общей интенсивности поля. Один из поляриметров системы Лио, предназначенный для астрономических наблюдений, изображен на фиг. 5. Он состоит из трубы A, на конце которой помещен окуляр O и поляриметр сист. Лио—P. Труба A может поворачиваться внутри трубы B, поворот измеряется по делениям C. Внутри трубы A помещены далее две поляризующие (или деполяризующие) стеклянные пластинки L_1 и L_2. Первая может вращаться вокруг оси DE (поворот отсчитывается указателем F на деленном секторе G). Пластинка L_2 может поворачиваться вокруг оси HI, связанной с третьей внутренней вращающейся трубой J. Вращение ее производится посредством выступа K, передвигающегося в кольцевом вырезе M в трубке A. Гайка N служит для закрепления пластинки L_2 в различных положениях. Пружина R служит для фиксации ориентировки П. При определении слабо поляризованного света вместо установки на исчезновение полос Лио пользуется следующим приемом: слабые, но вполне заметные полосы искусственно вызываются наклоном стеклянной пластинки L_2. Если при повороте трубки J, связанной с L_2, в крайние положения интенсивность полос не изменяется, то свет—неполяризован или поляризован под углом в 45°, в противном случае вариация интенсивности полос по утверждению Лио служит чрезвычайно чувствительным индикатором наличия поляризации. Для измерения степени поляризации служит пластинка—деполяризатор L_1; она



Фиг. 5.



Фиг. 6.

наклоняется до тех пор, пока при повороте трубы J не будет заметно никаких изменений интенсивности полос. В то время как с обычным П. сист. Савара м. б. измерена степень поляризации не менее 1%, с новым прибором по утверждению Лио возможны измерения до 0,1%. При помощи своего прибора Лио обнаружил поляризацию света солнечной короны без затмения солнца.

Второй прибор Лио изображен на фиг. 6, а. В трубе A в конце K находится плосковыпуклая линза B, наполовину закрытая слюдяной пластинкой R в $\frac{\lambda}{2}$ (фиг. 6, б), обрезанной по направлению ST, являющемуся биссектрисой осей пластинки. На другом конце трубы A находится П. сист. Лио P и диафрагма O. Линия разреза пластинки $\frac{\lambda}{2}$ находится в плоскости рисунка и ориентирована так, что интерференционные полосы ей перпендикулярны. Полосы можно заставить появиться наклоном стеклянной пластинки L_2 вокруг оси C. Труба A входит в ящик D, содержащий большую стеклянную пластинку L_1 (деполяризатор), вращаемую вокруг оси E с деленным сектором G и алидадой F. Весь прибор может поворачиваться относительно оси H и кроме того труба A вместе с ящиком D может поворачиваться в прорезах I и J. Ориентировка указывается деленным кругом K. Если свет не поляризован или поляризован параллельно одной из осей пластинки $\frac{\lambda}{2}$, то при наклоне L_2 интенсивность интерференционных полос будут одинаковой в обеих половинах поля зрения. В противном случае (например для частичной поляризации параллельно обрезу пластинки $\frac{\lambda}{2}$) лучи, проходящие через пластинку $\frac{\lambda}{2}$, выйдут частично поляризованными нормально ее обрезу, в другой же половине поля—параллельно ему, и интенсивность интерференционных полос будет разной в двух половинах поля зрения. Для измерения степени поляризации достаточно наклонить L_1 до выравнивания интенсивности полос в обеих половинах поля зрения. Приборы сист. Лио, предназначенные гл. обр. для измерения слабо поляризованного света, позволяют изучить поляризацию света во всех отношениях (степень поляризации, направление, эллиптичность) и обладают максимальной достигнутой до сих пор чувствительностью.



Фиг. 7.

Интерференционные П. дают весьма неточные результаты при малых интенсивностях. В этом случае более пригодны приборы, основанные на обычных фотометрических принципах, в особенности поляриметр Корню (фиг. 7). Двоякопреломляющая призма Волластона W дает в глазу удвоенное изображение прямоугольного отверстия A, причем два изображения прямоугольника возможно ближе касаются один другого. Это изображение рассматривается через поляризационную призму P, к-рая может вращаться, и устанавливается на равенство обоих полей, освещаемых обыкновенным и необыкновенным лучом. Если падающий свет поляризован, то интенсивность обоих полей a^2 и b^2 неодинакова, и николь должен быть установлен по закону Малю под углом α таким образом, чтобы

$$\frac{a^2}{b^2} = \mathrm{tg}^2\,\alpha. \qquad (4)$$

Т. о. по углу α м. б. определена степень поляризации. Ур-ие (4) строго справедливо только для параллельных лучей, отвесно падающих на призму Волластона. Во избежание ошибок, проистекающих от неправильности установки призмы Волластона, последняя обычно может поворачиваться, и измерения делаются при различных ее азимутах. Прибор Корню широко применяется при метеорологич. наблюдениях поляризации небесного свода. При наличии вращающейся призмы Волластона прибор может применяться также для определения направления и эллиптичности поляризации. Точность прибора Корню не превышает 1% степени поляризации. Применяя стеклянную стопу в качестве деполяризатора, возможно заменить пластинку Савара другими поляризационными, нептерференционными пластинками, напр. бикварцем Солей, пластинкой Сенармона (см. *Поляриметры*), которые функционируют только в случае наличия поляризации в падающем свете. Такие приборы менее чувствительны, чем поляриметры Савара и практически могут с пользою применяться только для малых интенсивностей. Методика количественного изучения поляризации в ультрафиолетовой области спектра до сего времени разработана мало и в большинстве случаев сводится к сравнению почернений, вызываемых на фотографич. пластинке обыкновенным и необыкновенным лучом при двойном лучепреломлении в кристаллах или призмах.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Savart F., «Pogendorffs Annalen», Lpz., 1840, B. 49, p. 292; Mascart E., Traité d'optique, t. 2, P., 1891; Pockels F., Lehrbuch d. Kristalloptik, Leipzig, 1906; Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 19 u 20, B., 1928; Weigert F., Optische Methoden d. Chemie, Lpz., 1927; v. Ubisch G., «Annalen d. Physik», Leipzig, 1911, B. 35, p. 790; Lyot B., «Revue d'optique», Paris, 1926, Année 5, p. 108; Gaviola E. u. Pringsheim P., «Zeitschrift f. Physik», Braunschweig, 1924, B. 24, p. 24.

С. Вавилов.

ПОЛЯРНОСТЬ молекул, мера интенсивности взаимодействия данной молекулы с другими молекулами или ионами; такой мерой обычно служит электрический момент молекулы по Дебаю (Debye)—дипольный момент (см. *Диполь молекулярный*) или обобщенный момент (Семенченко),—определяющий асимметрию распределения положительных и отрицательных зарядов в молекуле. П. фазы в целом можно назвать напряжение внутреннего молекулярного силового поля фазы, т. е. меру интенсивности междумолекулярных взаимодействий, в ней наблюдающихся. С такой точки зрения мерой П. фазы, например жидкости, является любое связанное с П. молекулярное свойство: молекулярное давление, поверхностное натяжение, скрытая теплота испарения и диэлектрич. постоянная жидкости; эти свойства возрастают с увеличением П. (см. *Капиллярные явления*). Наиболее полярной из обычных жидкостей является вода, затем идут органич. жидкости (спирты, к-ты, сложные эфиры, амины и др.), содержащие полярные группы: —OH, $>$CO, —C$\overset{O}{<}_{OH}$, —NH_2 и др.; наименее полярными жидкостями являются парафины—углеводороды насыщенного ряда (гептан, гексан). С возрастанием П. увеличивается и склонность жидкости к полимеризации, ассоциации ее молекул, к комплексообразованию, а также к сольватации и к ионизации растворенных в ней веществ. Из твердых тел весьма полярными являются гетерополярные кристаллы, построенные по типу ионных решеток Na^+Cl^-, $Ca^{++}SO_4^{--}$, $Ca^{++}CO_3^{--}$, наименее же полярными—органич. гомеополярные кристаллы (тип молекулярных решеток), особенно же кристаллич. парафин, т. е. твердые углеводороды насыщенного ряда.

Различие в П. двух соприкасающихся фаз, разность их П., определяет избыток свободной энергии пограничного слоя между ними, т. е. междуфазное *поверхностное натяжение* (см.) σ_{12}; с повышением $t°$ до критической $t°$ смешения (см. *Критические явления*) разность П. уменьшается, обращаясь в нуль (как и σ_{12}) при $t°_{крит.}$; с уменьшением разности П. двух фаз растет их взаимная растворимость, обращающаяся в ∞, когда разность П. обращается в 0.

Ориентационной П. можно назвать способность дипольных (полярных) молекул поверхностно-активных веществ (см. *Капиллярные явления, Адсорбция*) ориентироваться при адсорбции у поверхностей раздела двух фаз; такая ориентация отвечает минимуму потенциальной энергии системы (полярная группа молекулы при этом направляется внутрь наиболее полярной фазы); она тем резче, чем асимметричнее построена молекула, т. е. отчасти определяется ее дипольным моментом; так напр., дизамещенные бензола увеличивают свою ориентационную П. (а следовательно и свою поверхностную активность) при переходе от орто- к мета- и пара-замещенным, когда две замещающих группы различны по П., как у крезолов $CH_3C_6H_4\cdot OH$ или толуидинов $CH_3C_6H_4\cdot NH_2$; когда же обе группы одинаково полярны, как у динитробензолов $C_6H_4(NO_2)_2$, наблюдается (как и должно быть) обратное (см. *Молекула, Диполь молекулярный*). Ориентационная П., растущая в ряду гомологов, определяет не только поверхностную активность (т. е. адсорбируемость) веществ, но и ряд других важных свойств, имеющих большое значение для физико-химии коллоидов (дисперсных систем) и связанных с ней областей технологии. Сюда относятся: стабилизация суспензий, эмульсий и *пен* (см.), *пассивирование* (см.) твердых поверхностей, изменения смачиваемости и влияния на флотационные равновесия. Ориентация (адсорбция) молекул у поверхности раздела двух фаз обусловлена наличием разности П. между ними и тем резче выражена, чем больше эта разность П. При этом адсорбироваться могут только молекулы тех веществ, к-рые при этом уравнивают разность П. обеих граничащих фаз—диэлектриков (правило уравнивания П.).

Лит.: Наумов В. А., Химия коллоидов, 2 изд., Л., 1930; Ребиндер П. А. и Таубман А. Б., «Журнал прикладной физики», М.—Л., 1930, т. 7; Семенченко В. К., там же, М.—Л., 1930; Фрумкин А. Н., «УФН», 1925, т. 5; Debye P., Polare Molekeln, Lpz., 1929; Rehbinder P., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1927, B. 129, p. 163; Sementschenko W., ibid., 1927, B. 129, p. 178; «Biochem. Ztschr.», B., 1927, B. 187, p. 16; Langmuir Irv., «Am. Soc.», 1917, v. 38, p. 1848; Freundlich H., Kapillarchemie, 4 Aufl., B. 1, Lpz., 1930; Frumkin A., «Ergebnisse d. exakt. Naturwissensch.», B., 1929, B. 8.

П. Ребиндер.

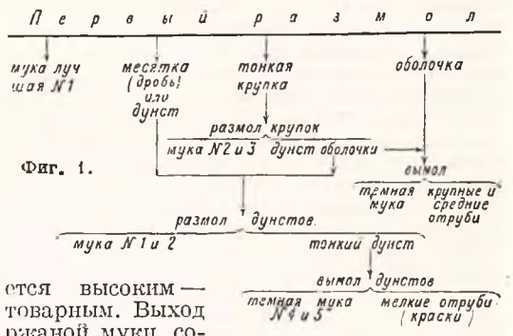
ПОМЕРАНЦЕВЫХ ЦВЕТОВ ЭФИРНОЕ МАСЛО, или неролиевое, или бигардиное, масло, получается при перегонке цве-

тов горького померанца—Citrus Bigardia (южная Франция и прилегающие районы Италии). Выход масла достигает 0,1% (чаще ок. 0,08%); одновременно получается значительное количество померанцевой или флердоранжевой воды (на каждый *кг* цветов 1 *кг* воды). В состав масла входят: *l*-α-пинен, *l*-камфен, дипентен, углеводород $C_{27}H_{56}$, линалоол и его эфиры (до 30%), гераниол, нерол, *d*-терпинеол, фенилэтиловый спирт, фарнезол, неролидол, децило́вый альдегид, жасмон, фенилуксусная кислота, метиловый эфир антраниловой к-ты (характерное для запаха вещество). Масло, растворенное в померанцевой воде, богаче метиловым эфиром антраниловой к-ты. Высокая цена масла обусловливает частую фальсификацию по преимуществу бергамотным и петигреновым маслами. Потребность СССР исчисляется в 250—300 *кг* и м. б. покрыта внутренним производством при условии разведения горького померанца на Черноморском побережьи Кавказа, где климатич. условия и опыты подтверждают полную возможность этого.

Лит.: см. *Эфирные масла.* **Б. Рутовский.**

ПОМОЛЫ. В процессе развития техники мукомолья (см. *Мукомольные мельницы*), от первобытных жерновов и неклевальных мешков (для просева муки) до высшей степени состояния мукомольного производства в настоящее время, улучшение методов П. зерна (получения муки) породило бесчисленное количество вариантов, к-рые однако можно свести к двум методам: 1) простому (или низкому) П.; 2) повторительному (или высокому) П. В Германии отличают еще промежуточный, полувысокий П. (Halbhochmüllerei), который однако можно причислить к высокому, т. к. он составляет только некоторое упрощение последнего.

Простой П. делится на следующие разновидности: первая его ступень, каким он был с древнейших времен, это разовый П., известный под названием крестьянского. Зерно перемалывается в один раз, т. е. одним пропуском через низко осаженный жернов, причем оно перемалывается вместе с оболочками в муку. Отсев производится только ручным ситом, если речь идет о пшенице; из ржаной муки хлеб печется без отсева отрубей. Интендантский П., тот же разовый, только с предварительной очисткой зерна (ржи) от песка и легких примесей (бурат и тарар, или сепаратор, иногда еще куколеотборник). После размола на жернове или вальцовом станке с нарезными валками мука отсеивается через сито № 20 (т. е. 20 клеточек на 1 пог. дм.=26 *мм*), а сход возвращается на размол на тот же жернов или вальцовый станок для окончательного раздробления (оболочек), примешиваясь к поступающему свежему зерну. Обойный П., обычно ржи, тот же разовый П. на жернове или нарезном вальцовом станке, но с предварительной очисткой зерна на сепараторе и обойке, с выходом 95% муки и отсевом оболочек (вместе с отходами очистки) до 5%. И наконец сеяный П. с очисткой зерна на сепараторе-куколеотборнике, на двух проходах через обойки и на сепараторе. Этот П. многократный. Зерно раздробляется на нарезных вальцовых станках постепенно, с целью получить более чистую муку с наименьшим попаданием в нее пыли от дробления оболочек зерна. Каждый пропуск — дробление зерна на вальцах — называется дранье́м. После каждого дранья отсевается только мука, а все остальные промежуточные продукты — сход с верхнего (проволочного) сита (крупные части зерна), т. н. драная крупа, сход с мучных сит, мучные части ядра крупнее муки (месятка) и мелкие части оболочки или дробь зерна с неотставшими частицами муки—поступают на вальцовый станок следующего дранья (фиг. 1). Для ржи такой помол при 5 или 6 драных системах явля-



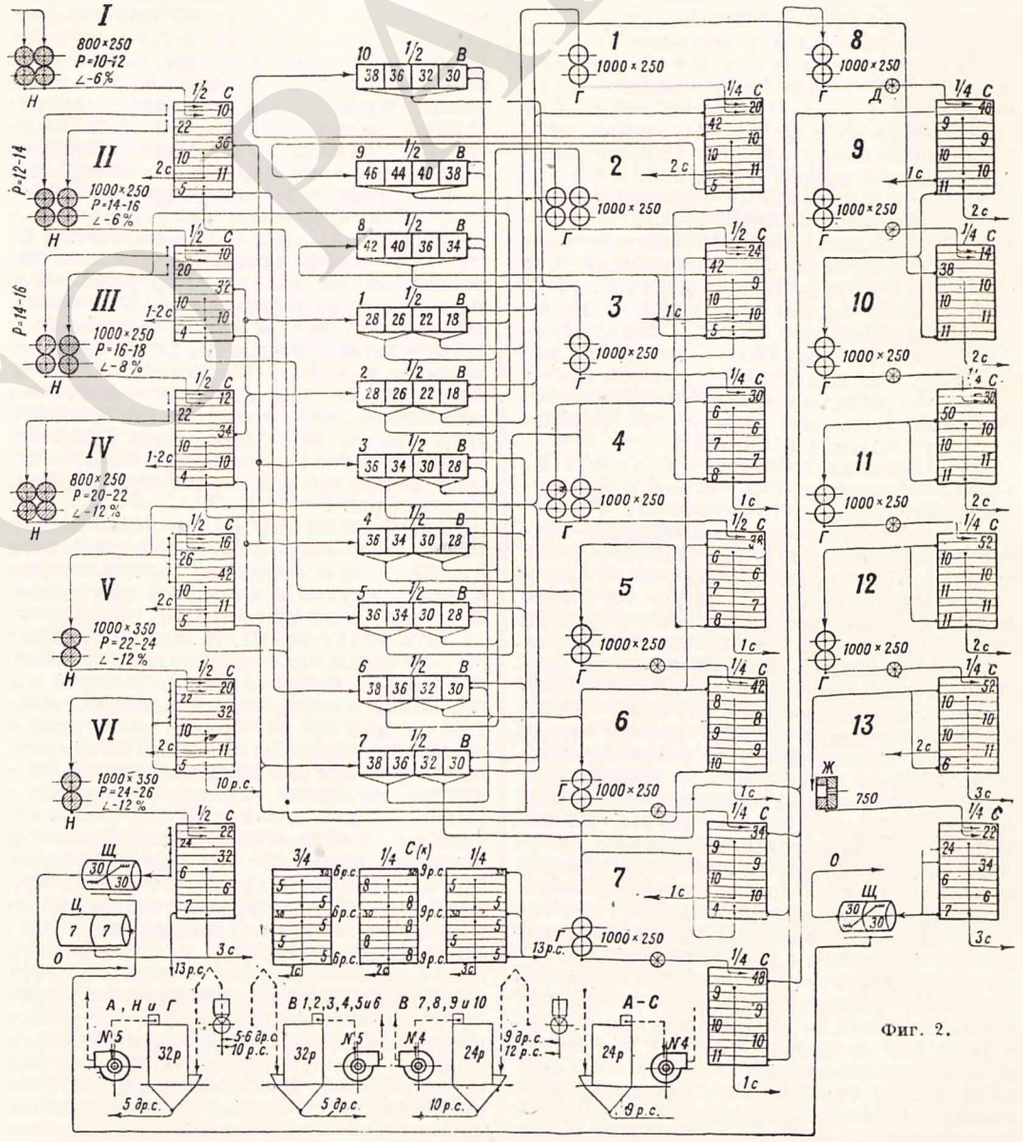
Фиг. 1.

ется высоким — товарным. Выход ржаной муки составляет 68—72%, остальные отходы — обойки и отруби (отходящие с последнего драного процесса отсеянные от муки плоские части оболочки). При условии первого пропуска через площильные вальцы и отсева выделяемого при раздавливании зерна небольшого количества грязной муки, т. н. синьки, следующий процесс, 1-е дранье, дает при соответствующих мучных ситах (№№ XI—XII) муку пеклева́нь. При этом П. сход с нижнего сита 1-й, 2-й и 3-й драных систем иногда размалывается на отдельных вальцовых системах с мелко нарезанными валками, для более успешного размельчения промежуточных продуктов П. Для перемола пшеницы описанный П. является хотя и повторительным, но простым П. Этот П., усовершенствованный французами в 18 в., известен под названием лионского или экономического П.; он давал лучшую муку той эпохи. Постепенным дроблением зерна, в особенности при мягкой пшенице и эластичной оболочке, достигалось наименьшее ее распыление и попадание в муку. В других европ. странах повторительный франц. П., в особенности в Венгрии, при твердых пшеницах, не давал результатов.

Применение венгерцем Пауром вейки для очистки промежуточного продукта перемола, крупки, от оболочек, увеличение числа драных процессов и более высокий режим дранья с целью получения меньше муки и месяток и больше крупок, подлежащих очистке, создали повторительный высокий П., известный под названием венгерского, крупчатного (в России дореволюционного периода) и сортового в настоящее время. Повторительный высокий П. характеризуется применением веек, служащих для очистки крупок (также и месяток)—главнейшего продукта, из к-рого надлежит при этом П. получить лучшего качества муку. Вейки имеют значение не только как машины, очищающие крупку

или дунсты, они одновременно производят сортировку продуктов, отделяя от крупок и дунстов тяжелые и легкие относы (частицы оболочки с неотделенной мукой и почти чистые от муки оболочки). Т. о. роль веек не исключается при односортном 75% П. (и свыше), когда смешивается мука от продуктов, очищенных и не очищенных вейками, т. к. для успеха П. важно промолоть отдельно тяжелые относы (2—3 раза) и легкие (1½ раз), передавая их на соответственные размольные системы.

На II и III драных системах проведено раздельное крупное ($P = 12 \div 14$ и $P = 14 \div 16$) и мелкое дранье ($P = 14 \div 16$ и $P = 16 \div 18$). Наиболее принятые уклоны рифлей к образующей валка от 6% на I дранье до 12% на VI дранье. *Г*—гладкие вальцовые станки, 7 станков = 14 пар валков (12 размольных систем от 1 до 12). *Ж*—жерновой постав (13 систем), *Д*—деташер (разрыхляющий лепеш-



Фиг. 2.

Фиг. 2 изображает схему трехсортного П. мельницы производительностью 100 *т* пшеницы в 24 ч., где буквой *Н* обозначены заштрихованными кружками нарезные вальцовые станки, 5 станков = 10 пар валков (6 драных систем). Число нарезок (рифлей) *Р* равно 10—12 на 1″ по окружности валка (4—5 на 1 *см*) на I дранье, до $P = 24 \div 26$ рифлей на 1″ (10—11 на 1 *см*) на VI дранье. ки, получающиеся при размоле на гладких валках), *С*—сита (рассевы), 8 шт. [3 шт. для драных систем, 3¾ для размольных (гладких) и 1¼ для контрольных систем *С(к)*], *В*—вейки, 5 шт. = 10 половинкам, *О*—выход отрубей, *Ц*—центробежный бурат, *Щ*—щеточная для отрубей. В рассевах и вейках цифры означают № сит; цифры при вальцовых станках (800 × 250 — 1 000 × 250) означают длины и диаметры валков в *мм*. *А* означает аспирационные установки: *А*, *Н* и *Г*—аспирацию нарезных и гладких

вальцовых станков, состоящую из одного всасывающего фильтра в 32 рукава и экгаустера № 5. «*А—В*» означает аспирацию веек, состоящую из одного всасывающего фильтра в 32 рукава и экгаустера № 5 для вечных систем № 1, 2, 3, 4, 5 и 6 (3 вейки) и из одного фильтра в 24 рукава и экгаустера № 4 для вечных систем № 7, 8, 9 и 10 (2 вейки). «*А—С*»—аспирацию рассевов, состоящую из одного фильтра в 24 рукава и экгаустера № 4. Движение продуктов с вальцов на рассевы и с рассевов на вальцовые станки и вейки обозначено линиями со стрелками. Вейки *1* и *2* очищают крупные крупки I, II и III дранья, вейки *3*, *4* и *5*—мелкую крупку II и III дранья, вейка *6* очищает мелкую крупку I дранья, вейка *7*—мелкую крупку IV дранья и относы веек *3*, *4*, *5* и *6*; вейка *10* очищает крупку с 1-й размольной системы (2-й сход с рассева 1-й размольной системы); вейка *9*—мелкую крупку с той же системы (нижний сход с рассева 1-й размольной системы). Вейка *8* очищает крупку 2-й размольной системы (2-й и нижний сходы рассева). Мука 1, 2 и 3 сортов обозначена: *1с*, *2с* и *3с* и направляется на контрольные рассевы *С(к)*—*1с*, *2с* и *3с*. (Удельные показатели производительности, размеры машин—см. таблицу в ст. *Мукомольные мельницы*.)

При окружных скоростях до 5 *м/ск* на первых четырех драных системах, преимущественно дающих крупку, рифли работают острием на острие; на последних драных (вымалывающих) рифли ставятся тупым на тупое. При окружной скорости 6 *м/ск* и выше (америк. метод П.) острие на острие дает чрезмерное дробление оболочки. При этих скоростях и подготовленном путем кондиционирования мягком зерне с эластичной оболочкой (процесс приближается к франц. экономическому П.) более чистая крупка получается работой рифлей тупым на тупое, причем быстрота удара приближает действие тупой рифли к острой. При бо́льших скоростях увеличивается получение драной муки и месятки (дунст—по немецкой номенклатуре) и уменьшается получение крупок. Также уменьшается крупнота крупок. Однако при эластичной оболочке зерна драная мука, естественно, относительно меньше загрязнена против твердых пшениц и такой П. в общем дает удовлетворительные результаты. Наиболее принятое отношение скоростей пары работающих нарезных валков 2,5 : 1. Практика помола показала, что лучшие результаты получаются при размоле частей, о д н о р о д н ы х по величине. Это особенно важно при нарезных системах, где размер нарезки должен соответствовать величине обрабатываемых частей. Поэтому принято вести параллельно крупное и мелкое дранье. Когда не проводят деления дранья по крупноте, продукт, по величине средний между драньем и крупкой, т. н. п е р е д и р, разрабатывают на отдельных системах с более мелкими рифлями. К передиру добавляются сходы с веек, очищающих крупную крупу 2-го и 3-го дранья. Продукт с драного станка поступает на рассев драной системы, к-рый при 12 ситовых рамках (см. фиг. 2) имеет 2 верхних сита (№№ 10—16 на 1″ проволочных), дающих в сходе крупное дранье, 2 вторых сита (№№ 20—26 проволочные), дающих сходом мелкое дранье или передир (несколько меньший против мелкого дранья, что достигается сгущением верхних 2 сит), 2 третьих сита (№№ 32—36 проволочные) дают сходом крупную крупу. Далее 4 мучных шелковых (или бронзовых) сита дают проходом муку. Последние 2 шелковых или бронзовых сита № 4—5 дают проходом месятку, или дунст, и сходом—мелкую крупу. На больших мельницах не исключается в одно время деление на крупное и мелкое дранье и выделение передира. В этом случае передир получается верхним 3-м сходом (вместо крупной крупки), тогда крупная крупка, полученная 4-м верхним сходом (за счет 2 мучных сит), нижние 2 дунстовых сита оставляются для муки и сходом получается дунст + крупки, поступающие на особый сортировочный рассев, дающий дополнительный отсев муки, выделение дунста и разделение крупок на две величины: на средние и мелкие. К р у п а, получаемая либо непосредственно с драных (и передирных) рассевов или с пересева на сортировочных рассевах, идет раздельно по величине на вейки. Допускается соединение вместе крупок ближайших или сходных по добротности, например 2-й и 3-й драных систем. Обычно на современных ситовейках крупа получается очищенной с одного прохода, иногда применяется контрольная очистка крупок.

Ш л и ф о в к а к р у п о к. Как бы тщательно ни очищать крупки действием ветра, с добротными крупками попадают равнотяжелые крупки с частицами неотделенной оболочки, к р а с н о б о к и е. Прежде чем пустить крупу на П., ее поэтому (отдельно по величинам, но соединяя по добротности) пропускают с легким нажимом через гладкие валки с дифференциальными скоростями 1,25 : 1 или 1,5 : 1, причем от крупки откалываются частицы оболочки. После отсева на рассеве крупка (уменьшившаяся по величине, но более добротная) поступает на вейки (см. фиг. 2, вейки №№ *8*, *9* и *10*) и оттуда на 1-й размол на гладких валках с тем же отношением 1,25 : 1 или 1,5 : 1. П. крупок при стремлении получить часть муки крупной рассыпчатой (в виде крупчатки) ведется с средним нажимом. С рассева после такого П. получается мягкая и крупная мука, дунст, мелкая крупка и верхним сходом части крупки, принадлежащие к наружным частям мучного ядра. Крупки и дунсты направляются на вейки (обслуживающие размольные системы) и после очистки на дальнейший помол. При помоле без отделения крупчатой муки возможен более интенсивный размол крупок после шлифовочного процесса прямо на муку.

П е р е м о л д у н с т о в. Промежуточный продукт между мукой и крупой — дунст — очищается на ситовейке и перемалывается с энергичным нажимом валков с целью получения наибольшего количества муки. Из дунстов, получаемых в результате П. крупки, получается мука 1-го сорта, того же качества что и из крупок. В результате последовательных П. крупочный дунст качеством понижается и размалывается вместе с соответствующими свежими дунстами, поступающими с драных систем. В зависимости от

количества драных систем (их м. б. 6—7 при мягких пшеницах и 7—8 при твердых) добротность драных дунстов меняется; лучшие м. б. получены от 3-го, 2-го и 4-го дранья, затем по качеству идут 5-е, 1-е, 6-е и 7-е дранье. Как при П. крупок, так и дунстов с рассевов верхним сходом отсеваются сплющенные продукты, содержащие части слоев, прилежащих к оболочке зерна; эти продукты под названием схода предпочтительно домалывать отдельно от дунстов. П е р е м о л с х о д о в. При перемоле получается мука, дунст и более серый сход, последние перемалываются также отдельно и в конечном результате дают м е л к и е о т р у б и. К сходам присоединяются соответственно по качеству относы веек, также краски, т. е. отрубные части, получаемые на последних драных системах.

К л а с с и ф и к а ц и я п о в т о р и т е л ь н ы х в ы с о к и х П. На первом месте стоял по своему развитию крупчатный (волжский П.) с отдельной очисткой в обоечном отделении твердой пшеницы—п е р е р о д и мягкой—р у с с к а я. Дранье велось отдельно до 5-го дранья на русской и 6-го дранья на перероде. Число драных систем доходило до 10, передирных до 4 и размольных до 20, в том числе шлифовочные, крупочные, дунстовые и сходовые, кроме сортировки крупок и отсева муки от дунстов (сушка дунстов). Следующие П. с убывающей сложностью: венгерский, герм., франц., англ., америк., юж.-русские П. (Украина) и трехсортный 75% помол, соответствующие герм. П. с средним количеством драных 6—7, 1—2 передирами, шлифовкой и очисткой круп и с дальнейшим их размолом без вечных систем, но с выделением дунстовых и сходовых систем. К о н д и ц и о н и р о в а н и е з е р н а путем приведения твердого зерна к более мягкому состоянию ядра при более эластичной оболочке позволяет интенсивнее вести драный процесс и с применением повышенных скоростей валков (6 *м/ск*) сократить число драных до 6—5 (в США до 5). Уменьшение крупноты крупок приводит к сокращению шлифовочного процесса (применяя его к части крупы) и к интенсивному П. крупок и дунстов, что дает характерное для америк. П. сосредоточение более половины размольной вальцовой щели на первых трех размольных системах.

Ш е т о ч н ы е д л я о т р у б е й. Им в америк. мельнице предоставлено относительно большее значение в процессе отделения муки от отрубей. Ими заменяется один вальцовый проход. Д е т а ш е р ы в СССР применяются для разрыхления лепешек при П. и отделения в них муки от отрубянистых частей. Американцы применяют деташеры для размола дунстов.

К о н т р о л ь м у к и. Готовая мука перед ее выбоем, сгруппированная по сортам, подвергается контрольному просеиванию. Контроль муки при полной автоматизации процесса избавляет от необходимости немедленно останавливать рассевы на драных и размольных системах при малейшем протирании сита и предупреждает порчу муки даже при больших прорывах сит. По свойству технич. процесса при просеивании через сито смеси с преобладанием муки получается просевом более чистая мука и при разреженных ситах. На контрольных рассевах поэтому и неподсеренная мука вторичным просевом дает более чистый продукт. Другая выгода в том, что благодаря контролю муки возможно в нек-рой мере разредить системные мучные сита.

С о к р а щ е н н ы й в ы с о к и й П. К этим помолам относится согласно вышеизложенному наш односортный 75% сортовой П. и америк. П.

Н е к о т о р ы е т е х н и ч е с к и е п о к а з а т е л и. Современные герм. мельницы по схеме высокого П. размалывают 20 *кг* на 1 *см* длины пары валков (3 пд. на 1″), требуя 3,6 *м²* поверхности сит на 1 *т* суточной производительности (60 *м²* на 1 000 пд. в сутки) и 85 *мм* длины вечной щели на 1 *т* (1,4 *м* на 1 000 пд.). Это относится к скоростям валков 4,5 *м/ск* и к максимальным выходам муки минимальной зольности. Наши мельницы трехсортного 75% П. дают на 1 *см* длины валка до 40 *кг* (6 пд. на 1″) требуя на 1 *т* суточного размола 2,5 *м²* сит (40 *м²* на 1 000 пд.) и 60 *мм* вечной щели (1 *м* на 1 000 пд.) при скорости валков 6 *м/ск*. Американские мельницы размалывают 40—50 *кг* на 1 *см* длины валков. На 1 *т* производительности приходится 1,75 *м²* сит и 50—60 *мм* вечной щели при скоростях валков 6—7 *м/ск*.

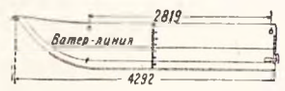
Б а л а н с ы П. Количество получаемых продуктов различной крупноты сильно изменяется от перемены установки размалывающих механизмов, зависящей от режима помола, находящегося в руках мельника, и не может быть предметом точного расчета. Кроме того крупная мука (крупчатка) является продуктом неустойчивым, в то время как тонкая мука без затраты энергии не м. б. превращена в более тонкое состояние. Неустойчивыми являются в этом отношении крупные крупки и промежуточные продукты полного повторительного (высокого) П. В последнее время проведено много работ по определению балансов П. на мельницах СССР. Все же балансы высокого П. не м. б. так устойчивы, как балансы америк. П. с предельным количеством драных систем и предельным размером получаемых крупок и частиц муки.

В настоящее время на мельницах Союза установлены следующие помолы: 1) о б о й н ы й пшеничный 96%, для ржи — 95%; зольность муки до 1,9%; допускаемый при контроле в лаборатории сход с сита № 24 (на 1″ = 26 *мм*) до 2%; 2) о б д и р н ы й ржаной 87%; зольность до 1,6%; сход с сита № 38 до 2%; 3) о д н о с о р т н ы й 85% помол пшеницы; зольность до 1,4%; сход с мучного сита № 4 до 5%; 4) о д н о с о р т н ы й 75% помол пшеницы; зольность до 0,75%; сход с мучного сита № 5 до 2%. Новые мельницы строят для трехсортного 75% помола с применением веек по схемам, приближающимся к америк.—к сокращенному высокому П. По той же схеме со смешиванием всей муки в один сорт производится указанный односортный 75% П.

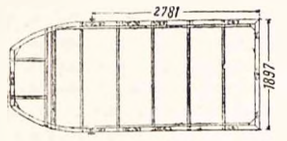
Лит.: А ф а н а с ь е в П. А., Курс мукомольных мельниц, СПБ, 1893; З в о р ы к и н К. А., Курс по мукомольному производству, Харьков, 1894; К о з ь м и н П. А., Мукомольно-крупяное производство, 4 изд., М., 1926; К у п р и ц Я. Н., Рационализация мукомольного производства, М., 1929; Л е в и н с о н И. Н., Анализ балансов помола, Л.—М., 1929; K e t t e n b a c h F., Katechismus f. Müller u. Mühlenbauer,

Leipzig, 1924; Dedrick R. W., Practical Milling, Chicago, 1924; Swanson C. O., Wheat, Flour and Diet, New York, 1928; Miller E. S., Milling Studies, Chicago, 1927; Lemire M., La meunerie appliquée, Paris. 1926. **Л. Розенштейн.**

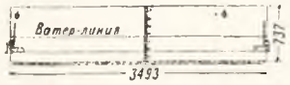
ПОНТОН, общее название плоскодонной деревянной или железной лодки с высокими прямыми бортами в имуществе понтонных батальонов (рот). Основная часть понтонного имущества носит название полупонтона. Назначение полупонтонов заключается в том, что соединяя их по два и более вместе, составляют П., к-рые могут служить для перевозки людей и грузов, составной частью перевозного порома или мостовыми устоями. Все имущество понтонных батальонов подразделяется на понтонное имущество и имущество вспомогательного значения; к первому относятся: полупонтоны, якорные лодки, принадлежности гребли, принадлежности берегового основания (лежни, колья), козла, принадлежности оснастки, якоря и кошки, канаты, тросы, мостовое полотно (смычные брусья, настилочные доски, щиты, лобовые доски, пажилины); ко второму: поплавки, лодки Полшина, карманный нивелир, уклономер, полевой угломер-дальномер и пр. Полупонтоны разделяются на носовые (фиг. 1а, 1б) и средние (фиг. 2а, 2б). Передняя часть носового полупонтона, суженная и несколько приподнятая, называется носовой частью или носом; задняя часть носового полупонтона ограничена отвесной поперечной стенкой. Средний полупонтон носовой части не имеет, ограничиваясь спереди и сзади отвесными стенками, имеет вид прямоугольного ящика. Внешние размеры носового полупонтона: длина 4 292 *мм*, ширина задней поперечной стенки 1 897 *мм*; ширина носовой части 1 016 *мм*; средний полупонтон—длина 3 493 *мм*, ширина и высота та же, что и в носовом полупонтоне. Внутренние скрепления полупонтонов (остов) из углового железа носят название шпангоутов; они в верхней части скреплены с угловым железом, образующим над бортами бортовую обвязку (планшир), над задней стенкой—поперечную обвязку и над носом—носовую обвязку; в носовом полупонтоне шпангоутов—6, в среднем—5; кроме этих поперечных шпангоутов в носовом полупонтоне имеется два продольных (в носовой части). Остов полупонтона обшит листовым железом толщиной 1,5 *мм*; днище соединено с бортами, согнутыми в виде желобов, полосами железа толщиною в 3 *мм*, по-



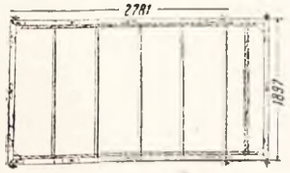
Фиг. 1а.



Фиг. 1б.

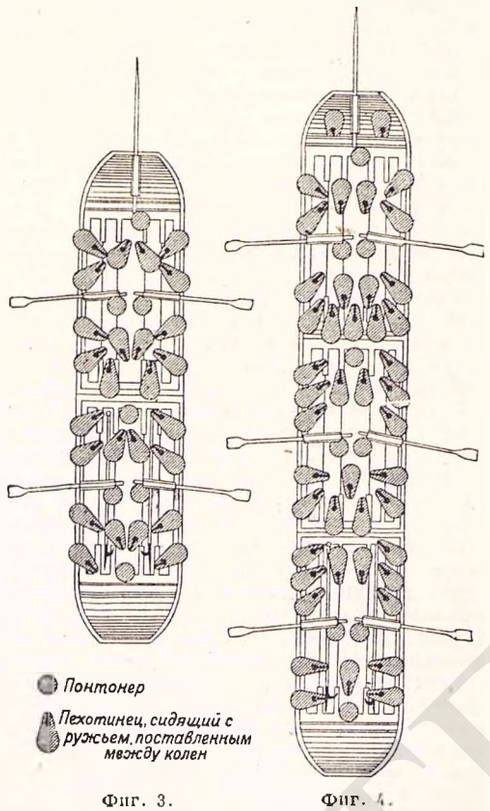


Фиг. 2а.



Фиг. 2б.

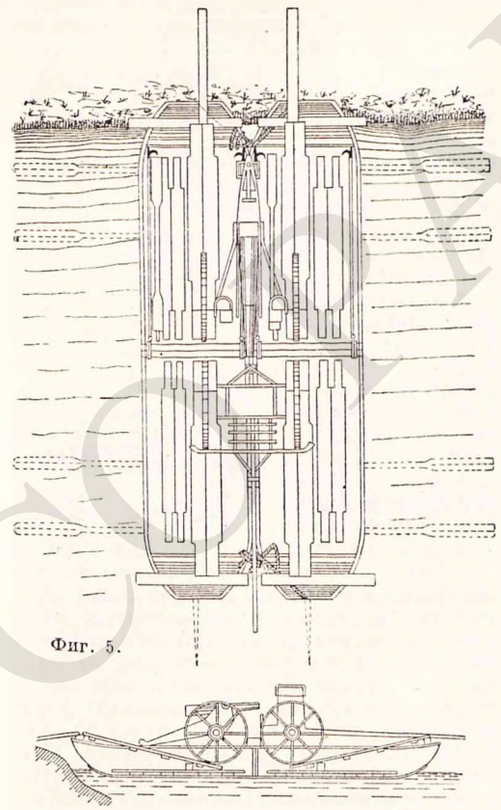
сящими название подворотов. В бортовой обвязке, поперечной и носовой, имеются гнезда для уключин; для смыкания полупонтонов между собой у поперечных стенок внизу и вверху имеются приспособления для



Фиг. 3. Фиг. 4.

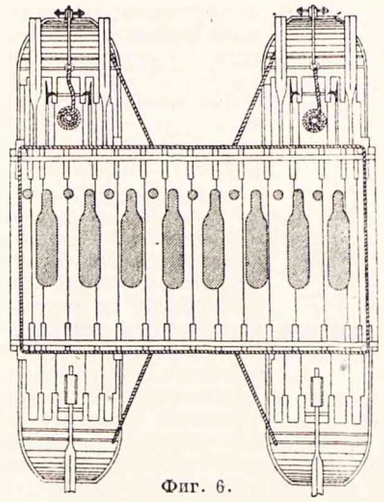
скрепления стяжками, чеками, схватками. Полупонтоны снаружи окрашиваются в защитный цвет, а внутри—в красный; с наружной стороны бортов на 38 *см* ниже верхнего обреза проводится ватерлиния и перпендикулярно к ней посредине каждого борта наносится шкала с делением в 2 *см*. Вес носового полупонтона около 460 *кг*, среднего—около 440 *кг*. Грузоподъемность при осадке до ватерлинии: носового—около 1 930 *кг* и среднего—1 800 *кг*. Сомкнутые по длине полупонтоны по два, по три, по четыре составляют П. обыкновенные (фиг. 3), полуторные (фиг. 4), двойные. П. служат как лодки для перевозки людей и грузов, как составные части для постройки (сборки) перевозных поромов и как мостовые устои (см. *Военные мосты*). Полупонтоны и П. во время переправ управляются и передвигаются посредством весел или съемных забортных двигателей. Переправа десанта преимущественно производится на П. и редко, благодаря исключительным местным и тактич. условиям, на поромах; переправа в виду противника производится исключительно на обыкновенных П.; кавалерию, артиллерию и обозы переправляют на перевозных поромах и полуторных П. В обыкновенный П., обслуживаемый 7 понтонерами, при благоприятных условиях помещается в полном снаряжении 32 бойца; без вещевых мешков—40 бойцов;

при неблагоприятных условиях (сильная волна, огонь противника), в полном снаряжении—26 бойцов (фиг. 3); без вещевых мешков—30 бойцов. В полуторный П., об-



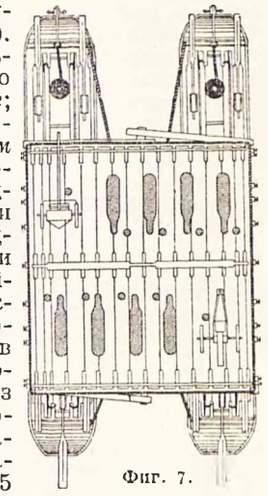
Фиг. 5.

служиваемый 9 понтонерами, помещается: в первом случае — соответственно 48 и 60 бойцов и во втором случае (при неблагоприятных условиях) в полном снаряжении—

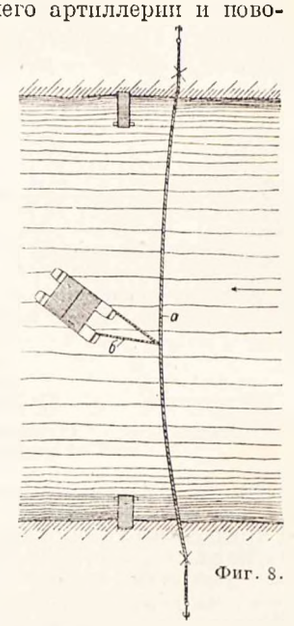


Фиг. 6.

39 бойцов, без вещевых мешков 45 бойцов (фиг. 4). Пулеметы переправляются вместе с бойцами: 1 пулемет Максима и 2 пулемета Кольта уменьшают количество бойцов на П. на одного. Батальонные пушки и горные 76-*мм* орудия также м. б. переправляемы на обыкновенных П. (из носовых полупонтонов). Всадники, упряжь, снаряжение грузится в П., а лошади вплавь за П. на поводу. Из обыкновенных, полуторных и двойных П. составляются перевозные поромы с помостами. За отсутствием мостового полотна, как исключительный случай, устраивают поромы без помоста из обыкновенных П.; для этого смыкают два П. друг с другом бортами (фиг. 5). Полезная грузоподъемная сила такого порома—ок. 7 000 *кг*; он служит для переправы одного 76-*мм* орудия или 2 парных повозок или одной парной повозки и 2 двуколок и одновременно с этими грузами 40—50 бойцов. Пором из обыкновенных П. с помостом применяется в случае невозможности сделать пором из полуторных П.; помост такого П. делается в одно звено настила—площадь 21,5 *м*², полезная грузоподъемность—5 800 *кг*; на нем переправляются грузы до 122-*мм* гаубицы включительно: пехоты до 68 человек, конницы—всадников с лошадьми—8 (фиг. 6). Перевозный пором из полуторных П., наиболее удобный в управлении на воде и в отношении погрузки на него артиллерии и повозок, делается с помостом из двух звеньев настила площадью 44 *м*², полезная грузоподъемность 8 200 *кг*, вмещает: пехоты до 95 человек; в благоприятных условиях всадников с лошадьми 16; артиллерии одно орудие с передком или 2 хода зарядного ящика и 8 лошадей (фиг. 7). Перевозный пором из двойных П. применяется редко; помост его делается из 3 звеньев настила площадью 65 *м*²; полезная грузоподъемность 10 000 *кг*, вмещает пехоты до 116 чел. (благоприятные условия); всадников с лошадьми—24; артиллерии—2 орудия с передком или 2 зарядных ящика (два хода) или же орудие с передком и 2 хода зарядного ящика с их лошадьми. Тяжелый перевозный пором на полуторных П. имеет двойное звено настилки площадью 20,5 *м*²; полезная грузоподъемность 8 000 *кг*, вмещает: пехоты (благоприятные условия)

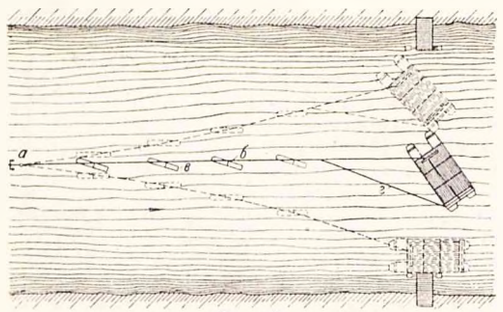


Фиг. 7.



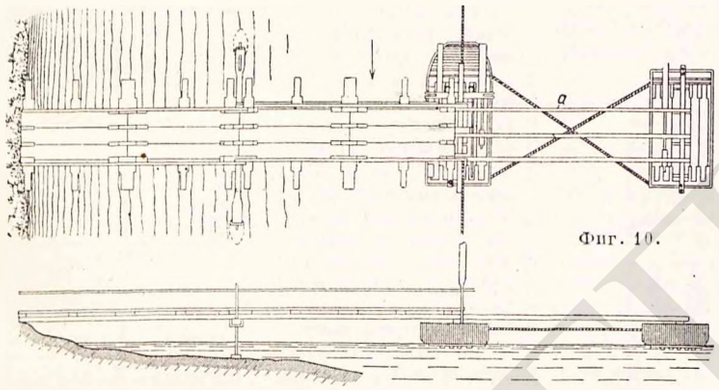
Фиг. 8.

90 чел.; конницы, артиллерии так же, как и на пороме из обыкновенных П.; автомобилей грузовых, бронемашин, тракторов, тяжелых орудий по одной машине или по одному орудию с передком. Переправа на перевозных поромах производится на веслах (в виду противника) по канату и самолетом. При переправе по канату (фиг. 8) на него надевается двойной блок, верхний каток блока при движении катится по канату *а*, на нижний продевается перильный канат *б*, концы к-рого привязывают к бортовым брускам обоих носовых полупонтонов порома; переправа совершается на веслах или на баграх. Самолетом называется перевозный пором, совершающий передвижение



Фиг. 9.
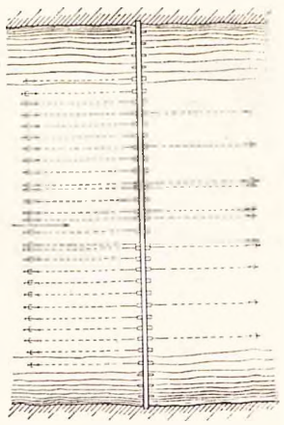
от одного берега к другому и обратно силою течения, ударяющего в соответствующие борта понтона; якорь *а* (фиг. 9) завозится особо назначенным П., под якорный (самолетный) канат *б* подводят поплавки *в*; необходимое для движения самолета направление оси его относительно течения осуществляется с помощью рулевых весел и «помощного» каната *г*, привязываемого к само-



Фиг. 10.

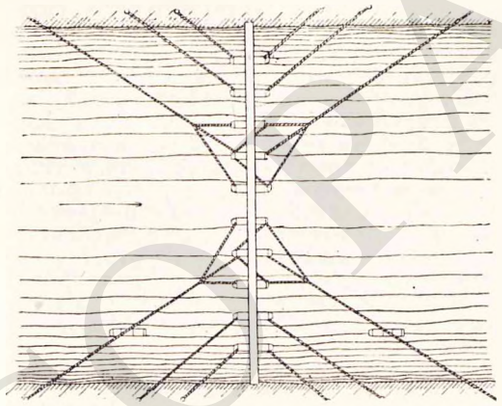
летному канату. П. удерживается на самолетном канате и якоре.

Посредством полупонтонов и П., могущих служить в качестве мостовых устоев, наводят понтонные мосты. Понтонный мост состоит из устоев, основания (лежни) и перекрытия пролетов—нижнего полотна (смычные брусья, соединяющие лежни 2 смежных П.), верхнего полотна (доски или щиты из 2 досок, прикрепляемые к нижнему полотну нажилинами и стропами) и перил (круглые железные стойки с пропущенным в их кольцевые завитки канатом). При помощи материальной части, имеющейся в батальоне (44 носовых и 12 средних полупонтонов, 2 якорных лодки, 6 козловых опор, 224 смычных бруса, 444 настилочных доски, 448 щитов, 28 легких и 14 тяжелых якорей и пр.), наводятся мосты следующих видов: для переправы только пехоты и кавалерии—пешеходный мост на полупонтонах о трех брусьях *а* (фиг. 10) шириной 1,42 *м*, наибольший допускаемый груз 750 *кг*; для переправы повозок, двуколок и вообще грузов, не превышающих 1,2 *т*,—мост о 4 брусьях шириной 2,13 *м*, наибольший допускаемый груз 1 200 *кг*; для переправы 76-*мм* пушек и вообще грузов до 2 *т*—мост о 5 брусьях—нормальный шириной 2,97 *м*, наибольший допускаемый груз 2 000 *кг*; для переправы 122-*мм* гаубиц и вообще грузов от 2—3,3 *т*—мост о 6 брусьях шириной 2,97 *м*, наибольший допускаемый груз 3 300 *кг*; более тяжелые грузы переправляются на поромах. Порядок работ при наводке моста (ввод П. в линию моста и подача мостового полотна) называется способом наводки моста. Способов наводки П. различают шесть: 1) по-понтонно по течению, преимущественно применяется у исходного берега; 2) по-понтонно против течения—преимущественно когда невозможно применить первый способ из-за быстрого течения и сильного ветра; 3) по-понтонно отталкиванием—в исключительном случае при сильном тумане или очень темной ночью; 4) поромами; 5) поворотом—мост собирается вдоль берега и поворачивается на $^1/_4$ круга; 6) смешанный способ—комбинация указанных способов—наиболее применимый, ускоряющий работу. Смешанный способ—по-понтонно по течению и поромами—является нормальным способом наводки моста. Соответственно способам наводки существует и шесть способов разводки моста: 1) по-понтонно против течения; 2) по-понтонно по течению; 3) по-понтонно притягиванием; 4) поромами; 5) поворотом; 6) смешанный. П., заведенные в линию моста, крепятся якорями, завозимыми на якорных лодках. Расположение якорей при сильном течении и удобном для захвата якорей грунте дано на фиг. 11; при недостатке якорей, при грунте дна, неудобном для захвата якорями, и при отсутствии стальных тросов во время хода сала по реке производят скрепление П. взамен якорей на канатах: 1) при помощи откосных и вспомогательных перекрестных канатов или на одном якоре с соседним П.; 2) на верховых



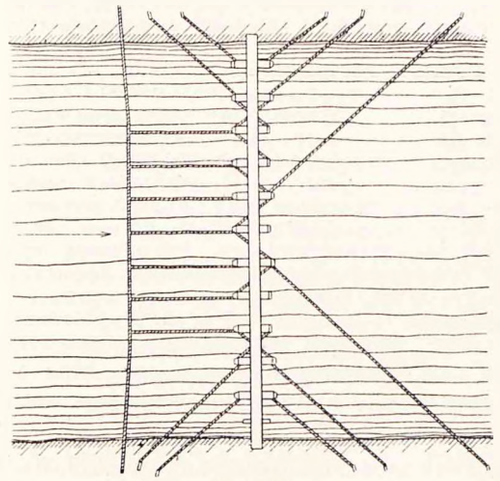
Фиг. 11.

и низовых береговых канатах (фиг. 12) или на продольном и береговых канатах (фиг. 13); 3) из канатах береговых и привязанных к поплавку (фиг. 14). В случаях недостатка П. и мелководия реки у берегов для наращивания длины понтонного моста применяются как плавучие (лодки, плоты, бочки), так и неподвижные (клетки, козла, сваи) опоры; в понтонном имуществе для устройства береговых пролетов моста и на мелко-



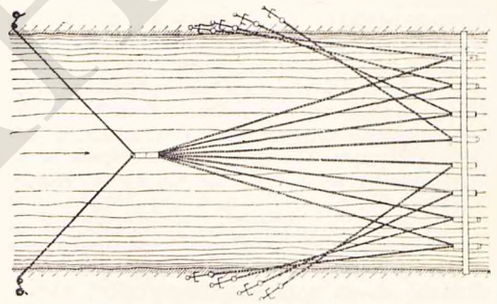
Фиг. 12.

водии имеются специальные понтонные козла (Бираго), см. *Военные мосты*. Из П. и понтонного имущества иностранных армий наиболее интересны: Франция. П. железные цельные, длиной 8,6 *м*, шириной 1,76 *м*, высотой посредине 0,80 *м*; вес П. 750 *кг*, водоизмещение 9,5 *т*. Наводятся мосты: нормальный—для повозок и автомобилей до 4 *т*, усиленный—до 8 *т* и тяжелый—до $13^1/_2$ *т*. По новой номенклатуре



Фиг. 13.

конструкции понтонных мостов введен пешеходный мост для грузов до 3,5 *т*. П. Вейри—разборные из дерева и брезента размером $3{,}64 \times 1{,}26 \times 0{,}58$ *м*—находятся на снабжении кавалерии; в отдельном П. переправляется 12 чел.; пором из 4 П. перевозит 41 кавалериста с седлами и снаряжением; пором из 2 П.—4 всадников с лошадьми. П. Делакруа—алюминиевые весом 250 *кг*; переправа производится в одиночных П. и соединенных по 2 по оси их; при наводке моста соединяются бортами, занимая всю ширину реки без промежутков; грузоподъемность моста до 2 *т*. Англии. П. преимущественно деревянные. Интересна новая конструкция опытного П.—деревянный по-



Фиг. 14.

лупонтон, обшитый фанерой Consuta, состоящей из сшитых и склеенных слоев красного дерева, крытый, с 2 люками; вес 567,5 *кг*, подъемная сила 5,8 *т*; смычные брусья из хромоникелевой стали, лежень из 2 швеллеров на деревянной подушке. Наводятся мосты: под легкие грузы с давлением на ось до 2 *т* на полупонтонах; под средние грузы с давлением на ось до 8 *т* наводятся на П. (из 2 полупонтонов) о 7 брусьях с одним помощным брусом; под тяжелые грузы с давлением на ось до 16 *т* наводятся на спаренных П. о 11 смычных брусьях с 2 помощными. Германия. П. цельные из оцинкованного железа, длиной 8 *м*, шириной 1,5 *м* и высотой 0,85 *м*; вес 532 *кг*, грузоподъемность при высоте свободного борта 36 *см*—5 000 *кг*, при высоте свободного борта 9 *см*—8 000 *кг*. Наводятся мосты: 6-бортовый (тяжелый) о 9 брусьях—для переправы грузов до 11 *т*; 4-бортовый легкий о 5 брусьях, усиленный 4-бортовый о 8—9 брусьях с двойным настилом, с грузоподъемностью до 5 *т*; 3-бортовый (облегченный) о 5 брусьях—для пропуска пехоты, спешенной кавалерии в колонне по одному и легких полевых орудий порознь (орудия, передки, лошади) и легких повозок. Нормальным типом у большинства государств считается мост для переправы грузов до 8 *т*. Громоздкость имущества и медленность в работе по наводке мостов вынуждают искать все более совершенные типы и конструкции как самих П., так и верхнего строения. Вопрос о понтонном имуществе у большинства стран в настоящее время находится в переходном состоянии.

Лит.: Гильнер А. Г., Понтонное дело (краткие сведения), М., 1922; Вр. наставление по понтонному делу РККА, Материальная часть и укладка повозок понтонного обоза, М., 1925; Наставление по специальному образованию инженерных войск, Понтонное дело, ч. 3, Устройство переправ, М.—Л., 1928; Наставление для инженерных войск по специальному образованию, Понтонное дело, ч. 2 (практическая), Устройство переправ, П., 1917; Справочник по сухопутной военной технике иностранных государств, ч. 3, Военно-инженерное дело, кн. 2, М., 1928. **Н. Ильяшевич.**

ПОРИСТОСТЬ тел — свойство, играющее большую роль при оценке технич. качеств различных твердых материалов (строительных, огнеупорных, изоляционных, фильтрующих, адсорбирующих и пр.) и изделий из них. П. определяет собою проницаемость материалов для жидкостей и газов, механич.

прочность, адсорбционную способность, каталитич. действие и другие свойства, иногда являющиеся вредными факторами и требующие устранения (напр. П. сосудов или труб для жидкостей и газов), иногда же используемые для определенных технич. целей.

Качественная оценка П. сводится к определению характера и размеров пор. По характеру поры могут различаться своей формой, взаимным расположением и распределением их в общей массе тела, а также наличием либо отсутствием сообщения с внешней поверхностью данного образца (открытые и замкнутые поры). По размерам поперечного сечения поры делятся на: 1) макроскопические, видимые невооруженным глазом, 2) микроскопические, обнаруживаемые при исследовании образцов под микроскопом, и 3) ультрапоры, наличие к-рых м. б. доказано лишь косвенными путями, например по различию адсорбционной емкости в отношении легких и тяжелых молекул. Измерение пор 1-го и 2-го порядка производится визуально; размеры пор 3-го порядка (с диам. 10^{-6}—10^{-8} *см*) м. б. определяемы лишь косвенно—из упругости паров заполняющей поры летучей жидкости или на основе адсорбционных свойств материала.

Количественное выражение П. (P) дается отношением объема V_1, занимаемого порами, к общему объему V данного тела (в %):

$$P = \frac{V_1}{V} \cdot 100. \qquad (1)$$

Для экспериментального определения П. существуют два метода. Первый метод основан на прямом определении объема пор (V_1) путем заполнения их жидкостью (обычно водой, если вещество в ней нерастворимо). Испытуемый образец материала помещают на нек-рое время в вакуум для эвакуации воздуха из пор, затем погружают в жидкость и подвергают длительному кипячению, пока все поры не будут ею заполнены. Удалив избыточную жидкость с поверхности тела, его взвешивают: разность между полученным и первоначальным весом образца дает вес жидкости, заполнившей поры, откуда, зная уд. в. жидкости, вычисляют объем пор. Объем тела V определяют либо простым обмером, если образцу придана геометрически правильная форма (куб, цилиндр), либо находят его с помощью *волюминометра* (см.) той или иной системы, после чего П. вычисляется по ф-ле (1). Вариантом этого способа является заполнение пор не жидкостью, а газом, напр. CO_2, вытесняющим из пор ранее содержавшийся в них воздух; вслед затем CO_2 удаляют из газовой смеси щелочным поглотителем, а объем непоглощенного остатка (воздуха) дает непосредственно величину V_1. Другой метод определения П. заключается в измерении истинной (D') и кажущейся (D) плотности испытуемого материала. Так как объем пор $V_1 = V - V'$, где V' есть объем, заполненный твердым веществом, причем вес образца $a = VD = V'D'$, то ф-ле (1) м. б. придан следующий вид:

$$P = \frac{D' - D}{D'} \cdot 100. \qquad (2)$$

Кажущаяся плотность D вычисляется из веса (a) и объема (V) взятого образца в куске. Истинная плотность D' определяется пикнометрически (или в волюминометре), для чего материал тонко измельчается, чтобы разрушить его пористую структуру. В зависимости от степени измельчения могут получаться несколько колеблющиеся значения D'.

Лит.: Рабинович М. А. и Фортунатов Н. С., «ЖХП», 1928, т. 5, стр. 689 (определение абсолютной величины пор); Arndt K., Handbuch der physikalisch-chemischen Technik, T. 3, 2 Aufl., Stg., 1923; Herbst H., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1926, B. 38, p. 314; Wasmuth R., Die chemische Fabrik», B., 1929, *50*, p. 520. **В. Янковский.**

П. сорбентов (активного угля, силикагеля и т. п.) играет большую роль в процессе сорбции паров. Распространенным представлением о механизме сорбции паров является представление о конденсации паров в ультрапорах сорбентов. Если жидкость, сорбция паров к-рой рассматривается, смачивает поверхность сорбента, то упругость ее насыщенного пара в порах (капиллярах) сорбента понижена тем в большей степени, чем менее средний радиус пор (капилляров). Зависимость между упругостью насыщенного пара жидкости p в капиллярах радиуса r и величиною радиуса при постоянной $t°$ выражается ф-лой Томсона-Андерсона

$$r = \frac{2\sigma v B}{v_s p_s \ln \frac{p_s}{p}}, \qquad (3)$$

где p_s—упругость насыщенного пара над плоской поверхностью жидкости, σ—поверхностное натяжение жидкости, v—объем 1 моля жидкости, v_s—объем 1 моля пара и $B = \cos\vartheta$—мера смачивания жидкостью поверхности пор сорбента (ϑ—краевой угол) (см. *Капиллярные явления* и *Смачивание*). Т. о. согласно ф-ле (3) любому равновесному давлению пара p отвечает максимальный радиус пор r_m, в к-рых пар является насыщенным и следовательно в процессе сорбции поры с радиусами r_m и меньшими заполнены ожиженным паром. При увеличении равновесного давления пара возрастает радиус r_m и больший объем пор сорбента заполняется жидкостью. Очевидно, что величина сорбции пара единицею массы сорбента (напр. угля, силикагеля) будет определяться характером его П., т. е. зависимостью между радиусом пор и суммарным объемом пор данного радиуса. П. сорбента в смысле ее роли в процессе капиллярной конденсации м. б. охарактеризована ур-ием объемной характеристики пор. Обозначим через W суммарный объем пор единицы массы сорбента со средними радиусами, меньшими или равными r; радиусу $r + \Delta r$ будет соответствовать больший суммарный объем пор $W + \Delta W$. Отношение $\frac{\Delta W}{\Delta r}$ в пределе при Δr, стремящемся к нулю, представляет собою производную $\frac{dW}{dr}$, являющуюся ф-ией радиуса и характеризующую суммарный объем пор данного радиуса r. Условимся называть производную

$$w = \frac{dW}{dr} \qquad (4)$$

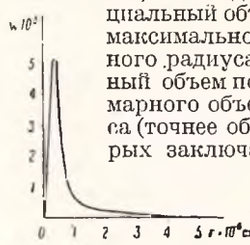
диференциальным объемом пор сорбента и

$$w = \varphi(r) \qquad (5)$$

ур-нем объемной характеристики его пор. Согласно определению объем пор ΔW, радиус к-рых заключается в пределах от r до $r + \Delta r$, выразится:

$$\Delta W = w \cdot \Delta r = \varphi(r) \cdot \Delta r \qquad (6)$$

и при постоянном приращении радиуса (Δr=Const) объем ΔW будет прямо пропорционален величине диференциального объема пор w. Если поры сорбента с радиусом r', заключающимся в пределах от r до $r+\Delta r$, имеют наибольший суммарный объем среди всех пор сорбента других радиусов, то величина ΔW, а следовательно и диференциальный объем пор w будут иметь максимальное значение для пор данного радиуса. Т. о. диференциальный объем пор является мерою суммарного объема пор данного радиуса (точнее объема пор, радиус которых заключается в пределах от r до $r+dr$). На фигуре приведена объемная характеристика пор угля «Aussig G 1000», вычисленная из опытов Кубелка. Кривая имеет резкий максимум, отвечающий радиусу пор r' с наибольшим диференциальным объемом. Порам с радиусами, меньшими или большими r', отвечают тем меньшие величины диференциальных объемов, чем более радиусы пор отличаются от радиуса r'. Легко показать, что форма пор (напр. цилиндрическая, коническая и т. п.) не влияет на результаты изложенных выше рассуждений.



По ур-ию (4) объем пор, заполненных ожиженным паром в процессе капиллярной конденсации, выразится следующим ур-ием

$$W = \int_{r_1}^{r_2} w\,dr = \int_{r_1}^{r_2} \varphi(r)\,dr, \qquad (7)$$

где нижний предел интегрирования определяется минимальным радиусом пор, доступных для молекул пара, а верхний предел r_2 зависит согласно ф-ле Томсона-Андерсона (3) от равновесного давления пара p и $t°$ опыта. При $p = p_s$, $r_2 = \infty$ и $W = W_0$, где W_0—суммарный объем пор единицы массы сорбента. Заметим, что объем W_0 м. б. вычислен из измерений кажущегося и истинного уд. весов сорбента (см. ниже).

Обозначив через ΔW объем пор, радиусы к-рых лежат в пределах от r до $r+\Delta r$, и через W_0 суммарный объем пор единицы массы сорбента, легко выразим в процентах долю общего объема пор, приходящуюся на поры с радиусами, лежащими в пределах от r до $r+\Delta r$. Назовем эту величину диференциальной П. сорбента и обозначим через $P_{\Delta r}$:

$$P_{\Delta r} = \frac{\Delta W \cdot 100}{W_0} = \frac{\varphi(r) \cdot \Delta r \cdot 100}{W_0}\ \%. \qquad (8)$$

Из ф-лы (8) следует, что диференциальная П. является ф-ией радиуса пор и зависит от величины приращения радиуса Δr. Значения диференциальной пористости угля «Aussig G 1 000», вычисленные из опытов Кубелка, приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Данные о пористости угля «Aussig G 1 000» (W_0=0,248 *см*³).

$r \cdot 10^6$ *см**1	$\Delta r \cdot 10^6$ *см*	ΔW *см*³	% $P_{\Delta r}$
0,08	0,16	0,01	4,0
0,22	0,12	0,029	11,7
0,89	0,22	0,101	40,7
0,69	0,39	0,068	27,4
1,24	0,69	0,020	8,1
2,20	1,23	0,012	4,8
3,90	2,20	0,003	1,2
5,83	1,66	0,001	0,4

*1 Средний радиус.

Для характеристики П. сорбентов часто применяют понятие суммарной П. P, характеризующей относительный объем пор, выраженный в процентах и приходящийся на долю пор в нек-ром объеме сорбента (объем промежутков между зернами сорбента в расчет не принимается). Если d — истинный уд. в. сорбента (вес единицы объема вещества, не содержащего пор, из к-рого состоит сорбент), δ—кажущийся удельный вес (вес единицы объема пористого материала зерен сорбента), то для некоторой массы сорбента m объем его зерен v_3 выразится уравнением $v_3 = \frac{m}{\delta}$ и объем вещества сорбента $v_c = \frac{m}{d}$.

По определению суммарной П.

$$P = \frac{(v_3 - v_c) \cdot 100}{v_3} = \frac{(d-\delta) \cdot 100}{d}\ \%, \qquad (9)$$

где разность $v_3 - v_c$ есть объем пор в навеске сорбента. Аналогичным образом легко выразить через уд. веса суммарный объем пор единицы массы сорбента W_0:

$$W_0 = \frac{1}{\delta} - \frac{1}{d}. \qquad (10)$$

В табл. 2 приведены величины суммарной

Табл. 2.—Суммарная пористость различных активных углей.

Уголь	d *г/см*³	δ *г/см*³	%P
Кокосовый	1,5627	1,326	15,1
Ореховый	1,6435	1,028	37,5
Грабовый	1,4517	0,6717	53,17
Леверкузеновский	1,669	0,5174	77,3
Эпонит-специал	1,876	0,4037	78,7

П. различных активных углей согласно опытам Хербста.

Лит.: Дубинин М., Физико-химич. основы сорбционной техники (печат.); Herbst H., «Kolloid-chemische Beihefte», Dresden, 1925, B. 21; Kubelka, Kolloid-Zeitschrift, Dresden, 1931, B. 50. **М. Дубинин.**

П. огнеупорных материалов, одно из наиболее важных их свойств, определяющих общую эксплоатационную их характеристику. Наибольшее значение этот признак (по характеру и величине) имеет для комбинированных огнеупорных материалов, состоящих из нескольких компонентов. Истинную пористость огнеупорных материалов следует отличать от кажущейся П., под которой понимается влагоемкость, или способность материала впитывать в себя воду. Благодаря наличию очень тонких каналов и трещин, не пропускающих воду внутрь, а также так называемых закрытых пор (не сообщающихся с поверхностью материала), значение истинной П. всегда выше величины влагоемкости. Степень П. имеет значение для характеристики механич. и термич. прочности огнеупорных материалов, их теплопроводности и термоизоляционных свойств. С точки же зрения сопротивляемости разъедающим воздействиям, например при соприкосновении с расплавленными массами (шлакоустойчивость и стеклоустойчивость), главную роль играет не П. сама по себе, а величина отдельных пор и их взаимная связь и расположение. Поэтому при изготовлении огнеупорных материалов определенного назначения стремятся обеспечить и соответствующий характер П., комбинируя гранулометрический состав массы полуфабриката.

По характеру своему поры бывают различными. Уошбёрн (Washburn) дает следующую классификацию пор: 1) закрытые поры (пузырчатые), 2) канальные (сообщающиеся), 3) слепые (тупиковые), 4) петлеобразные (извилистые), 5) карманообразные и 6) микропоры. Закрытые поры наиболее характерны для спекшихся стеклообразных огнеупорных материалов (каменный товар, некоторые стекловарные горшки, электротехнич. фарфор, мостовой клинкер). Природа газов, наполняющих эти поры, м. б. различна: поры могут содержать включения воздуха, водяного пара, SO_2 и SO_3, CO и CO_2, O_2 и углеводородов, абсорбированных во время обжига. Канальные поры характеризуются наличием сообщения между отдельными порами. Слепые поры (тупиковые) являются переходной формой от канальных или карманообразных пор к закрытым; они могут возникать в той или иной стадии термич. обработки, обусловливаясь изменением вязкости разделяющих поры перегородок, сплавление которых разбивает канальные и петлеобразные поры на систему отдельных, сперва слепых, а потом и совсем закрытых пор. Петлеобразные поры и карманообразные разновидности сложных пор образовались путем соединения канальных пор в систему извилистых ходов или в плоские щелевидные полости. Микропоры представляют собой поры молекулярной величины, вследствие чего они не способны наполняться водой. Все перечисленные типы пор могут быть разделены на открытые и закрытые. Открытые поры свойственны тем огнеупорным материалам, черепок к-рых не доведен до состояния спекания (стеклоприпасы, электрофарфор); при повышении $t°$ и увеличении подвижности частиц материала количество закрытых пор увеличивается, и получается пузырчатая структура. При этом имеют значение реакции газообразования внутри массы, идущие главным обр. за счет C, S и карбонатов; при недостаточном окислении благодаря восстановлению ферросиликатов получается материал черного цвета, губчатой структуры. При высокой $t°$ (выше спекания огнеупорных материалов) газовые пузырьки расширяются, увеличивая объем материала; вязкость массы мешает этим газам вырываться на поверхность. В процессе недостаточно тщательного формования (распластывание) поры представляют плоские широкие газовые полости, сильно ослабляющие механич. прочность огнеупорных материалов.

П. огнеупорных материалов обусловливает непосредственно их влагоемкость и газопроницаемость. Для динамич. характеристики проницаемости материала Уошбёрном предложены два понятия: а) скорость прохождения стандартной жидкости или газа через единицу площади и глубины огнеупорного материала при определенных $t°$ и давлении и б) скорость проникания жидкости в материал под действием капиллярных сил при отсутствии химич. взаимодействия; количество поглощенной жидкости зависит от указанных выше условий и от относительного положения уровня жидкости и образца материала. Тесно связанная с П. газопроницаемость составляет отдельную константу для характеристики качества огнеупорных материалов. а влагоемкость является практич. мерилом кажущейся, или относительной, П., при к-рой учету подвергаются лишь те поры, которые м. б. заполнены водой; влагоемкость следовательно характеризует открытые поры и выражает собою отношение веса поглощенной воды к весу сухого образца (в %); она определяется по формуле

$$W = \frac{m_{н.} - m_{с.}}{m_{с.}} \cdot 100,$$

где W—влагоемкость, $m_{н.}$—вес образца, насыщенного водой, $m_{с.}$—вес сухого образца. Истинную П. (см. выше) определяют либо в волюминометре либо гидростатич. взвешиванием (образец при этом заранее насыщается водой, если определение происходит в водяном волюминометре, либо покрывается парафином; объем, занятый последним, находят по его весу); истинную плотность измельченного образца определяют пикнометрически, в воде (помол проходит через сито с 900 отверстиями на 1 $см^2$). Количество проникающей в поры жидкости пропорционально корню квадратному из времени замачивания и корню квадратному из отношения между поверхностным натяжением жидкости и вязкостью (для цилиндрич. пор). Разность между истинным объемом образца и кажущимся (масса+закрытые поры) дает объем закрытых пор; % кажущейся П. обычно в 1,5—2,5 раза меньше истинной. Методы волюминометрич. определения П. с точки зрения используемой среды разделяются на следующие: а) вытеснение воды, б) вытеснение ртути и в) вытеснение воздуха (пневматич. способ). При этом непосредственно получают объем образца и, зная вес образца и плотность материала, находят объем пор; при пневматич. способе пользуются вакуумом и исчисляют объем пор на основании закона Бойля-Мариотта. Приборы для определения П. носят также название порозиметров. В качестве жидкости (для наполнения пор) можно употреблять вазелин, имеющий целый ряд преимуществ перед водой (химически инертен, не растворяет глинистых веществ); керосин не рекомендуется, ибо при обыкновенной $t°$ проникает в 20 раз меньше воды. При огнеупорных материалах с очень малой П. (напр. фарфор, $P=0{,}01\%$) применяется другой метод: вдавливание в образец под большим давлением—до 400 $кг/см^2$—окрашенной жидкости (фуксин+метиловый спирт); измерителем П. служит глубина проникания окраски.

Учитывая условия службы огнеупорных материалов, приходится уделять вопросу П. их очень большое внимание. Современная методика контроля производства и исследования изделий из огнеупорных материалов гл. обр. имеет дело именно с П., изучая помощью изменения последней возрастание их устойчивости (термической, химической и механической). Величины пористости отдельных видов огнеупорных материалов приведены ниже в табл. 3.

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что наибольшей П. отличаются, во-первых, диатомиты и трепелы, а во-вторых, бокситы, т. е. как-раз наиболее тощие материалы, характеризуемые небольшим содержанием легкоплавких, связующих примесей. При этом механич. прочность находится в обратном соотношении с П., т. к. тощие материалы склеиваются по гораздо менее развитой площади отдельных частичек. Т. о. при одной и той же величине огнеупорности (при $t°_{пл.}$) наименее пористыми будут те материалы, к-рые содержат большее количество низкоплавящих компонентов, а также примесей, выделяющих в процессе термич. обработки пузырьки газов. Вместе с тем подбор величины зерен, составляющих массу огнеупорных материалов, также отражается как на общей величине П., так и на размерах и на распределении отдельных пор в материале. При правильном гранулометрич. составе (наиболее полное заполнение пространства) получается—при всех прочих равных условиях—минимальное значение пористости.

Табл. 3.—Данные о пористости огнеупорных материалов.

Свойства	Номера образцов*												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Плотность образца	1,81	1,90	1,81	1,78	1,91	1,87	1,92	1,89	1,89	1,50	1,58	0,456	0,530
Пористость кажущаяся	17,08	12,1	16,12	16,0	14,5	14,5	22,0	22,0	22,0	28,63	26,98	—	—
» истинная	30,8	21,1	29,44	30,2	27,8	27,3	38,4	41,5	41,49	42,9	42,58	—	—

Свойства	Номера образцов*												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Плотность образца	2,0	2,0	2,40	1,86	1,95	1,77	1,71	2,49	2,62	3,19	2,98	2,31	1,03
Пористость кажущаяся	20,64	17,61	13,15	15,95	11,20	16,57	17,0	10,60	19,60	6,7	8,75	13,74	57,0
» истинная	41,0	35,1	31,52	29,7	21,9	29,44	30,4	26,4	35,9	21,3	26,09	31,7	58.0

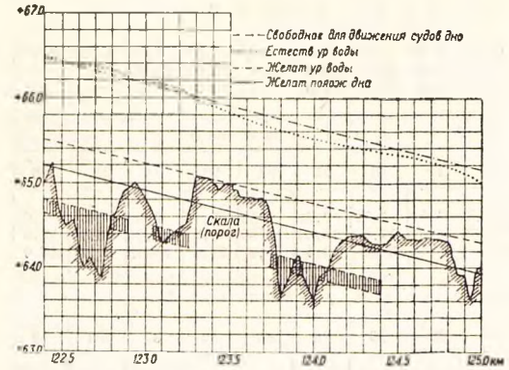
Свойства	Номера образцов*												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Плотность образца	0,75	1,96	1,96	1,7	1,79	0,73	0,12	0,80	0,81	0,47	0,65	1.22	0,90
Пористость кажущаяся	—	17,0	15,58	16,7	14,52	—	—	136	90	125	91	27	63
» истинная	—	35,2	30,6	28,4	25,97	—	—	—	—	—	—	—	—

* Образцы 1—4—шамотные кирпичи, 5—кирпич газовых з-дов, 6—кирпич газовых реторт (шамотный), 7—9—бокситовые, 10—кварцевый, 11—кремнистый. 12, 13—американские образцы, 14—16—магнезитовый, 17, 18—горшковая масса (для стекла), 19, 20—стеклоплавильные тигли, 21. 22—хромистый кирпич, 23—25—хромистый железняк (кирпич), 26, 27—кирпич из инфузорной земли, 28, 29—карборунд, 30, 31—графит, 32—диатомит шведский. 33—диатомит в порошке, 34—кисатибский диатомит (СССР), 35, 36—украинский трепел в куске и порошке, 37—дабужский трепел (СССР), 38, 39—украинская опока в куске и порошке.

Лит.: Литинский Л., Шамотный и кварцевый кирпич, их свойства, применение и испытание, М., 1927; Вологдин С. Н., Исследование свойств огнеупорных материалов, СПБ, 1910; Шамотные массы, влияние главнейших производств. факторов на свойства шамотных масс, применяющихся в стеклоделии, «Труды Гос. исслед. керамич. института», вып. 16, Москва, 1929; Шварц Р., Огнеупорные и высокоогнеупорные материалы, Л., 1926; Юдинсон П. Н., Рацион. строительные материалы, М., 1930; Wilson H., Ceramics, Clay Technology, L., 1927; Searle A. B., The Chemistry a. Physics of Clays and Other Ceramic Materials, L., 1924. **М. Степаненко.**

ПОРОГИ, естественные каменные выступы в русле реки, стесняющие живое сечение, или искусственные стенки *водосливов* (см.). П. в реках встречаются в тех местах, где русло в достаточной мере сопротивляется размыву в противовес местам ниже и выше П., подвергшимся такому размыву. По преимуществу П. образуются на участках реки в скалистых грунтах, представлявших издавна значительные препятствия для судоходства. Такие скалистые, порожистые участки реки отличаются незначительной судоходной шириной, допускающей иногда проход лишь одного судна, и недостаточной глубиной воды для того, чтобы могло происходить в навигационный период правильное судоходство, не говоря уже о тех случаях, когда судоходство совершенно немыслимо. Устранение порогов путем их взрывания не всегда достигает цели, а иногда имеет даже отрицательные последствия; дело в том, что б. ч. разница уклонов на порожистых и нормальных участках реки настолько значительна, что взрывание скал может весьма ухудшить условия судоходства на верхних участках вследствие их обмеления и возможного наличия здесь скалистых порогов, не мешавших раньше судоходству благодаря повышенному уровню воды в них при наличии лежащих ниже по течению порогов. При больших потоках для устройства на П. надлежащей судоходной ширины взрывные работы имеют больше шансов привести к положительным результатам, причем вода с обеих сторон прохода попрежнему будет подпираться П. В этом случае суда счаливают длинными канатами так, чтобы одновременно на П. находилось лишь одно судно; при достаточной силе тяги буксира сильное течение на П. может быть так. обр. преодолено. Более целесообразным является сооружение обходного канала со шлюзом так, чтобы течение реки не изменилось, или сооружение плотины со шлюзом поперек потока, с целью поднять уровень воды достаточно высоко над дном П. и т. о. приспособить и эту часть реки для судоходства и одновременно использовать потенциальную энергию подпора для утилизации на гидросиловых станциях путем превращения в электрич. энергию (см. *Гидроэлектрические станции*). Т. к. на речных П. живое сечение потока сильно меняется, то изменяется соответственно скорость, а следовательно и глубина; уровень воды поэтому не будет представлять собою плоскость, а будет то повышенный то пониженный по отношению к последней. В некоторых случаях глубина воды за П. может быть менее критической, что дает начало образованию.

незатопленных водосливов. Движение воды через П. с точки зрения гидродинамики есть сложный случай неравномерного движения



жидкости. На фигуре представлен продольный разрез порожистого участка реки Везер (Германия) с показанием естественного и желательного уровней воды, причем отложение гальки между отдельными скалами или вовсе отсутствует или незначительно.

Лит.: Engels H., Handbuch des Wasserbaues, B. 1—2, 3 Aufl., B., 1923; Franzius O., Der Verkehrswasserbau, B., 1927; Handb. Ing., B. 6, T. 3—Der Flussbau, 5 Aufl., B., 1921. **С. Брилинг.**

ПОРОМЫ, плавучие средства (плоты и суда), устанавливаемые на путях сообщения в местах пересечения их водными пространствами: реками, каналами, озерами, заливами и проливами. В отдельных районах под поромами разумеют: а) транзитные плоты, в к-рых сплавляется лес (Северодвинский бассейн), и б) плоскодонные речные грузовые суда (Московско-Окский и другие бассейны). В мостовом строительстве под П. понимаются: а) разводные плавучие части мостов и б) люльки-платформы подвесных переправ.

П.-плоты—плоты, связанные из круглых бревен, а иногда и брусьев, поверх которых устроен помост из толстых досок, огражденный перилами. П.-плоты встречаются на путях с малым движением или на мелких реках и озерах, по к-рым по причине мелководья не могут плавать суда. П.-плоты вяжутся преимущественно из хвойных пород, в меньшей степени теряющих в подъемной силе по сравнению с лиственными породами. Форма П.-плота — прямоугольник (при стоячей или тихой воде) или прямоугольник с заостренными концами (при быстром течении). На малых или узких реках с тихим течением, а также на небольших озерах П.-плоты передвигаются обычно посредством шестов, а на реках с быстрым течением или средней ширины—по «переводному канату», перетянутому через реку и укрепленному на одном берегу неподвижно (якорь, свая, кол); другой конец каната навертывается на ворот, устраиваемый на противоположном, более возвышенном берегу.

Более совершенным типом П. являются П.-непаровые суда, применяемые на более глубоких, но незначительной ширины реках и озерах или же на больших реках и озерах, где по самому характеру груза безопасность перевоза м. б. вполне обеспечена такими П. Материалом для устройства речных непаровых П. преимущественно служит дерево и в редких случаях железо и железобетон; эти суда имеют обычный поперечный набор (какоры, шпангоуты), обшитый досками и связанный продольным креплением; днище делается из словых досок, более легких и дольше сохраняющихся в воде, а борта—из сосновых досок или пластин. На небольших реках и озерах и с незначительным перевозным движением П.-суда устраиваются на одном широком дощанике, т. е. на судне, сделанном из досок, имеющем характерные образования носа и кормы (заостренные и поднимающиеся из воды) и обеспечивающем хорошую поворотливость. В средней своей части судно имеет вертикальные (реже наклонные) борта и плоское днище, переходящее постепенно в носовой и кормовой частях в вогнутости, обращенные внутрь П. В этой средней части судна поверх бортов устраивается из толстых досок или пластин помост, на к-рый устанавливаются подводы. Помост ограждается постоянными перилами с носовой и кормовой сторон и съемными закладными жердями со стороны бортов. Для лучшей устойчивости П. помост не выдается за борта. Очень часто на небольших реках П. устраиваются на двух дощаниках, или соприкасающихся друг с другом бортами или же, что наблюдается чаще, расставленных с небольшими интервалами между бортами. Дощаники эти скрепляются друг с другом брусьями или пластинами, поверх к-рых в средней части настилается помост, на к-рый и устанавливают подводы. На носовых частях дощаников, не имеющих никаких покрытий, устраивают скамьи из досок (от борта до борта) для гребцов и пассажиров. П. снабжен рулем—обычно в виде особого весла (нависи). Отливание скопляющейся на дне дощаников воды производится в носу и корме. На реках Волжского бассейна П.-дощаники для перевозки людей и повозок нередко имеют следующие размеры: длина 13 *м*, ширина 4 *м*, высота борта 1,8 *м*, осадка в порожнем виде 0,35 *м* и при полной нагрузке 0,71 *м*. Грузоподъемность этих П. при полной нагрузке 8 *т*. При интенсивном перевозном движении П. устраивают на больших судах с прямыми или наклонными бортами, с палубой, покрывающей все судно, или без нее, но с помостом для повозок, расположенным на шпангоутах. Типичные размеры беспалубных П. на рр. Волжского бассейна: длина 42,67 *м*, ширина 8,53 *м*, порожняя осадка 0,35 *м*, осадка при полной нагрузке 1,06 *м*. Грузоподъемность беспалубных П. 164 *т*. Наибольшие размеры палубных П.: длина 64 *м*, ширина 12,8 *м*, высота бортов 1,78 *м*, осадка в порожнем виде 0,22 *м*, при полной нагрузке 1,42 *м*. Грузоподъемность палубных П. при полной нагрузке 819 *т*. Специальный тип П. представляют П.-непаровые суда, предназначенные для перевозки ж.-д. вагонов. Суда эти имеют прочную палубу, на к-рую уложены рельсовые пути для вагонов. Такие П., перевозившие вагоны через р. Волгу, имели грузоподъемность в 819 *т* и размеры: длина 64 *м*, ширина 12,8 *м*, высота бортов 2,13 *м*, осадка в порожнем виде 0,53 *м* и при полной загрузке 1,42 *м*. Аналогичной конструкции П. имеются в большом количестве и в америк. портах. Чаще всего там можно встретить П. двух типов. П. первого типа при длине в 64 *м* имеют на палубе 2 рельсовых пути, на к-рых устанавливается 12 вагонов длиною каждый 10,36 *м*. П. второго типа при длине 91,74 *м* имеют на палубе 3 рельсовых пути, на к-рых устанавливается 15—18 вагонов с подъемной силой в 50 *т* каждый. Водоизмещение этих П. 1 700 *т*, осадка в порожнем виде 0,61 *м*, а с полным грузом 2,13 *м*. Буксируются они со скоростью 10—16 *км/ч*. Такие П. в США служат для перевозки ж.-д. вагонов через открытые морские проливы и заливы. Наиболее крупные из них имеют в длину 117 *м*, ширина их 14,93 *м*, водоизмещение до 4 000 *т*; они поднимают до 12 вагонов. На небольших реках с тихим течением и озерах П.-непаровые суда передвигаются главн. образ. посредством шестов или на веслах; на значительных реках с течением средней силы перемещение производится по переводным канатам, протянутым через реку или под буксиром пароходов. Для передвижения по канату по грани помоста, прилегающей к носу П., устанавливают вертикальные стойки и в них на высоте человека среднего роста—железные штыри с надетыми на них деревянными катками (блоками), свободно обнимающими канат. Находящиеся на П. люди, перехватывая руками канат, передвигают П. через реку или озеро. П.-непаровые суда, передвигающиеся через реки силою самого течения—П.-самолеты—используют силу течения двояко. При первом способе, применяемом на реках с быстрым течением и шириною не более 100 *м*, через реку протягивается канат с надетым на него двойным бегучим блоком. Через блок пропускают другой канат, оба конца к-рого крепятся к бортам П. Подставляя борт П. помощью руля и шестов под удар течения (примерно при угле ок. 50° с направлением течения), получают составляющую, направленную перпендикулярно к оси порома и заставляющую последний передвигаться к противоположному берегу. Второй способ использования силы течения применяется на реках шириною более 100 *м*, глубоких, без мелей, камней, карчей и при скорости течения не меньше 1 *м/сек*. Способ этот сводится к следующему. Выше места расположения переправы, на расстоянии не менее ширины реки, на дно последней или на берег (в случае крутых излучин реки) кладется якорь, от которого идет канат к носовой части П. На этом канате П. может качаться подобно маятнику от одного берега к другому. Поперечное перемещение судна осуществляется тем же способом—установкой борта помощью руля и шестов под удар течения. Наивыгоднейшим углом наклона судна к течению является угол 50—55°. Такие П.-самолеты в большом количестве встречаются на сибирских реках, которые обладают быстрым течением.

Поромные переправы надлежит устраивать в узком и глубоком месте реки и где берега достаточно отлоги, неразмываемы или трудно размываемы, параллельны течению реки и допускают устройство удобных подъездов.

Пристани для причала. Пристани устраивают так. обр., чтобы П. с полным грузом мог свободно приставать к пристани при всяком уровне воды. При значительных колебаниях уровня воды устраивают несколько пристаней на разных уровнях. В простейшем виде эти пристани представляют собою треугольные вытянутые призмы, лежащие самой длинной гранью на откосе берега и погруженные частично в воду. Короткая же (вертикальная) грань призмы служит линией причала порома. На незначительных переправах призмы эти делаются из хвороста, укладываемого на дно реки и берег и удерживаемого со стороны реки в виде стенки свайками или кольями, которые кроме того служат и причальными тумбами для П. На больших переправах призмы делаются из бревен или брусьев с покрытием верхней стороны помостом из пластин или толстых досок. По мере понижения или повышения уровня воды призму опускают ниже или поднимают выше по наклонному берегу. Длина пристани д. б. не менее длины П. На больших реках и озерах с весьма значительным перевозным движением применяются плавучие пристани (плашкоуты), представляющие собою прочное судно с крепкой палубой. Они устанавливаются на носовых и кормовых якорях с набитыми цепями («шеймами»). К берегу плавучая пристань крепится помощью упертых в берег с носа и кормы «сваек» (бревен) и туго набитых носовых и кормовых причалов. С берегом плавучая пристань соединяется особым помостом («съездом») из толстых досок или пластин, уложенных на прогоны — бревна. Для причаливания П., перевозящих ж.-д. вагоны, устраивают длинные направляющие эстакады на сваях, вбитых в дно реки (если позволяет грунт), или ряжевые стенки в виде весьма пологих воронок, в к-рые входит П., неподвижно закрепляясь в них.

П.-паротеплоходные суда можно разделить на занимающиеся перевозкой через реки и небольшие озера и занимающиеся перевозкой через морские заливы и проливы и большие озера. Для речных П.-паротеплоходов корпуса строятся так же, как и все корпуса речных судов с плоским дном и с продольным и поперечным креплением. П.-пароход «Окарь», перевозящий людей и экипажи через рр. Оку и Волгу у г. Н.-Новгорода, имеет при стальном корпусе длину 47 *м*, ширину с кожухами 13,41 *м*, без кожухов 8,53 *м*, осадку в порожнем виде 0,62 *м*, при полной нагрузке 0,79 *м* и предельную нагрузку 327 *т*. При стационарных (неплавучих) пристанях м. б. применено след. устройство, используемое в Англии с 1908 г. для перевозки через р. Кляйд конных повозок. По бортам П. поставлены неподвижно четыре двойных металлических и весьма высоких прямоугольных рамы в виде буквы П, между которыми ходит, опускаясь и поднимаясь в соответствии с положением пристани при данном уровне воды в реке, особая платформа для повозок. Для морских и озерных П.-паротеплоходов корпуса строятся так же, как и корпуса морских судов, в большинстве случаев килевые и с сильным продольным и поперечным креплениями. В качестве современных морских П.-пароходов, занимающихся специально перевозкой людей, скота и экипажей, можно указать на П.-пароход, построенный в 1927 г. для перевозки по морскому заливу между Рио-де-Жанейро и Нитчероем. Этот П. во избежа-

ние лишних поворотов при привале и отвале от своих пристаней имеет совершенно одинаковые по своему образованию нос и корму, но два винта и по два балансирных руля на носу и корме. Длина его 56 *м*, ширина 13 *м*, высота борта до главной палубы 3,4 *м*, машины его развивают 800 ИР и дают ему скорость в $11^1/_2$ узлов. Он может вместить 1 300 человек.

П.-паротеплоходные суда, занимающиеся перевозкой экипажей и вагонов, имеют по сравнению с транзитными грузовыми судами низкий коэф. использования водоизмещения. Вторая характерная особенность этих П. (по сравнению с транзитными судами) заключается в их специальном устройстве для вкатки; установки и выкатки вагонов и паровозов. Эти устройства в значительной мере отражаются на внутренней конструкции ж.-д. П. и даже на их наружном виде.

Железобетонный П., передающий через р. Волгу у Н.-Новгорода ж.-д. вагоны с линии Нижний—Котельнич на Московско-Нижегородскую железную дорогу и обратно, построенный в 1926 и 1927 годах, ледокольного типа, имеет нижеследующие размеры: длина 72,62 *м*, ширина 15,20 *м*, высота борта 3,66 *м*, осадка с полным грузом 1,63 *м*. Расстояние между шпангоутами 0,75 *м*. Толщина днища 5—8 *см*, борта—$4^1/_2$ *см*; днище и борта армированы двойной арматурой в 4,76 *мм*. Состав бетона 1 : 1 : 1,25. Корпус разделен 5 поперечными и 2 продольными водонепроницаемыми переборками, причем часть отсеков м. б. использована в качестве балластных цистерн для изменения осадки судна на 90 *см*. Продольные крепления кроме продольных переборок обеспечиваются устройством продольных ферм, связывающих кильсоны с карлингсами помощью пиллерсов, и солидного стрингера шириною в 600 *мм*. П. имеет 2 гребных винта, помещенных в особых тунелях и приводимых в движение 2 двухтактными четырехцилиндровыми двигателями, развивающими при 280 об/м. 275 ИР каждый и дающими скорость судну на тихой воде в $6^1/_2$ узлов. Для уменьшения веса судна на П. устроена деревянная палуба. На палубе проложены 3 рельсовых пути с упорами на корме. На них устанавливается 21 вагон. Пропускная способность П.—300 вагонов в день. Для приема вагонов при разных горизонтах воды (амплитуда колебания уровня воды у Н.-Новгорода равна 12,65 *м*) построено по 6 эстакад на каждом берегу на разных уровнях, причем каждой эстакадой можно пользоваться при амплитуде колебания горизонта воды в 2,33 *м*, прибегая а) к заполнению или откачке балластных цистерн, устроенных в отсеках корпуса, для изменения осадки судна в пределах 90 *см*, б) к установке на палубе съемных стеллажей высотою 90 *см* и в) к подъему и опусканию соединительного с пристанью мостика в пределах до 1,1 *м*. Балластные цистерны во время погрузки вагонов на пором и их выгрузки с порома служат и для выравнивания крена и диферента судна. По сравнению с перевозкой ж.-д. грузов через водные пространства на обыкновенных грузовых судах перевозка этих же грузов в вагонах на П. оказывается выгоднее первой. Причины невыгодности перевозок ж.-д. грузов в обыкновенных грузовых судах кроются в лишних и дорогостоящих операциях по а) выгрузке грузов из вагона в суда и в особенности в склады при несвоевременной подаче судов, б) выгрузке грузов из судов в вагоны, в) хранению грузов в пристанских или портовых складах в ожидании прибытия судна и вагонов, г) простою судов и вагонов в ожидании погрузки или выгрузки, д) специальной штучной упаковке грузов, связанной с перевалкой их с суши на воду и обратно и е) увеличению риска за целость товара при перевалках.

Лит.: «Водный транспорт», Москва, 1921, *12—16*. 1922, *10—11*, 1925, *1*, 1926, *8—9*, 1927, *1*; «Промышленность и техника», т. 9, Пути сообщения, СПБ. s. a.; Ляхницкий В., Современные формы пересечения водных и сухопутных сообщений, П., 1920; Ткаченко, Форсирование рек, Москва, 1931; Розе К., Форсирование рек по опыту гражданской войны 1918—1920 гг., М., 1928. **Е. Брилинг.**

ПОРОХ, общее название *взрывчатых веществ* (см.), служащих для стрельбы из огнестрельного оружия. Различают два главных типа П.: *дымный порох* (см.)—твердая смесь (гл. образом калийной селитры, серы, угля) и *бездымный порох* (см.) различного состава, характеризующийся отсутствием дыма при стрельбе. Основные преимущества современных бездымных П. заключаются в том, что они дают возможность получать в оружии баллистич. действие, одинаковое с дымным П., при меньших давлениях в канале и при заряде, составляющем примерно $^1/_3$ принятого заряда селитро-серо-угольного П.; возможно также, не увеличивая давления пороховых газов в канале, значительно поднять начальную скорость снаряда, а следовательно увеличение настильности и дальнобойности. Переход к бездымным П. дал два неоспоримых боевых преимущества: бездымность (маскировка) и уменьшение веса оружия (от уменьшения калибра). Во Франции тип П. для ружья Лебеля был установлен в 1885 г. и до настоящего времени не претерпел сколько-нибудь существенных изменений. Современные бездымные пороха можно подразделить на три класса: чисто пироксилиновые, пироксилино-нитроглицериновые и пироксилиновые в смеси с нитропроизводными нек-рых ароматич. углеводородов. К первому классу принадлежат русские, франц. и герм. П.; ко второму—б а л л и с т и т (Германия) и к о р д и т (Англия); к третьему—и н к о р и т (США), приготовляемый из смеси нерастворимого пироксилина и нитробензола, п л а с т а м е н и т, заключающий в себе пироксилин и динитротолуол, и др. К малодымным П. или к категориям смешанных П. принадлежат пироксилино-селитренные сорта коллоидного типа, а также различные охотничьи П., в состав которых входит пироксилин и окислитель (селитра или двухромовокислый аммоний).

И с х о д н ы е м а т е р и а л ы и с о с т а в пороха. Основными материалами для производства дымного пороха являются калийная селитра KNO_3, сера и уголь. В настоящее время употребляется уголь двух сортов, отличающихся степенью обжига: черный и бурый. Черный уголь применяется для фабрикации крупнозернистого и черного призматич. П., бурый—для ружейного П. Исследования Бертело и Вьеля приводят к заключению, что в отношении увеличения энергии действия П. предпочтение

д. б. дано пороху, изготовленному с бурым углем. Бурый уголь, содержащий ок. 70% углерода, выделяет при горении 102 020 Cal, тогда как черный уголь (с содержанием 90% углерода)—только 95 200 Cal. Анализ углей, обожженных на Охтенском пороховом заводе, дал такой состав: черный уголь—83,17% углерода, 3,51% водорода, 11,97% кислорода и азота, 1,35% золы; бурый уголь—74.75% углерода, 3,96% водорода, 20,11% кислорода и азота, 1,18% золы.

К о л и ч е с т в е н н о е с о о т н о ш е н и е м е ж д у с о с т а в н ы м и ч а с т я м и П. и и х п р е д в а р и т е л ь н а я о б р а б о т к а. Первые научные изыскания, произведенные в конце 18 в. Бертолле, указали, что наивыгоднейший состав дымного П. таков: 80% KNO_3, 5% S, 15% C. Позднейшие опыты Бертело установили следующий состав для П., развивающего при горении наибольшее количество тепла при большем объеме газов: 84% KNO_3, 8% S, 8% C. Если допустим теоретически, что уголь в П. представляет собой чистый углерод, то для полноты сгорания его в CO_2 необходимо следующее соотношение между составными частями П.: 74.84% KNO_3, 13,32% C, 11,84% S; П. такого состава при горении будет разлагаться по уравнению:

$$2KNO_3+3C+S=K_2S+N_2+3CO_2.$$

В действительности разложение дымного П. проходит гораздо сложнее вследствие того, что в угле кроме углерода содержатся водород, кислород, азот, зола, влага, а в селитре и сере имеются посторонние примеси; кроме того не весь кислород, выделяющийся при разложении селитры, образует CO_2, а часть его соединяется с серой и дает сернисто- и сернокислые соли калия. Опыты над горением охотничьего П. (при атмосферном давлении), произведенные Шишковым и Бунзеном, показали, что при разложении пороха получаются следующие продукты: 1) твердые—K_2SO_4; K_2CO_3; $K_2S_2O_3$; K_2S; KCNS; KNO_3; C_2S; $(NH_4)_2CO_3$; 2) газообразные—N_2; CO_2; CO; H; H_2S и O. Главные продукты разложения П. в твердом остатке: K_2CO_3; K_2SO_4; K_2S; в газах—CO_2; CO и N_2 (см. *Пороховые газы*). По средним результатам Нобеля и Абеля (Abel) над горением П. в манометрич. бомбе Сарро определено следующее весовое отношение продуктов разложения 1 *г* П.: твердые продукты—0,33 *г* K_2CO_3; 0.07 *г* K_2SO_4; 0,13 *г* K_2S; 0,03 *г* прочих; всего 0,56 *г*; газообразные продукты—0,27 *г* CO_2; 0,05 *г* CO; 0,11 *г* N_2; 0,01 *г* прочих; всего 0,44 *г*. На 1 *кг* П. получается: объем газов $v=259$ *л*; количество тепла $Q=697$ Cal; $t°$ горения 2 730°; давление газов при плотности заряжения 0,5 равно 2 020 *atm*, при 0,7—3 590 *atm*. Состав дымного П., принятый в различных государствах, весьма близок к теоретической ф-ле: $2KNO_3+3C+S$. Увеличение состава KNO_3 в охотничьих П. (78%) объясняется требованием получения при стрельбе наименьшего нагара в стволе. Среди составных частей дымного П. наименьшее значение с точки зрения его баллистических качеств имеет сера; можно приготовить П. с очень малым содержанием ее, вполне отвечающий предъявляемым к нему баллистич. требованиям. Однако отказаться от S при изготовлении мелких зернистых сортов дымного пороха нельзя, потому что она является как бы цементирующим веществом, прочно связывающим между собой остальные составные части П. Кроме того присутствие в продуктах разложения П. некоторого количества сернистых соединений калия способствует уменьшению нагара в стволе оружия; этот нагар, состоящий гл. обр. из K_2CO_3, трудно удаляем, если в смеси с ним нет сернистых соединений калия. Увеличение содержания угля в П. вызывает ослабление связи между отдельными его частями, уменьшает твердость зерен и увеличивает гигроскопичность пороха.

Одним из главнейших материалов для производства б е з д ы м н о г о п о р о х а является *пироксилин* (см.), т. е. *нитроцеллюлоза* (см.) различных степеней нитрации—не растворимая или растворимая в спирто-эфирной смеси. Для нитроглицериновых П. идет исключительно вполне растворимый пироксилин. Нерастворимый пироксилин растворяется в нитроглицерине в присутствии ацетона; растворимый пироксилин растворяется полностью в нитроглицерине лишь при $t°$ 50°. Отношением к различного рода растворителям определяется %-ное соотношение в бездымном П. нерастворимого и растворимого пироксилинов и эфиров с малым содержанием азота (вредные примеси). Роль растворимого пироксилина в фабрикации бездымного П. заключается в том, что смесь нерастворимого и растворимого пироксилинов способна к желатинизации (обращению в густую коллоидную массу). Реакция горения мининого пироксилина (состава 11-азотной нитроклетчатки) при плотности заряжения, равной 1 (1 *кг* в 1 *л*), может быть выражена ур-нием:

$$C_{24}H_{29}O_9(NO_3)_{11}=12\,CO+12\,CO_2+8{,}5\,H_2+ +5{,}5\,N_2+6\,H_2O.$$

Вследствие присутствия в продуктах разложения пироксилина окиси углерода CO пироксилиновые газы ядовиты, с чем необходимо считаться при употреблении пироксилиновых порохов для стрельбы в закрытых помещениях.

П р о и з в о д с т в о П. О фабрикации дымного П. см. *Дымный порох*. Фабрикация б е з д ы м н о г о п и р о к с и л и н о в о г о П. состоит из следующих операций: сушки и обезвоживания пироксилина, желатинизации (приготовления пороховой массы), прессования лент, провяливания лент и улавливания растворителя, резки лент, вымачивания лент, разымки и переборки П., сушки, графитовки, чистки и смешивания П. С у ш к а пироксилиновой мезги имеет целью понизить содержание влаги до 1—2%. Т. к. сушка является операцией опасной (чувствительность сухого пироксилина к удару и трению), то ее производят при темп-ре не выше 40°. Наши заводы с 1894 г. обходятся без сушки пироксилина нагретым воздухом вследствие замены ее обезвоживанием пироксилина винным спиртом. Сушка пироксилина производится в особых сушильнях (емкостью не свыше 400—800 *кг*) на столах, в закрытых камерах, деревянных шкафах. Особое внимание при сушке обращается на наблюдение за очищением сушилен от пироксилиновой пыли выметанием и обмывкой водой. Обезвоживание пироксилиновой мезги спиртом применено впервые в России (1890 г.) по предложению Д. И. Менделеева

и с 1895 г. установилось на всех з-дах как в России, так и за границей. Обезвоживание пироксилина производится диффузионным способом или отжатием в центрифугах. При диффузионном способе обезвоживания пироксилиновая мезга набивается в расположенные друг над другом и соединенные трубками сосуды—диффузоры. Диффузоры соединяются по 4 в батарею. Продавливание спирта через диффузоры, начиная с верхнего, производится с помощью сжатого воздуха. Порядок соединения сосудов периодически меняется (через $1^1/_2$—2 ч.); при начале процесса с верхнего диффузора—он отъединяется (как отработанный спиртом наибольшей крепости) з первую очередь. Из отделяемого сосуда (после 4—5 ч. обработки) производится отсасывание избытка жидкости пневматическим насосом. Более сильное отжатие до определенного содержания спирта совершается в центрифугах или в гидравлических прессах. Общее количество влаги, остающейся в обезвоженном пироксилине, составляет 6—8%. Отработанные спиртовые воды (крепость 15—20°) идут на отгонку из них спирта. Обезвоживание пироксилина спиртом в центрифугах—простой, но мало экономичный способ. Вращающаяся центрифуга, с закладкой мезги в 30 *кг*, снабжена центральной трубкой с отверстиями, через которые под давлением в $1^1/_2$ *atm* выбрызгивается спирт. Обработка ведется сначала спиртом крепостью 80°, при этом производится основное обезвоживание; остаток влаги удаляется крепким спиртом в 96°. Вся операция обезвоживания с помощью центрифуг продолжается $1^1/_2$ ч. Отработанная жидкость не идет на обезвоживание (как в диффузионном способе), а непосредственно в переработку; отсюда неэкономичность этого способа, но здесь же и преимущество его, заключающееся в том, что в свежую закладку мезги не попадают нестойкие нитросоединения, извлеченные вместе с водой спиртом из другой закладки (как в диффузионном способе). Приготовление пороховой массы (желатинизация пироксилина) составляет основной процесс фабрикации бездымного пироксилинового П. Желатинизация обезвоженного пироксилина производится в смеси винного спирта и этилового эфира. Эфир, идущий на пороховой растворитель, должен отличаться чистотой, иметь нейтральную реакцию (отсутствие к-т), при испарении не давать нелетучих примесей, не иметь в своем составе спирта, альдегида, воды, винилового спирта и перекиси водорода, иметь уд. в. 0,725 при 15°. Этиловый спирт, являющийся второй составной частью порохового растворителя, должен иметь крепость не менее 95° по Траллесу при 15,5°, что соответствует удельному весу 0,815, и нейтральную реакцию (не содержать кислот и щелочей); содержание сивушного масла д. б. не более 0,01%; в спирте должны вовсе отсутствовать фурфурол и экстрактивные вещества (белковые, сахаристые, глицерин, таннин и др.). Желатинизация пироксилина производится в смесителях (малаксерах) при обыкновенной $t°$. Смеситель—чугунный цилиндр с вращающейся внутри его лопаткой, имеющей и поступательное движение по оси цилиндра, чем и достигается перемешивание пироксилина с растворителем. Загрузка—50 *кг* пироксилина. На 100 *г* сухого пироксилина требуется 150—200 *г* спирто-эфирной смеси. Продолжительность операции 2—5 ч. Прессование пороховой смеси производится продавливанием ее через отверстия (различного для разных сортов П. сечения) матриц. Пороховые ленты прессуются в виде пластин, брусков или цилиндров с каналом по оси. От приготовляемых прессованием лент и брусков требуется однородность, крепость, прозрачность, отсутствие пленок и крапинок от плохо желатинизированного пироксилина, отсутствие надрывов и заусенцев. Наибольшее значение имеет толщина ленты; уменьшение толщины лент происходит в последующих за прессованием операциях (примерно в отношении 2 : 1). Пресс для выдавливания пороховой ленты может быть гидравлический или винтовой; и тот и другой по расположению цилиндров бывает вертикальный или горизонтальный. Провяливание лент имеет целью улавливание избыточного растворителя; оно производится в открытых сверху шкафах при обыкновенной $t°$. Содержание растворителя доводится до 20—30%, если ленты идут потом прямо на резку; в пушечных П., подвергаемых до резки вальцеванию, содержание растворителя доводится до 15—20%. Вальцевание имеет назначение выравнивать толщину лент до требуемых размеров. Улавливание растворителя дает существенные экономич. выгоды (до 75% взятой на желатинизацию спирто-эфирной смеси); однако процесс улавливания не должен влиять на качество получаемого П. Подогревание пороховых лент в особых сосудах, помещаемых в камеры с нагретой до 30—40° водой, вызывает испарение растворителя, пары которого сгущаются в особых холодильниках (со льдом или жидкой углекислотой). Сгущенный растворитель с содержанием 75% эфира и 25% спирта идет вновь на желатинизацию после предварительной очистки от примесей и доведения до требуемого состава спирто-эфирной смеси. Резка лент до требуемых размеров пластин производится на особых приборах. Вымачиванию перед сушкой подвергаются только крупные сорта пороховых лент с целью выделения остатков растворителя, не удаляемого последующей сушкой. Наблюдения показали, что сушка вымоченного в холодной воде П. происходит значительно скорее (для пушечных П. средней толщины лент 0,7—1,0 *мм* в 2—3 раза скорее), причем при одинаковых условиях этой сушкой, напр. для П. ПКО (толщина 0,65 *мм*), удаляется растворителя на 1—2% более по сравнению с сушкой без вымачивания. Вымачивание производится в особых бассейнах в течение 5—7 суток, причем меняют воду через 1 сутки. Применяется также вымачивание в горячей воде или смешанное вымачивание сначала в холодной, потом в горячей. Разымка применяется для ружейного бездымного пороха и имеет целью отсортировку как случайных примесей, так и слишком длинных и мелких пластинок; разымка не должна давать больше 5% отсева. Разымочные приборы конструируются по типу применяемых в сел. х-ве приборов для сортировки зерновых продуктов. Перед сушкой пушечные П. подвергают переборке

вручную, при этом отсортировывают ленты с крупными изъянами, вздутостями, внутренними прослойками, глубокими царапинами, зазубренными краями и проч. Сушка П. имеет целью доведение в нем растворителя до установленных для данного сорта П. пределов: при толщине ленты 0,5 *мм*—ок. 1%; при 0,5—1 *мм*—до 2%; 1—1,5 *мм*—до 3%; 2—3 *мм*—до 4—5%. Присутствие в готовом П. избыточного (сверх показанного выше) растворителя влечет за собой образование к-т и разложение П.; в баллистич. отношении выделение растворителя в процессе служебного хранения П. может повести к изменению начальной скорости и давления в канале орудия в сторону их увеличения. С другой стороны, пересушивание П. влечет за собой также его разложение с понижением содержания азота. Сушка тонких П. производится при $t°$ не свыше 40—50°, толстых—до 60°. Полировка производится только для зерен ружейного П. с графитом. Полированный П. более постоянен, т. к. графит препятствует усыханию при хранении на складах. Полировка производится в бочках того же устройства, как при изготовлении дымного П. Чистка ружейного бездымного П. производится аналогично с чисткой дымного пороха и имеет целью удаление пороховой пыли, образовавшейся при полировке П. Мешка П. производится с целью парализации уклонений в фабрикации отдельных партий П. Мешка ружейного П. делается в обыкновенных полированных бочках. Мешка пушечных П. производится вручную отбором определенного числа лент из каждой партии и смешением; таким смешением составляются сначала малые партии, из к-рых таким же путем П. смешивается в крупные годовые партии. Бездымный пироксилиновый П. укупоривается в герметические цинковые ящики, закрываемые крышкой с резиновой прокладкой; цинковые ящики вкладываются в деревянные с обозначением на последних сорта П., № партии, з-да, года изготовления и веса П. в укупорке.

Способ приготовления бездымного нитроглицеринового П. типа баллистита, данный Лендгольмом и Сайерсом, заключается в том, что пироксилиновая мезга растворимого пироксилина с содержанием 30% влаги закладывается в сосуд с водой, нагретой до 60°; жидкость взбалтывается пропусканием сжатого воздуха; в сосуд вводится при помощи инжектора, действующего сжатым воздухом, необходимое количество нитроглицерина; повторными пробами узнают, достигнуто ли в смеси отсутствие чистого нитроглицерина; последнее укажет на полное поглощение нитроглицерина пироксилином. После обработки в сосуде пороховая масса подвергается отжатию избытка воды в центрифугах. Последующей прокаткой между валками, нагретыми до 50—60°, достигается полное растворение пироксилина в нитроглицерине. Толстые ленты приготовляются прокаткой несколько раз сложенных вместе тонких пороховых лент. П., изготовляемые в виде цилиндрич. брусков или дисков, отжимаются на вертикальных прессах. Резка лент производится так же, как при фабрикации пироксилинового П. Сушку П. производят при $t°$ не более 40°. Нитроглицериновые П. типа кордита изготовляются из нерастворимого пироксилина. Навеска смеси нитроглицерина и пироксилина (35 *кг*) закладывается в сосуд с двойными стенками, между к-рыми циркулирует ток холодной воды. К смеси прибавляют ацетон, закрывают сосуд герметич. крышкой и перемешивают смесь мешалкой в течение $3^1/_2$ ч. После прибавления к смеси вазелина обработка в мешалке продолжается еще $3^1/_2$ ч. Полученное пороховое тесто тотчас же поступает в гидравлич. прессы. Выходящая из пресса струна ружейного П. наматывается (по 400 *г*) на металлич. вращающуюся катушку, на которой производится сушка П. Струны пушечного кордита режутся на бруски определенной длины, укладываются в ящики и подвергаются сушке в среднем в течение 1 недели; ружейный кордит сушится в течение 3 суток; $t°$ сушки 40°.

П. специального назначения. Из дымных П. специального назначения следует указать на медленно горящие П. для дистанционных трубок шрапнели и для бикфордова шнура. Чрезвычайно сложным вопросом является изготовление П. для дистанционных трубок большого времени горения. От такого П. помимо малой скорости горения требуется еще особенно однообразное действие, необходимое для точной стрельбы шрапнелью. В СССР для дистанционных трубок применяют порох с примесью шеллака (2%), что дает время горения в трубках до 31,5 ск. Плотность этого П. 1,70—1,75 при содержании в нем 80% селитры и по 10% серы и угля. Изготовлявшийся в России медленно горящий П. для бикфордовых шнуров имел состав: 82% селитры, 9% серы и 9% угля. Плотность этого П. 1,70—1,75. Скорость горения состава в шнуре ок. 1 *м/мин*. Известно очень большое количество П. с измененным против обыкновенного дымного П. составом; все предложения по изменению состава пороха имели целью, с одной стороны, удешевление П. и с другой—увеличение силы П. В таких П. калийная селитра полностью или частично заменялась натриевой или аммиачной или бертолетовой солью и др. П. с натриевой селитрой дешевле, но обладает меньшей разрушительной силой; кроме того П. с натриевой селитрой очень гигроскопичен—он применяется гл. обр. для подрывных работ в горном деле. П. с аммиачной селитрой до 1896 г. применялся в Австрии; его преимущества в меньшей $t°$ разложения, что сказывалось на уменьшении выгорания орудий при стрельбе; главный недостаток—сильная гигроскопичность, затруднявшая хранение. П. с баритовой селитрой (80% общего количества селитры) применялся в Бельгии, но широкого распространения не получил. П. с бертолетовой солью $KClO_3$ имеет бризантное действие и для стрельбы из орудий не применяется, а используется для подрывных работ в горном деле; вследствие большой чувствительности к ударам он опасен при перевозках и дороже обыкновенного П. Все П. с измененным составом широкого распространения не имели и в дальнейшем должны были уступить место новым бездымным пироксилиновым и нитроглицериновым порохам, а для минных работ—динамитам и нитропроизводным.

Испытание П. заключается в определении его физико-химических и баллистич. свойств. Из физических свойств определяют форму и величину зерен или лент, действительную и гравиметрическую плотность, твердость и влажность. Химич. анализом П. определяются качественный и количественный состав П. Стрельбой определяются баллистич. свойства: развиваемое им в канале орудия давление пороховых газов и начальная скорость снаряда. Форма и величина зерен или лент должны отвечать размерам, установленным для данного сорта П.; поверку производят просеиванием через сита на разымочном приборе или прямым обмером. *Гравиметрическая плотность* (см.) П. (вес П., заполняющего определенный объем) зависит от действительной плотности, формы и величины зерен, размеров промежутков между зернами и степени полировки П. Чем лучше полировка П., тем плотнее вследствие меньшего трения будут укладываться зерна и тем больше следовательно гравиметрическая плотность. Гравиметрическая плотность определяется на приборе — гравиметре — взвешиванием определенного объема (1 *л*) П. Действительная плотность П., от которой зависит скорость его горения, определяется на приборах—денсиметрах. Испытание твердости зерен П. (способность перетираться в пороховую мякоть и пыль) производится в особых приборах—бочках—перекатыванием по неровной поверхности. Определение содержания влаги или остатков растворителя в порохе производится повторным его взвешиванием до и после сушки; перед вторым взвешиванием порох выдерживается некоторое время в эксикаторе. Давление пороховых газов в канале орудия определяется крешерными приборами, а начальные скорости — хронографами (см. *Баллистические приборы*).

Основания устройства пороховых заводов. Наиболее опасными операциями при производстве дымного П. являются обработка тройных смесей в бочках, прессование, зернение, полировка и сушка. К менее опасным относятся обработка двойных смесей в железных бочках и бегунная. Пороховой завод обычно состоит из ряда ф-к. Безопасность производства требует, чтобы ф-ки опасных операций были расположены в 50—150 *м* одна от другой; для менее опасных операций взаимное удаление фабрик допускается до 30 *м*. В силу этих обстоятельств пороховые з-ды обычно располагаются на весьма больших площадях. Пороховые з-ды строятся в определенных, установленных особыми узаконениями расстояниях от населенных мест, ж.-д. путей и судоходных рек. Территория порохового з-да д. б. огорожена. Отдельные ф-ки окружаются с трех сторон валом; открытая сторона д. б. обращена в направлении, свободном от других заводских построек. Между отдельными ф-ками устраиваются насаждения, преимущественно из лиственных пород. Ф-ки, вполне безопасные в отношении взрыва (выжигание угля, перегонка серы), м. б. расположены и вне заводской ограды. Пороховые погреба обычно устанавливают вне заводской ограды и на значительном от нее расстоянии. Здания для наиболее опасных работ обычно имеют три стены кирпичных (толщина 0,7—0,8 *м*) и четвертую легкую, деревянную. Крыши пороходельных зданий должны быть легкой конструкции. Полы бетонные, деревянные, асфальтовые, крытые войлоком и холстом. Двери и окна должны открываться наружу; з-д д. б. хорошо оборудован в противопожарном отношении. Все работы на отдельных производствах проводятся на основе точного соблюдения установленных инструкций.

Фабрикация бездымного, пироксилинового П. менее опасна, чем дымного П. На небольшом относительно пространстве м. б. расположены все ф-ки кроме сушилен. Обычно в одной линии последовательно, в расстоянии 40—50 *м* одно от другого, располагают здания для желатинизации, прессования, резки, сортировки, чистки и мешки П. Сушильни д. б. удалены от других пороховых зданий и находиться в значительном расстоянии друг от друга. При устройстве пороховых зданий д. б. обращено особое внимание на их вентиляцию (от к-т и паров растворителя). Отопительная система должна исключать возможность самовозгорания пироксилиновой и пороховой пыли (нагревание калориферов, если они находятся внутри здания, не свыше 40—50°). Обычно пороховой з-д устанавливают рядом с пироксилиновым. Условия фабрикации П. требуют непосредственной связи порохового завода с эфирным. Только при этом условии могут быстро осуществляться постоянно меняющиеся требования к составу растворителя.

Лит.: Броунс С. А., Технология пороха и практич. пороходелие, ч. 1—2, Л., 1925—1927; его же, Пороховое производство в З. Европе перед Великой европ. войной, М., 1926; его же, Бездымные охотничьи пороха, их фабрикация, баллистич. свойства и применение к стрельбе из дробовых и нарезных ружей, Киев, 1900; Киселевский Г. П., Пластинчатый и кубич. порох с продольными каналами, «Артиллерийский журнал», 1917, *8, 9, 10, 11* и *12*; Соломина А., Курс технологии пороха и взрывчатых веществ, Петербург, 1914; Менделеев Д., О пироколлоидном бездымном порохе, «Морской сборник», Петербург, 1895; Брюлей, О приготовлении нитроклетчатки, СПБ, 1898; Каменев К. И., Историч. описание Охтенского порохового завода, СПБ, 1891; его же, Записки по пороховому делу, вып. 1—2, 1889 — 1905; Забудский Г. А., Приготовление порохов. Основания производства, СПБ, 1901; его же, Приготовление крупнозернистого пороха на русских пороховых з-дах, СПБ, 1885; его же, Пороходелие, СПБ, 1891; Сапожников А. В., Краткий курс взрывчатых веществ, СПБ, 1912; его же, Теория взрывчатых веществ, 2 изд., Л., 1926; Guttmann O., Die Industrie der Explosivstoffe, Brschw., 1895; Voigt A., Die Herstellung der Sprengstoffe, Monographien über chemisch-technische Fabrikationsmethoden, hrsg. v. Wohlgemuth, B. 32—33, Halle a/S., 1913—14; Escales R., Die Explosivstoffe, H. 1, Schwarzpulver u. Sprengsalpeter, 2 Aufl., Berlin—Leipzig, 1914; Escales R., Ammonsalpetersprengstoffe, Berlin—Leipzig, 1909; Chalon P., Les explosifs modernes, 3 éd., Paris, 1911; Marshall A., Explosives, History and Manufacture, Properties a. Tests, v. 1—2, London, 1917.

В. Грендаль.

ПОРОХОВЫЕ ГАЗЫ, газы высокой $t°$, отделяющиеся в большом количестве при горении пороха. Все сорта дымных порохов при горении образуют кроме П. г. продукты, превращающиеся после охлаждения в твердые вещества, тогда как пироксилиновые и вообще бездымные пороха при соответствующих условиях горения дают почти исключительно газообразные продукты. Количество газов, образующихся при горении порохов, природа их и количество отделяющегося при этом тепла имеют важное значение в вопросах, изучаемых внутренней баллистикой, т. к. ими гл. обр. и определяется давление

в канале оружия и запас полезной энергии, заключающейся в порохе. Наиболее полные исследования, произведенные Нобелем и Абелем (Abel) в 1875 г., выяснили: 1) состав продуктов горения пороха, 2) количество газообразных продуктов горения пороха и объем их при 0° и 760 *мм* ртутного барометрич. давления, 3) количество негазообразных продуктов, 4) состояние, в к-ром находятся негазообразные продукты в момент взрыва, 5) количество теплоты, выделяемой горением весовой единицы пороха, 6) среднюю теплоемкость продуктов разложения при постоянном объеме, 7) $t°$ продуктов разложения, 8) соотношение между давлениями продуктов разложения и плотностью заряжания, 9) изменения продуктов разложения с изменением плотности заряжания, 10) влияние химич. состава пороха на получающиеся продукты разложения, на их $t°$ и давление и 11) влияние размеров зерен, плотности их, влажности и т. п. Эти опыты производились в особых бомбах, так устроенных, что образующиеся П. г. можно было отводить к газометру для измерения объема их и для производства анализа. В этой же бомбе помещался прибор для определения давления образующихся П. г. При опытах Вьеля и других определялись также характер нарастания давления и время, в течение к-рого это совершается, для чего поршень прибора (крешера) записывал свое движение на барабане, вращающемся с известной скоростью. Для определения количества выделяемого тепла порох взрывался в особых калориметрич. бомбах (см. *Бомба калориметрическая*). Исследование одного из образчиков англ. дымного пороха дало результаты (при горении 1 *кг* пороха), указанные в табл. 1.

Объем газообразных продуктов, приведенных к 0° и к барометрическому давлению 760 *мм*, составляет 275,7 *см*³ на 1 *г* пороха при воде жидкой, и количество отделяющейся теплоты $Q_v = 714{,}7$ cal. При воде газообразной объем газов—287,5 *см*³, а $Q_p = 708{,}8$ cal. Главными продуктами разложения дымных порохов являются CO_2, CO, N_2, H_2O, K_2CO_3, K_2SO_4 и K_2S, причем в зависимости от плотности заряжания колебания количества выделяющихся CO_2, CO, N_2 и H_2O не превышают 2% от указанных средних величин, а для твердых продуктов не более 5%. По опытам Нобеля и Абеля состав газообразных продуктов разложения дымного пороха изменяется в зависимости от плотности заряжания (табл. 2).

Табл. 1.—Анализ образчика английского дымного пороха.

Состав пороха (в %)			Продуктов горения 1 *кг* пороха (в *г*)		
			газообразн.	твердых и жидких	
KNO_3		74.76	CO_2	0,2685	K_2CO_3 0.3258
S		10,07	CO	0,0477	K_2SO_4 0,0710
Угля		14.22	N_2	0.1123	K_2 0,1042
Влаги		0.95	H_2S	0,0111	KCNS 0.0014
			CH_4	0.0006	KNO_3 0,0013
			H_2	0,0006	$(NH_4)_2CO_3$ 0.0005
					S_2 0,0445
					Угли 0,0010
Уголь состава	C	85.26	Газов 0,4408		Тверд. пород 0,5497
	H	2.98			Воды 0,0095
	O	10.16			
	Золы	1.6			

Табл. 2.—Состав газообразных продуктов разложения дымного пороха (в % по весу от количества всех продуктов горения).

Состав газов	Плотность заряжания				
	0,1	0.3	0,5	0,7	0,9
CO_2	25,8	26,2	27,7	26,3	27,1
CO	5.2	5,5	4,7	4,2	3,6
N_2	11,1	11,2	11,4	10,7	10,9
H_2S	1,3	1.2	0.8	1,3	0,9
CH_4	—	—	0,12	0.07	0,13
H_2	0.07	0,07	0,05	0.05	0,05
Объем газов на 1 *кг* в *л* (0° и 760 *мм*)	280	285	280	270	265
Давление в *atm*	220	810	1 630	2 910	4 940

Главная масса твердых продуктов в момент взрыва находится в жидком состоянии, превращаясь после охлаждения в плотный, твердый, сильно гигроскопичный остаток. Если выразить весовые количества главных продуктов горения пороха указанного состава следующими круглыми числами (на 1 *г* пороха):

Твердых продуктов 0,56 *г*	K_2CO_3	0.33
	K_2SO_4	0,07
	K_2S	0,13
	Проч. продукты	0,03
Газов 0,44 или 270 *см*³	CO_2	0,27
	CO	0,05
	N_2	0,11
	Проч. газы	0,01

то разложение при горении м. б. выражено приблизительно след. ур-нием:

$$10\,KNO_3 + 2\,S + 13\,C = 3\,K_2CO_3 + 0{,}5\,K_2SO_4 + 1{,}5\,K_2S + 9\,CO_2 + CO + 5\,N_2.$$

Из него вычисляются: объем газов $V_0 = 259$ *см*³ на 1 *г*; количество выделившегося тепла $Q_v = 697$ cal; температура горения $\gamma = 2\,730°$; сила $f = 3\,000$ *кг* на 1 *см*² и коволюм $L = 0{,}5$. (Теплоемкости твердых продуктов приняты неизменяющимися с изменением $t°$, а газов—изменяющимися по ф-ле Малляра и Ле-Шателье. Удельные объемы твердых продуктов разложения приняты равными объемам при обыкновенной $t°$, а коволюм газов—$V_0 = 0{,}001$.) Давление P, развиваемое при горении пороха в неизменяемом объеме, т. е. в прочной каморе, при различных плотностях заряжания, вычисляется по формуле:

$$P = \frac{fA}{1 - LA},$$

где A — плотность заряжания (отношение веса заряда к объему каморы). При $A = 0{,}5$, P, вычисленное, = 2 000 *кг*, а P, измеренное помощью крешера, = = 2 023 *кг*. Горение бездымных порохов характеризуется почти полным отсутствием в составе продуктов разложения твердого остатка, если только сгорание происходит при нормальных условиях. В закрытых сосудах такое горение бездымных порохов имеет место уже при давлении в 150 *atm*; в огнестрельном оружии для обращения пороха в газы необходимо (кроме надлежащего давления), чтобы размеры пороховых зерен соответствовали калибру оружия. Изучение пироколлодийного пороха (см.

Бездымный порох) показало, что состав различных сортов его м. б. выражен ф-лой

$$C_{24}H_{30}O_{10}(NO_3)_{10}+k\ C_3H_8O,$$

где C_3H_8O отвечает неудаленному сушкой растворителю, а k—переменный коэф-т, например в пластинках толщиною около 2 *мм* $k=0{,}87$. При этом значении k, разложение пороха в бомбе при плотности заряжания ок. 0,02 выражается ур-нием

$$C_{24}H_{30}O_{10}(NO_3)_{10}+0{,}87\ C_3H_8O=5\,CO_2+21{,}61\,CO+$$
$$+9{,}42\,H_2+5\,N_2+9{,}06\,H_2O.$$

Состав продуктов разложения и весовое их соотношение, приходящееся на 1 *г* бездымного пироколлодийного пороха толщиною в 2 *мм* (при 0° и давлении 760 *мм*) показаны ниже (в *г*):

Газообразных продуктов: 0,8594	CO_2	0,2454
	CO	0,4685
	H_2	0,0159
	CH_4	0,0078
	N_2	0,1218
	Σ	0,8594
	H_2O газообр.	0,9903
Жидких: 0,1309	H_2O	0,1309
Твердых: 0,0097	Пепла	0,0097

Объем газообразных продуктов $V_0=783$ *см*³, водяных паров 162,3 *см*³ и полный объем газов, считая H_2O газообразной, 945,3 *см*³. Главными продуктами горения пироксилиновых порохов являются CO, CO_2, N_2, H_2, водяной пар и небольшое количество метана. Сравнивая состав газообразных продуктов разложения этого образца бездымного пороха с газами, получаемыми при дымном порохе, видим, что качественный состав их почти один и тот же; в продуктах горения бездымного пороха отсутствует лишь H_2S. В количественном отношении продукты разложения пироксилинового пороха содержат весьма большой % CO—в 10 раз более, чем при дымном порохе с черным углем. В общем CO составляет почти 50% всего объема газов, вследствие этого газы пироксилинового пороха весьма ядовиты и горючи. Анализ продуктов разложения 1 *г* бездымного нитроглицеринового пороха типа баллистита Нобеля, при плотности заряжания 0,014 (при 0° и давлении 760 *мм*), дает следующие результаты (в *г*):

Газообразных продуктов: 0,7991	CO_2	0,3967
	CO	0,2459
	H_2	0,0051
	CH_4	—
	N_2	0,1514
	Σ	0,7991
	H_2O газообразн.	0,9861
Жидких: 0,1870	H_2O	0,1870
Твердых: 0,0139	Пепла	0,0139

Объем газообразных продуктов 575 *см*³, водяных паров 232 *см*³, а полный объем газов, считая H_2O газообразной, 807 *см*³. Сравнение указанных данных показывает, что состав продуктов разложения пироколлодийного и нитроглицеринового порохов в качественном отношении почти одинаков, но в количественном имеется существенное различие, а именно: у нитроглицеринового пороха общий объем газов и содержание CO меньше, чем у пироколлодийного пороха. Объясняется это тем, что нитроглицериновый порох богаче кислородом, а потому при разложении его происходит более полное сгорание, т. е. образуется значительно большее количество CO_2, что и влечет за собой уменьшение объема газов, но при этом увеличивается количество отделяемой теплоты. Газы нитроглицеринового пороха тоже ядовиты и горючи, но в меньшей степени, чем пироксилиновые. Т. о. все продукты разложения бездымных порохов за исключением неизбежной примеси в виде золы находятся при $t°$ разложения в газообразном состоянии. С увеличием плотности заряжания качественный состав продуктов разложения бездымных порохов остается тот же, но относительное содержание каждого из них несколько изменяется, а именно: количество CO_2 и CH_4 возрастает, а содержание H_2O и CO, а иногда и H_2, уменьшается, но притом так, что общий объем всех газов (считая воду газообразной) изменяется очень мало, напр. анализ продуктов разложения пироксилинового пороха состава

$$C_{24}H_{29,9}O_{9,9}(NO_3)_{10,1}+CH_{2,8}O_{0,4}+H_2O$$

дал следующие результаты, которые приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Анализ продуктов разложения пироксилинового пороха.

Плотность заряжания	CO_2	CO	CH_4	H_2	N_2	Объем (в *л*) пост. газов на 1 *кг*
0,05	17,0	50,1	0,34	18,4	14,1	715
0,10	18,4	47,6	0,45	19,6	13,9	725
0,20	19,5	45,7	0,93	20,3	13,7	735
0,25	20,6	44,5	1,77	19,5	13,7	730

Результаты опытов, производившихся Нобелем и Абелем, а также Научно-технич. лабораторией морского ведомства, над разными порохами показали, что пороха пироксилиновые отделяют тепла 850—920 cal, кордит 1 178—1 253 cal и баллистит 1 269—1 317 cal, при постоянном объеме и считая воду газообразной.

Лит.: Бринк А., Внутренняя баллистика, ч. 1, СПБ. 1901; Сапожников А., Теория взрывч. веществ, 2 изд., Л., 1926; его же, О сравнительных качествах нитроглицериновых и пироксилиновых порохов, СПБ, 1913; Кисненский Г., Основание для определения условий изготовления медленно горящего пороха, предназначенного для снаряжения дистанционных трубок, «Артиллерийский журнал», П., 1918, *4*, *5* и *6*.

Н. Довгелевич.

ПОРТЫ, совокупность гидротехнических и гражданских сооружений, а также разного рода специальных устройств и приспособлений, имеющая две основные цели: а) создание акватории, укрытой от волнения, сильных течений, ледохода и прочих неблагоприятных морских или речных факторов. к-рая обеспечивала бы безопасную и удобную стоянку судов, б) быстрое, удобное и экономичное производство перегрузочных работ по перевалке грузов с водного транспорта (речных или морских судов) на сухопутный (ж.-д. транспорт или автогужтранспорт), а также с одного вида водного транспорта на другой, т. е. с речных судов на морские или наоборот. Помимо этих основных задач П. обычно выполняет ряд второстепенных заданий в отношении посещающих его судов и проходящих через него грузов: обслуживает суда ремонтом и всякого рода снабжением (вода, топливо, разные материалы, продовольствие и пр.), предоставляет возможность хранения грузов, их сортировки, очистки и т. п.

П., открытые для доступа морских судов, независимо от того, принимают ли они также речные суда или нет, носят наименование морских П.; П., могущие принимать лишь речные суда, называются речными. В зависимости от того, служит ли П. гл.обр. для отстаивания судов (укрытие от непогоды или зимовка) или же для перевалки грузов с одного вида транспорта на другой, ему присваивается наименование в первом случае порта-убежища (на море) или затона (на реках), а во втором—торгового П. Первые являются обычно незначительными по размерам и оборудованию пунктами, характеризуются б. ч. естественной укрытостью от волнения, течений, ледохода и пр., обслуживают перевалку груза с воды на берег лишь в ограниченных размерах местного товарооборота, не имеют ж.-д. связи с внутренними районами страны и посещаются судами малого плавания. Вторые характеризуются транзитностью главных проходящих через них грузов и потому обязательно имеют ж.-д. или речную связь с внутренними районами страны, принимают суда дальнего плавания, перерабатывают мощные грузопотоки, обладают значительными размерами и заключают большое число разных сооружений, устройств и приспособлений. Примерами П.-убежищ и затонов могут служить в СССР: на севере: т. н. становища Мурманского побережья, Териберка, Могильное; на юге: на Черном море—Сухум, Геленджик; на Волге: Исадский и Васильсурский затоны, расположенные соответственно в 85 и 163 *км* от Н.-Новгорода, Золотой затон—в районе Астрахани. Торговыми П. являются все крупные морские и речные П., например в СССР: Ленинград, Владивосток, Одесса, Н.-Новгород, Рыбинск, а за границей: Нью Йорк, Филадельфия, Лондон, Гамбург, Манчестер. Торговые П., в зависимости от рода перерабатываемых ими грузов, разделяются на П. общего назначения и специальные (например лесные, угольные и т. д.), а по размерам годового грузооборота—на разные разряды и классы. Кроме того морские П. по разным признакам классифицируются еще след. обр.: а) по месту расположения—на внутренние, устьевые, береговые и островные; б) по использованию приливов—на открытые и приливные. Независимо от изложенной классификации всякий значительный П. заключает в себе в б. или м. развитом состоянии следующие основные элементы: 1) подходной канал, 2) аванпорт, 3) погрузочные бассейны, 4) оградительные сооружения, 5) причальные линии, 6) береговые укрепления, 7) портовую территорию, 8) внутрипортовые пути сообщения (ж.-д., речные, гужевые), 9) склады (закрытые и открытые, механизированные или немеханизированные), 10) механическ. оборудование перегрузочных операций, 11) судоремонтные устройства (мастерские, элинги, доки), 12) жилые и служебные здания, 13) вспомогательные службы (электрич. станция, радиостанция и т. п.), 14) разное оборудование (водопровод, электроосветительная и телефонная сети, предостерегательные, опознавательные и сигнальные знаки и т. п.).

Подходные каналы характеризуют нижеследующие основные данные: а) программная глубина черпания, т. е. наименьшая по длине всего канала глубина, получаемая после окончания на нем землечерпательных работ; б) навигационная глубина, т. е. минимальная глубина на канале в течение всей навигации; в) длина канала и ширина его по дну; г) обстановка канала. Для правильного назначения программной и навигационной глубин подходных каналов необходимо предварительное установление технико-экономическим анализом наивыгоднейших отсчетных (основных) уровней и определение характеристики канала в отношении ежегодной заносимости. Если обозначить через $\Gamma_к$—программную глубину подходных каналов; O'—предельную осадку в полном грузу судов, на прием к-рых рассчитан данный П.; n—запас глубины под днищем судна, необходимый для плавания его на самой малой скорости при отсутствии волнения; d—дополнительный запас глубины, соответствующий увеличению диферента судна при возрастании его скорости от самой малой до полного хода: $з'_д$—наибольшую толщину слоя наносов, отлагающихся в канале в осенний период (от окончания подчистки канала до закрытия навигации); $з''_д$—то же в отношении наносов, отлагающихся в весенний период (с открытия навигации до окончания подчистки канала); $р'$—то же в период перерыва навигации; $в'$—наибольшее возможное дополнительное погружение судна при волнении; $л$—возвышение наинизшего приливного горизонта в районе данного подходного канала над установленным для него основным уровнем, то необходимая для данного подходного канала программная глубина определится следующим выражением:

$$\Gamma_к=O'+n+d+з'_д+в'-л. \qquad (1)$$

Эта программная глубина в первую половину следующей навигации (до окончания подчистки канала) обеспечивает плавание судов с предельной осадкой в грузу:

$$O'_к=O'+з'_д-р'-з''_д. \qquad (2)$$

Современные программные глубины подходных каналов главнейших П. Зап. Европы и США, а также и уровни, от к-рых ведется их отсчет, характеризуются табл. 1 и 2.

Табл. 1.—Западноевропейские порты.

Наименование П.	Глубина в *м*	Уровень, принятый за основной
Лондон	17,10	Высокий приливной горизонт
Ливерпуль	12,70	Наинизший уровень
Копенгаген	10,00	Ординар
Марсель	13,00	Наинизший уровень
Генуя	12,00	То же
Гамбург	12,20	Средне-приливной уровень

Табл. 2.—Североамериканские порты.

Наименование П.	Глубина в *м*	Уровень, принятый за основной
Нью Йорк	12,20	Наинизший уровень
Бостон	12,20	То же
Балтимора	10,70	Средне-низший уровень
Филадельфия	10,70	То же
Лос Анжелос	10,70	Многолетний средний из наинизших уровней
Сан Франциско	12,20	—
Нью Орлеан	10,70	—
Саванна	9,15	—

Длина подходных каналов у разных П. весьма различна, напр. в Поти ~1/2 км, в Таганроге до 10 км, в Херсоне ~70 км, в Астрахани до 100 км. Ширина подходных каналов, обслуживающих движение самоходных судов на прямых участках, назначается обычно из соображения, чтобы живое сечение канала превышало примерно в 6 раз сечение наибольших плавающих по нему судов, считая по смоченной части миделя; на поворотах ширина подходных каналов для самоходных судов увеличивается по ф-ле

$$W = \sqrt{R^2 + (2a)^2} - (R + b),$$

где W—размер уширения подходного канала, R—его радиус по оси, a—длина судна и b—половина ширины подходного канала по дну на прямых участках. Если подходный канал обслуживает движение несамоходных судов, идущих под буксирной тягой, то в зависимости от наибольшего числа одновременно буксируемых несамоходных судов, их размеров и условий плавания подходному каналу придается несколько бо́льшая ширина. В П. СССР минимальная ширина подходного канала составляет 60 м (Темрюк), максимальная—128 м (Волго-Каспийский канал). Обстановка подходных каналов в морских П. большей частью устраивается створная, состоящая из пары знаков, обозначающих ось канала; на речных каналах применяют преимущественно бровковую обстановку в виде пловучих вех и бакенов красного и белого цвета, расположенных по бровкам подходного канала.

Наименьшие транзитные глубины на нормированных участках внутренних водных путей сообщений (в 1928 г.) следующие:

	см		см
р. Волга		**р. Дон**	
Рыбинск—Сормово	135	Константиновская—Ростов	125
Сормово—устье Камы	180	**р. Кубань**	
Устье Камы—Астрахань	215	Краснодар—Темрюк	90
р. Ока		**р. Иртыш**	
Коломна—Н.-Новгород	90	Устье Камышегорск—Семипалатинск	90
р. Кама		Павлодар—Омск	105
Левшино—Устье	135	Омск—Чернолуцкое	180
р. Днепр		**р. Енисей**	
Лоев—устье Припяти	80	Минусинск—Красноярск	125
Устье Припяти—Днепропетровск	100	Красноярск—Енисейск	180
Запорожье—Никополь	135		
Никополь—Херсон	150		

Аванпортом называют в морских П. огражденную от непосредственного распространения морского волнения часть акватории П., примыкающую к подходному каналу, на к-рой суда могут отстаиваться во время укрытия их в П. от непогоды, ожидания очереди на подход к причалам, совершения таможенного досмотра, перевалки грузов с речных судов или погрузки с плотов. Если аванпорт используется для погрузочно-разгрузочных операций на плаву, а также в тех случаях, когда аванпорт, хотя и используется лишь для отстаивания судов, но данный П. перерабатывает гл. обр. импортный груз, т. е. в аванпорте должны стоять суда в полном грузу, то потребная в нем глубина определяется тем же порядком, как и для погрузочных бассейнов (о чем сказано далее), с добавлением лишь дополнительной осадки, возможной при наибольшей волне, могущей иметь место в аванпорте. Если же данный П. перерабатывает гл. обр. экспортный груз (Поти, Батум, Архангельск) и следовательно суда прибывают в П. и должны отстаиваться в аванпорте в порожнем состоянии, то программная глубина аванпорта определяется выражением

$$\Gamma_a = O'' + n + z_0'' + \varepsilon'', \qquad (3)$$

где Γ_a—программная глубина черпания аванпорта; O''—предельная осадка в порожнем состоянии судов, на прием к-рых рассчитан данный П.; n имеет прежнее значение (1), z_0'' и ε''—представляют те же величины, что z_0' и ε' в (1), но относятся к аванпорту, а не подходному каналу, и потому имеют иные, обычно меньшие, численные значения. Общая площадь аванпорта H, необходимая для отстаивания судов, определяется по наибольшему их числу K, подлежащему одновременной стоянке, и минимальной площади C, потребной на установку одного судна, или же по наибольшему тоннажу T, который может в течение года отстаиваться в аванпорте, и средней норме m такого тоннажа, допустимой по практич. данным на 1 м² акватории аванпорта. В первом случае расчетная ф-ла для определения этой акватории будет

$$H = K \cdot C, \qquad (4)$$

во втором

$$H = T : m. \qquad (5)$$

При установке судна на двух точках (якорях или же швартовых бочках) величина C принимается равной примерно пятикратному произведению длины судна на его наибольшую ширину. Если судно устанавливается на 1 якоре, то в виду возможности разворачивания судна вокруг якоря под действием течений и ветра на 360° необходимо для C принимать площадь квадрата, сторона к-рого равняется длине судна, сложенной с тройной глубиной аванпорта (такова обычно длина якорной цепи) и минимальным разрывом между смежными судами, составляющим 20—30 м.

Погрузочные бассейны представляют портовые акватории, вполне защищенные от волнения, течений, ледохода и пр. и оборудованные причальными линиями и перегрузочными приспособлениями, имеющие назначением принятие судов для производства перегрузочных операций. Если обозначить через Γ_n — программную глубину наиболее глубоких погрузочных бассейнов, O' и n—те же величины, что и в (1), z_0''' — ту же величину, что z_0' в (1), но в отношении погрузочных бассейнов, в силу чего таковая должна, как то бывает обычно, иметь меньшее численное значение, то программная глубина погрузочных бассейнов определяется выражением:

$$\Gamma_n = O' + n + z_0'''. \qquad (6)$$

Эта программная глубина погрузочных бассейнов обеспечивает в первую половину следующей навигации прием и погрузку судов до предельной осадки

$$O_n' = O' + z_0''' - p''' - z_n''', \qquad (7)$$

где O_n'—предельная осадка наибольших судов в полном грузу в первую половину навигации, p''' и z_n''' представляют те же величины, что p' и z_n' в (1), но имеют иные численные значения. Размеры погрузочных бассейнов определяются в зависимости от

числа и размеров судов, могущих одновременно находиться в бассейне под разгрузкой или погрузкой. Для погрузочных бассейнов прямоугольной формы минимальная ширина (в м) м. б. выражена ф-лой

$$Б = 2(б + б_0) + (\delta + 50)(H - 1) \qquad (8)$$

и длина (в м) ф-лой

$$Д = H(l + 15), \qquad (9)$$

где $Б$—минимальная ширина погрузочных бассейнов; $б$—наибольшая ширина судов, на прием к-рых рассчитывается данный погрузочный бассейн; $б_0$—наибольшая ширина угольных лихтеров, подающих топливо на суда, стоящие у причалов под погрузкой или разгрузкой; H—число судов, могущих стоять одновременно вдоль одной из длинных сторон погрузочных бассейнов; $Д$—расчетная длина погрузочного бассейна; l—наибольшая длина судов, на прием которых рассчитан данный погрузочный бассейн. По формулам (8) и (9) для погрузочных бассейнов, вмещающих одновременно 2—8 судов, получаются соотношения между длиной погрузочного бассейна и его шириной, лежащие в пределах 2—3.

Фактич. размеры погрузочных бассейнов в нек-рых иностранных П. даны в табл. 3.

Табл. 3.—Размеры погрузочных бассейнов в некоторых иностранных портах.

Наименование П.	Наименование бассейнов	Длина $Д$ в м	Ширина $Б$ в м	Отношение $Д : Б$
Нью Йорк	Новые бассейны в Чальзеа	244 и 251	75	3,3
» »	Бассейны Ллойда в Гобокене	270	80	3,4
Бостон	Бассейны ж. д.	236	61 и 76	3,8 и 3,1
Ливерпуль	Главный бассейн	440	120	3,7
»	Грузовые бассейны	380	90	4,2
Эвонтмоус	Бассейн Эвонтмоус	428	153	2,8
Штеттин	Вольная гавань	1 200	100	12,0
Бремергафен	Кайзергафен	1 400	115	12,2
Бремен	Бассейн I	1 850	120	15,4
»	» II	1 720	100	17,2

Для погрузочных бассейнов значительных размеров, на 8—10 и более судов, прямоугольная форма представляется неудобной, так как сопряжена с устройством излишне большой, и потому недостаточно используемой акватории в верховом (тупиковом) конце погрузочных бассейнов; в этих случаях предпочтительно придавать погрузочным бассейнам клинообразную форму, при которой длинные стороны его сближаются вглубь бассейна соответственно сокращению движения судов по мере удаления от входа в погрузочный бассейн к его вершине. При клинообразной форме погрузочного бассейна ширина его во входе (в раструбе) м. б. определена по ф-лѐ (8), а в вершине (торце) бассейна ширину его можно принимать равной $2(б + б_0)$. При значительном числе смежных погрузочных бассейнов клинообразная форма их представляется также неудобной, т. к. при этом причальные линии быстро заворачиваются в сторону берега. В этих случаях предпочтительно придавать погрузочным бассейнам форму параллелограмов; такая форма допускает, с одной стороны, неограниченное серийное расположение бассейнов, а с другой—благодаря естественно получающейся свободе маневрирования судов во входе в бассейн—дает возможность не делать в нем раструба и в то же время избегать чрезмерной, неиспользуемой ширины в вершине бассейна.

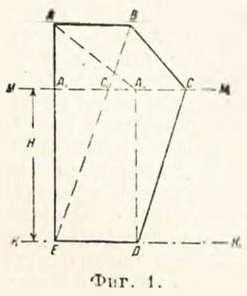
Оградительные сооружения морских П. имеют назначением укрытие портовой акватории от волнения, течений и морских наносов. Оградительные сооружения разделяются на два класса: примыкающие к берегу, к-рые называют *молами* (см.), и отдельно стоящие, не связанные с берегом, которые именуются *волноломами* (см.). Основными схемами расположения оградительных сооружений являются следующие: а) одиночный мол (Ялта, Батум), б) одиночный мол и волнолом (Бердянск, старый П. в Туапсе), в) сходящиеся парные молы (Мариуполь, Ейск, Махач-Кала, Эймейден, Порт-Саид), г) параллельные парные молы (Темрюк), д) два мола разной длины и расположения (Поти, Феодосия), е) два мола и волнолом (новый П. в Туапсе). В развитых П. оградительные сооружения представляют обычно разные комбинации этих схем (Одесса, Ревель, Либава). По роду основного материала, к-рый в значительной мере определяет возможные конструктивные формы, оградительные сооружения разделяются на деревянные, каменные, железобетонные и смешанных конструкций. Деревянные оградительные сооружения бывают двух типов—свайные и ряжевые. Первые состоят в основном из двух скрепленных между собой параллельных сплошных или шпунтовых рядов деревянных свай и засыпки между ними рваного или булыжного камня; вторые устраивают из ряда установленных вритык бревенчатых или брусчатых клеток (ряжей), заполненных камнем. Каменные оградительные сооружения бывают в основном трех типов: 1) правильной массивовой кладки, в виде однообразной от дна до верха вертикальной стенки, сложенной в подводной части из бутовых или бетонных массивов весом по 40—100 m в штуке, а в надводной—из обычной бутовой или бетонной кладки; 2) неправильной кладки, в виде каменной или массивовой наброски или комбинации этих набросок, именно каменного ядра и массивового покрытия его откосов; 3) смешанной кладки, в виде неправильной наброски, выведенной до нек-рой части общей высоты сооружения, обычно до среднего уровня моря, и основанной на ней вертикальной стенки правильной кладки—массивовой в подводной части и бутовой или бетонной в надводной. Железобетонные оградительные сооружения устраиваются из гигантских железобетонных ящиков, к-рые по установке на место, на заранее подготовленную каменную постель, заполняют частью тощим бетоном, частью песчаным или гравелистым грунтом. Оградительные сооружения смешанной конструкции устраиваются преимущественно в подводной части из дерева (свайного или ряжевого типа), а в надводной—из камня, бетона или железобетона. Такое размещение материала определяется способностью дерева служить неограничен-

но долгое время в условиях постоянного нахождения в воде, когда оно не подвергается попеременному действию воды и воздуха. Стоимость 1 *п. м* каменных и железобетонных оградительных сооружений, разновременно построенных в разных П., характеризуется табл. 4.

Табл. 4.—Стоимость каменных и железобетонных оградительных сооружений.

Наименование П.	Наименование и тип оградительных сооружений	Год постройки	Глубина в *м*	Стоим. 1 *п. м* в руб.
Новороссийск .	Западный мол — правильной массивовой кладки	—	—	2 400
Либава	Северный мол — правильной массивовой кладки	1891—1893	—	2 100
Феодосия . . .	Мол—правильной массивовой кладки	1892—1894	—	1 810
Поти	Мол—массивовой наброски	—	—	2 950
Батум	Буруи-Табийский мол	—	—	3 570
Туапсе	Новый волнолом массивовой наброски	1929	—	7 000
»	Волнолом нового П. из железобетон. массивов-гигантов	1913—1914	—	2 400
Кобе (Япония)	Мол из железобет. массивов-гигантов	1910—1918	10,0—11,0	1 200
Зеебрюгге . . .	То же	—	8,0	2 570
Булонь	Мол из каменной наброски, прикрытой массивовой наброской	1912	8,0	2 300
Гавр	То же	—	8,0	3 420

Расчет молов и волноломов, имеющих вид вертикальных стенок, требует знания распределения давления волны по высоте мола или волнолома, к-рое однако еще недостаточно изучено в настоящее время, и потому расчет этого давления ныне приходится делать условно, базируясь на разных гипотетич. предположениях; наиболее известными из них являются методы проф. Бенези, проф. Тренюхина и инж. Лира. Метод проф. Бенези основывается на допущении, что наибольшее увеличение давления в любой точке профиля мола или волнолома против нормального гидростатического давления определяется возвышением гребня наибольшей волны, соответствующей уровню спокойного состояния моря, проходящему через данную точку профиля мола или волнолома. Проф. Тренюхин, рассматривая действие волны как исключительно динамич. явление, заменяет его в пределах высоты волны ударом струи воды, скорость к-рой равна наибольшей скорости орбитального движения частиц воды на поверхности моря, сложенной со скоростью распространения волны; ниже ложбины волны проф. Тренюхин вводит в рассмотрение лишь скорости орбитального движения частиц воды. Метод инж. Лира, дающий результаты наиболее приближающиеся к действительности, вводит в расчет как статич. давления, так и динамическ. усилия, имеющие место при ударе волны о вертикальную стенку оградительных сооружений; этот метод в основном сводится к следующему. Если AE (фиг. 1) изображает вертикальную стенку мола, MM_1—поверхность моря при спокойном его состоянии и KK_1—основание мола, то по инж. Лира статич. давления волны распределяются по высоте стенки мола согласно графику $AA_{11}\,DE$, а динамич. давления — согласно графику ABE, к-рые, будучи суммированы (откладыванием $A_{11}C=A_1C_1$ и соединением прямыми точки C с точками B и D), дают график $ABCDE$, выражающий распределение по высоте оградительного сооружения полного давления на нее волны. Для построения этого графика служат ф-лы



Фиг. 1.

$$AA_1 = A_1A_{11} = ED = \frac{h}{2} + \frac{\pi h^2}{4L}\left[\frac{e^{\frac{4\pi H}{L}}+1}{e^{\frac{4\pi H}{L}}-1}\right]^2 m/м^2, \quad (10)$$

$$AB = \frac{2\pi^2 h^2}{gt^2}\left[\frac{e^{\frac{4\pi H}{L}}+1}{e^{\frac{4\pi H}{L}}-1}\right]^2 m/м^2, \quad (11)$$

где H—глубина воды у оградительных сооружений в *м*; h—наибольшая высота волны в *м*; L—наибольшая длина волны в *м*; t—период волны. В последней ф-ле период t волны предпочтительно брать по данным непосредственных наблюдений, а в случае отсутствия таковых можно определять по ф-ле:

$$t = \sqrt{\frac{2\pi L}{g}} \cdot \sqrt{\frac{e^{\frac{4\pi H}{L}}+1}{e^{\frac{4\pi H}{L}}-1}} \text{ сек.} \quad (12)$$

В остальном расчет оградительных сооружений в виде вертикальных стенок ведется общими методами расчета подпорных стенок. Оградительные сооружения речных П. имеют главным назначением защиту гавани от ледохода, а также от сильных течений при высоких весенних водах и состоят из запруд, струенаправляющих *дамб* (см.) или линии *ледорезов* (см.).

Причальные линии в морских П. бывают в основном трех видов: пристани, набережные и пирсы. Пристани, характеризующиеся обычно небольшой шириной, которая не обеспечивает возможности устройства против причалов значительных складов или складочных площадей, являются наименее совершенным видом причальных линий. Набережные, представляющие вертикальную обделку береговой линии, дают несравненно большие удобства для переработки массовых грузов, так как к ним примыкает обычно полоса портовой территории значительной ширины, на к-рой м. б. свободно расположены все устройства и оборудования, необходимые для этой переработки, как то: ж.-д. и гужевые пути, склады и складочные площади, механич. перегружатели. Расположение набережных бывает двоякое: в виде окаймления сторон искусственно

созданных в береге бассейнов или вдоль естественного берега; в последнем случае в развитых П. причальная линия получает значительную протяженность, затрудняющую и удорожающую эксплоатацию П. Во избежание этого неудобства в развитых П., где не применяется система береговых бассейнов, причальной линии придают обычно вид пирсов, т. е. выступов портовой территории в сторону акватории П., окаймленных подобно набережным вертикальными обделками, допускающими причаливание судов. Расчетная длина причальной линии по каждому отдельному роду массового груза определяется по ф-ле:

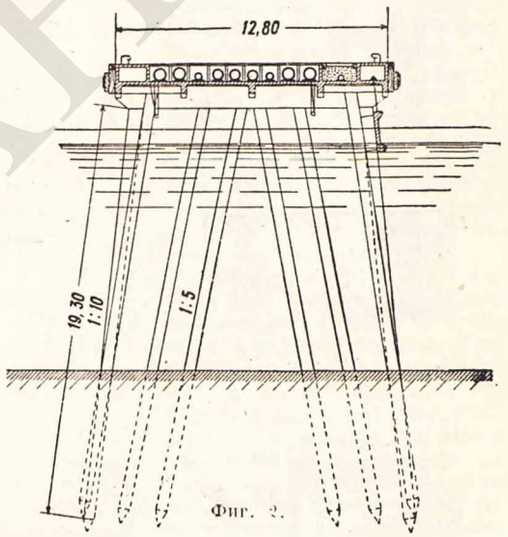
$$L = \frac{Q \cdot k}{pnm}, \quad (13)$$

где Q—расчетный годовой грузооборот данного груза; k—коэф. неравномерности работы причальной линии, принимаемый равным 2—4; p—норма часовой погрузки этого рода груза с 1 *п. м* причальной линии при данном оборудовании ее (см. ниже); n—число погрузочных дней данного П. в году; m—число часов перегрузочной работы в сутки, определяемой в зависимости от того, ведется ли таковая в данном П. в 1, 2 или 3 смены. Для грубо приближенных расчетов длины причальных линий по главнейшим родам грузов можно пользоваться табл. 5, в которой приведены данные годовой примерной пропускной способности 1 *п. м* как немеханизированных, так и механизированных причалов в *т*.

Табл. 5.—Годовая пропускная способность 1 *п. м* причалов (в *т*).

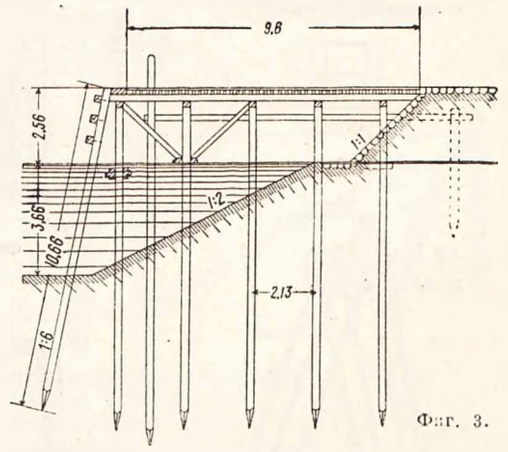
Род груза	Немеханизированные причалы	Механизированные причалы
Зерно	500	800—1 500
Уголь	800	1 150—1 350
Лес	300	—
Руда	900	1 500
Нефтегрузы	—	2 000—3 000
Штучные грузы	300—400	—

Пристани и набережные подобно оградительным сооружениям по роду основного материала разделяются на деревянные, каменные, железобетонные и смешанной конструкции: в подводной части—деревянные, а в надводной—каменные, бетонные или железобетонные; кроме того пристани и набережные в отдельных случаях устраиваются металлические из чугунных, железных и стальных одиночных или шпунтовых свай (преимущественно в морях, где водятся древоточцы, не допускающие применения дерева в морской воде). Независимо от материала набережные по роду воспринимаемых ими основных расчетных усилий разделяются на распорные и безраспорные. Пристани устраивают почти исключительно свайной конструкции; они состоят из нескольких рядов деревянных, металлических или железобетонных свай, приведенных с помощью продольных и поперечных связей в состояние жесткой и устойчивой системы, поверх которой делается верхнее строение из продольных и поперечных балок и настила (фиг. 2). Деревянные набережные бывают 3 типов: 1) чисто свайной конструкции (фиг. 3), 2) целиком ряжевой конструкции и 3) смешанной, свайно-ряжевой конструкции, состоящей из свайной подводной части и ряжевого надводного надруба (фиг. 4). Каменные набережные устраивают двух основных типов: а) сплошные, массивовые



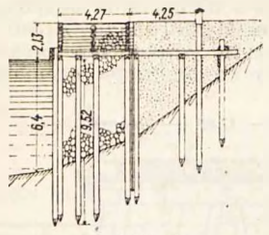
Фиг. 2.

(фиг. 5) и б) на отдельных опорах; первые представляют весьма распространенный тип, вторые применяются относительно редко. Железобетонные набережные, применение к-рых в настоящее время все более и более расширяется, бывают трех основных типов: свайные (фиг. 6), на колоннах (фиг. 7) и из массивов - гигантов (фиг. 8). Набережные смешанной конструкции, т. е. деревянные, свайные или ряжевые, в подводной части и каменные, бетонные или железобетонные в надводной, представляют наиболее распространенный тип в П. тех морей, где нет древоточцев, напр. в СССР—в портах Белого, Балтийского, Азовского и Каспийского морей (фиг. 9, 10, 11). Для причаливания

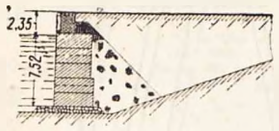


Фиг. 3.

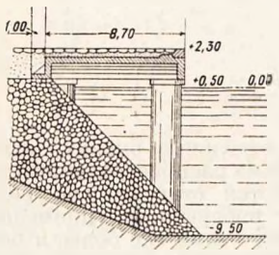
судов к пристаням и набережным последние оборудывают специальными устройствами в виде отбойных свай (фиг. 12), отбойных рам (фиг. 13) и причальных тумб (фиг. 14). Стоимость 1 $м^2$ пристаней и 1 *п. м* набережных, разновременно построенных в разных П., характеризуют табл. 6 и 7.



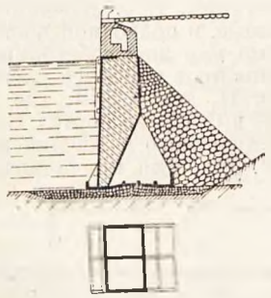
Фиг. 4.



Фиг. 5.

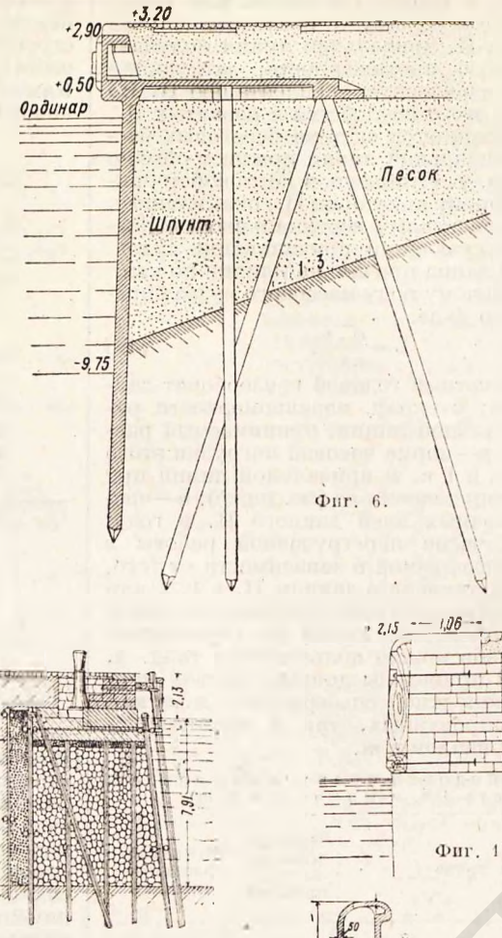


Фиг. 7.



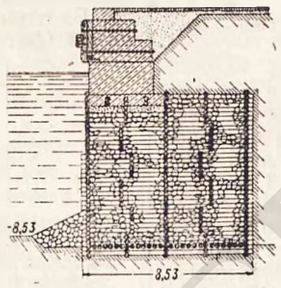
Фиг. 8.

Фиг. 9.

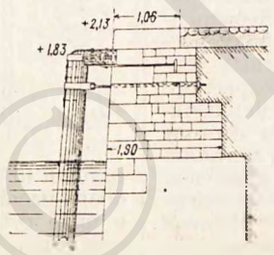


Фиг. 6.

Фиг. 10.

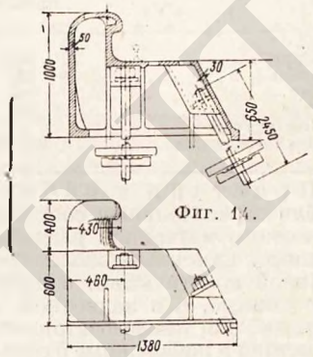


Фиг. 11.

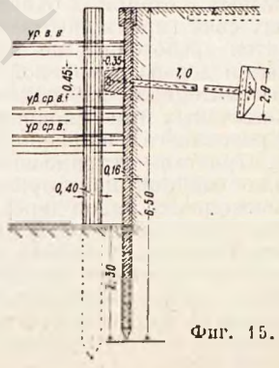


Фиг. 12.

Фиг. 13.



Фиг. 14.



Фиг. 15.

Таб л. 6.—Пристани.

Наименование порта	Тип и основной материал пристани	Время постройки	Глубина в м	Стоимость 1 м² в руб.
Нью Норк . .	Деревянная, свайная	1905	10,5	30
То же	То же	1912	10,2	35
Норфольк . . .	То же	1901	7,5	22,5
Новороссийск .	Свайная, жел.-бет.	1925	—	140
Туапсе	То же	1928	—	240
Гаванна	То же	Довоенное вр.	6,1	70
Сан-Франциско	На опускных колодцах	То же	9,0	70
Сухум	На колоннах, основанных каждая на 4 жел.-бет. сваях	1928—1930	—	200

Таб л. 7.—Набережные.

Наименование порта	Тип и основной материал набережной	Время постройки	Глубина в м	Стоимость 1 п. м в руб.
Архангельск .	Деревянная свайная, с каменной надводной надстройкой	1890—1898	—	820
Мариуполь . .	То же	1914	—	735
Либава	То же	1901	6,7—7,9	630
Новороссийск	Сплошная массивовая	1929	—	2 400
Владивосток .	То же	1898	—	2 000
Пирей	То же	1928	10,0	3 420
Поти	То же	1904	—	1 350
Марсель	Жел.-бет. из массивов-гигантов	1910	13,0	1 700
Амстердам . .	То же	—	12,5	2 300
Стокгольм . .	То же	1922	10,0	3 150
Ленинград . .	Свайная, жел.-бет.	1926	—	4 000
Новороссийск	То же	1927	—	3 000
Лос-Анжелос .	То же	1914	10,5	1 120
Амстердам . .	То же	Последнее время	9,0	4 550

Расчет каменных набережных производится по общим методам расчета *подпорных стенок* (см.). Кроме того в случае слабого грунта производят проверку на выпирание грунта по методу проф. Герсеванова, состоящему в основном в следующем. Если обозначить через r ширину подошвы стенки набережной, γ—вес 1 куб. единицы грунта, φ—угол естественного откоса грунта, $f=\operatorname{tg}\varphi$, $\mu=\operatorname{tg}^2\left(45^\circ+\frac{\varphi}{2}\right)$, q—среднее давление на 1 кв. единицу основания стенки, то горизонтальная сила, могущая вызвать опасную деформацию стенки, определяется выражением

$$J=\frac{r}{2}\cdot\frac{Az^3+Bz^2+Cz+D}{1+fz}, \qquad (14)$$

где $A=\gamma\mu rf$, $B=r\gamma(\mu-1)$, $C=r\gamma f-2q$, $D=2fq$, а величина z определяется выражением

$$z=x-\frac{4\mu-1}{6\mu f},$$

для вычисления к-рого необходимо предварительно решить кубич. ур-ие

$$x^3+ax+\beta=0,$$

где

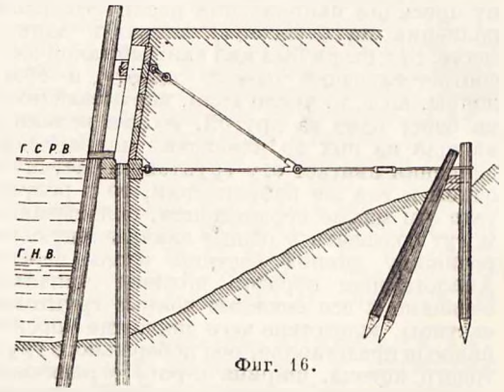
$$a=-\frac{4\mu^2+4\mu+1}{12\mu^2f^2},$$

$$\beta=\frac{-8\mu^3+42\mu^2-6\mu-1}{108\mu^3f^3}+\frac{rf\gamma-2q(1+f^2)}{2\gamma\mu rf^2}.$$

Для устойчивости стенки необходимо, чтобы горизонтальная сила J была больше действующего на стенку распора.

В речных П., принимающих суда со значительно меньшей осадкой, чем морские П., при отсутствии больших колебаний уровня причальные линии также имеют вид пристаней и набережных, но более простой конструкции (фиг. 15 и 16), а при наличии весьма значительных колебаний уровня причальные линии обделываются разного рода береговыми укреплениями; кроме того в речных П. широко применяют плавучие пристани, представляющие б. ч. особо приспособленные деревянные баржи, а иногда специальные металлич. понтоны (фиг. 17).

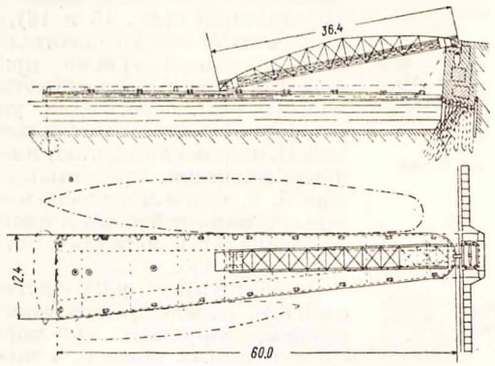
Береговые укрепления (см. *Берегоукрепительные работы*) сооружают: а) в морских и речных портах, а также по берегам рек, преимущественно на вогнутых, особенно подверженных размыву участках, для защиты берегового откоса от разрушения всплесками заходящего в П. волнения, сильным течением, особенно в период высоких весенних вод, ледоходом, ливневым стоком и пр., а равным образом в П. для придания этим откосам благоустроенного вида и использования их в качестве причальной линии; б) на открытых морских побережьях, вне П., для борьбы с побережным передвижением морских наносов, когда таковое обусловливает размыв прибрежной территории, представляющей значительную ценность в силу нахождения на ней каких-либо капитальных сооружений, ценных насаждений и т. п. Внутрипортовые береговые укрепления представляют почти



Фиг. 16.

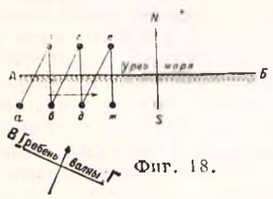
исключительно продольную обделку берега разной конструкции; речные внепортовые берегоукрепительные сооружения устраивают кроме того в виде продольных и поперечных *дамб* (см.) (струенаправляющие дамбы и полузапруды). Побережное движение морских наносов происходит в основе по схеме, показанной на фиг. 18, где AB обозначает в плане положение уреза моря при спокойном его состоянии, а $BГ$—гребень одной

из волн при волнении, подходящем к береговой линии под нек-рым острым углом. Когда волна *ВГ* вкатывается на береговой откос и, разбиваясь о него, дает стремительный поток воды в направлении *аб*, захлестывающий сухой берег, то при этом грун-



Фиг. 17.

товая частица *а* прибрежной полосы морского дна, увлекаемая разбивающейся волной, также вкатывается выше уреза моря в том же направлении распространения волны *аб* до нек-рого положения *б*; вслед затем при сбегании вниз водной массы разбитой волны эта грунтовая частица также скатывается вниз, но уже не в прежнем направлении распространения волны, а по линии наибольшего уклона берега, т. е. по нормали *бв* к линии берега в данном месте; вследствие этого рассматриваемая грунтовая частица попадет не в первоначальное положение *а*, а в некоторое новое положение *в*, совершив таким образом один шаг *абв* и передвинувшись при этом на расстояние *ав* вдоль берега в сторону проекции направления распространения волнения на береговую линию в данном месте. Как бы ни был мал каждый такой шаг, соответствующий одному накату и сбегу волны, но т. к. число волн, вкатывающихся на берег одна за другой, весьма велико и каждая из них до изменения направления волнения двигает эту грунтовую частицу в одном и том же направлении, то в результате эти малые перемещения, складываясь, могут создавать в общем значительную передвижку данной частицы вдоль берега. Аналогичным образом должны двигаться очевидно и все смежные донные грунтовые частицы, вследствие чего движение морских наносов представляет род побережного грунтового потока, ширина к-рого ограничивается береговой линией и нек-рой горизонталью дна, находящейся в зависимости от силы волнения и крупности донных грунтовых частиц в данном районе побережья. При изменении направления волнения может также измениться и направление движения потока наносов вдоль берега, а в общем за годовой срок передвижка наносов будет происходить в направлении преобладающего направления волнения, и поскольку таковое в каждом районе побережья



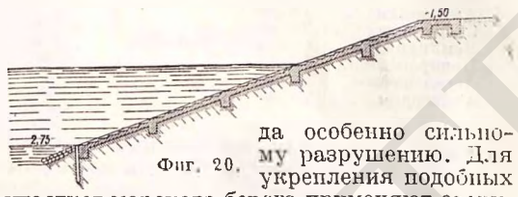
Фиг. 18.

имеет из года в год одно и то же установившееся направление, постольку и общий результативный ежегодный поток наносов будет итти в каждом районе побережья в одном и том же установившемся направлении. При возведении в сфере транзита наносов портовых молов или иных подобных сооружений, представляющих искусственную преграду установившемуся побережному потоку наносов, с одной стороны от этой преграды будет происходить отложение наносов с постепенным выдвижением уреза моря до головы этой преграды, а с другой стороны от нее появится размыв берега (фиг. 19), к-рый однако, как то имеет место обычно, начнется не у самого корня преграды, а с нек-рого расстояния от него, причем начальная точка размыва (точки *1*,*2* и *3* на фиг. 19) с каждым годом будет несколько отодвигаться от корня преграды; в нек-ром расстоянии от этой



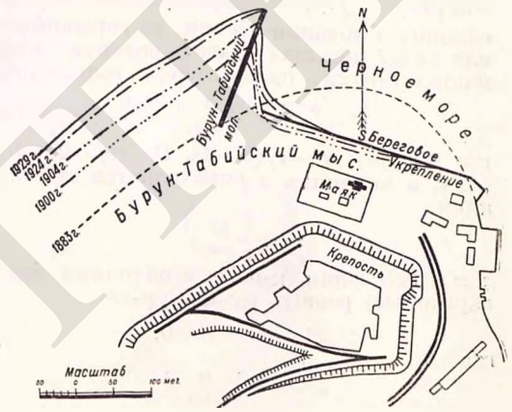
Фиг. 19.

точки, в районе неразмываемого берега, где преграда уже не дает никакой защиты от волнения преобладающего направления, существует обычно участок двустороннего размыва, к-рый может иметь поступление наносов лишь с одной стороны, а расход их— в обе стороны и потому подвергается всег-



Фиг. 20.

да особенно сильному разрушению. Для укрепления подобных участков морского берега применяют сооружения разной конструкции и из разных материалов, могущие в основном быть разделены на 3 вида: а) продольная обделка размываемого берега у уреза моря, примером к-рой может служить железобетонная одежда сист. Мюральта (фиг. 20); б) поперечные



Фиг. 21.

одиночные шпоры и молы вроде Бурун-Табийского мола в Батуме, возведенного на оконечности Бурун-Табийского мыса, постройкой которого в 1883 году (фиг. 21) не

только был прекращен происходивший до того интенсивный размыв берега к западу от него, но даже за период 1883—1929 г. создано нарастание берега на ширину свыше 100 *м*; в) комбинация продольной обделки берега и поперечных шпор, представляющая наиболее надежный вид берегового укрепления. Этот вид укрепления в 1923—24 г. был применен в Гаграх и дал весьма хорошие результаты.

Специфич. портовыми работами кроме дноуглубительных (см. *Землечерпание*), свайных и фашинных являются: подводное равнение каменных постелей, которые служат основанием молов и стенок набережных, а также изготовление, транспортировка и укладка массивов. Подводное равнение каменной постели производится водолазами по продольным и поперечным рейкам путем перекладки вручную камня из мест пересыпа в места недосыпа, а также, при самом точном равнении, путем подсыпки мелкого камня. Производительность этой работы характеризуется по данным нормативнообследовательской станции Центрального управления морского транспорта временными нормами, указанными в табл. 8.

Табл. 8.—Нормы подводного равнения каменной постели. (Расход времени водолазной станции в часах на 1 м² выравненной площади.)

Степень прозрачности воды	Глубина в м	Грубое равнение *1	Тщательное равнение *2	Весьма тщательное равнение *3
Прозрачная	4—11	0,133	0,200	0,395
Замутненная	4—11	0,194	0,291	—
Мутная	4—11	—	0,526	—

*1 Точность до 20 см. *2 Точность до 6 см. *3 Точность до 2—3 см.

Массовое изготовление бутовых и бетонных массивов производится на специально оборудованной территории, называемой массивовым парком, состоящим из: а) парка изготовления массивов, т. е. площади, непосредственно используемой для изготовления массивов; б) склада массивов, где частично отвердевшие массивы выдерживают около месяца до полного отвердения их; в) бетонного з-да; г) склада материалов (цемента, песка, гравия и пр.); д) крановых и ж.-д. путей. Изготовление железобетонных массивов-гигантов производится на специальных стапелях или в пловучих доках. Вес бутовых и бетонных массивов назначается сообразно предельной подъемной силе имеющихся для их укладки кранов. Ширину, длину и высоту этих массивов назначают, исходя из условия соблюдения расчетного профиля сооружения и обеспечения наилучшей перевязки швов при наименьшем возможном числе массивов разных размеров. О размерах массивов, применявшихся в наших и иностранных П., дает представление помещенная ниже табл. 9.

Для изготовления бетонных массивов до последнего времени применялся по преимуществу бетон состава 1 : 2½ : 5; в настоящее время состав бетона определяется в зависимости от качеств применяемых материалов по методу проф. Абрамса. Транспортировка бетонных и бутовых массивов в пределах массивового парка производится специальными кранами — травеллерами; основные размеры этих кранов, применяемых в нек-рых П., характеризуются табл. 10.

Табл. 9.—Размеры массивов (в м).

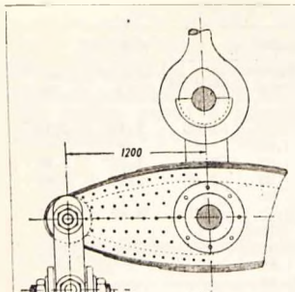
Наименование порта	Правильная кладка			Наброска		
	Длина	Ширина	Высота	Длина	Ширина	Высота
Новороссийск	4,00	2,13	2,00	3,00	2,13	2,13
»	2,13	2,00	1,83	—	—	—
Либава	2,43	1,82	1,22	3,00	1,80	1,80
»	2,74	1,82	1,82	3,60	2,40	2,40
Владивосток	4,26	2,13	1,95	—	—	—
Туапсе	3,63	2,35	2,13	3,65	2,40	2,00
»	2,35	2,14	2,13	—	—	—
»	4,30	2,69	1,58	—	—	—
Батум	4,50	2,71	1,46	—	—	—
»	3,32	3,00	1,46	—	—	—
Генуя	5,00	2,00	2,00	—	—	—
Дублин	8,70	6,35	3,35	—	—	—

Табл. 10.—Размеры кранов, применяемых в портах.

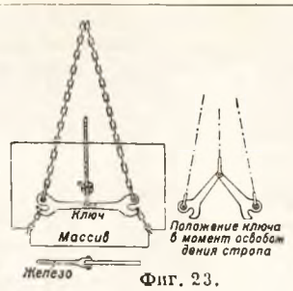
Наименование порта	Ширина колеи в м	Высота от головки рельса до низа поперечной балки в м	Подъемная сила в т	Род двигателя
Поти	13,2	4,2	20	Паровой
Либава	12,6	6,0	30	То же
Батум	12,6	6,3	40	То же
Туапсе и Новороссийск	10,7	7,7	40	То же

Транспортировка бутовых и бетонных массивов к месту укладки производится на специальных баржах или понтонах; железобетонные массивы-гиганты доставляются к месту установки на плаву. Укладка бутовых и бетонных массивов в тело сооружения производится двояким образом: а) при сооружении молов—специальными береговыми кранами—титанами, б) во всех прочих случаях, а также иногда и при сооружении молов,—пловучими кранами. Захват массивов при подъеме их кранами производится: а) специальными ключами (фиг. 22) при кладке массивов правильными рядами или б) цепными стропами (фиг. 23) при наброске массивов; кроме того для небольших массивов иногда применяются храпы (фиг. 24). Годовой успех работы по устройству разных типов массивовых оградительных сооружений в различных П. характеризуется табл. 11.

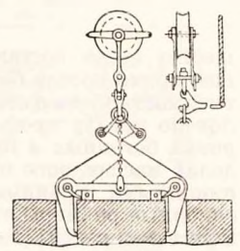
Основное назначение портовой территории заключается в размещении подходных к причалам ж.-д. и гужевых путей, а также складов и складочных площадей. Площадь портовой территории обычно планируется на отметку кордона стенок набережных и возвышается на 1,5—2,0 *м* над ординаром в морях, где нет приливов и отливов, а в морях с приливами—на 1 *м* над наивысшим приливным уровнем. Рациональное проектирование портовых путей должно удовлетворять следующим условиям: а) ж.-д. пути должны быть расположены



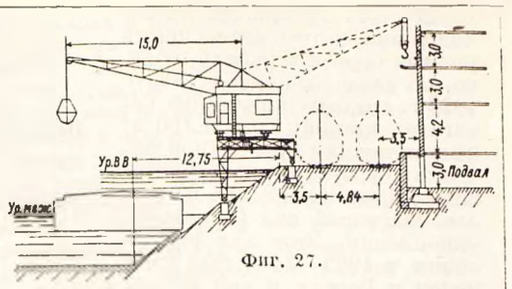
Фиг. 22.



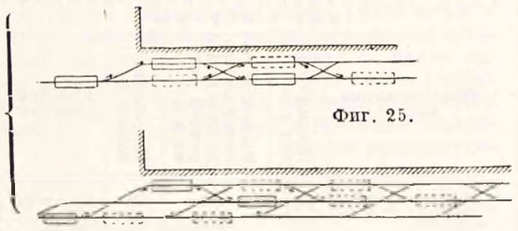
Фиг. 23.



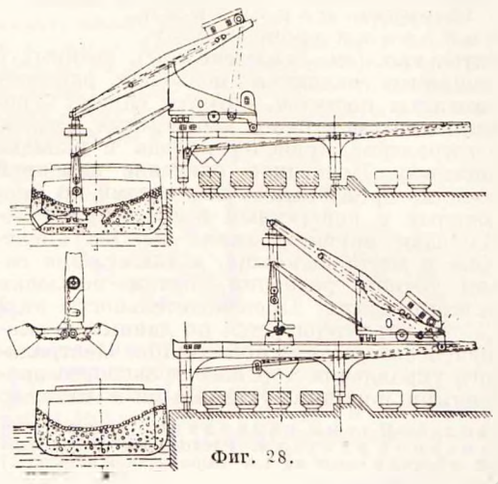
Фиг. 24.



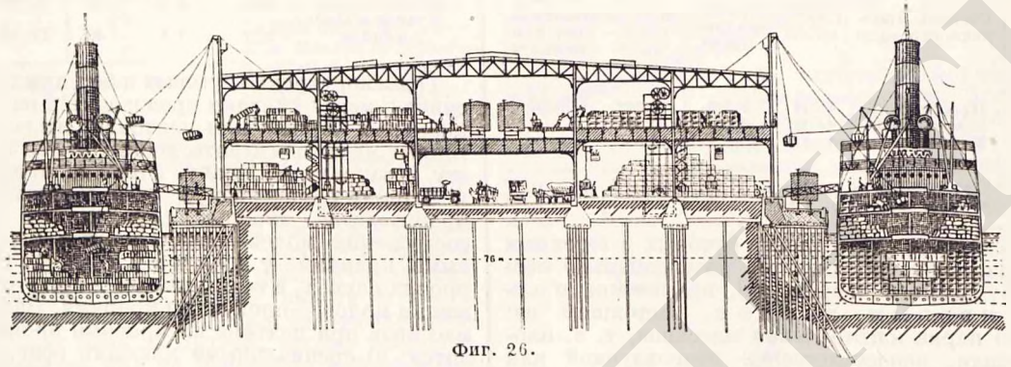
Фиг. 27.



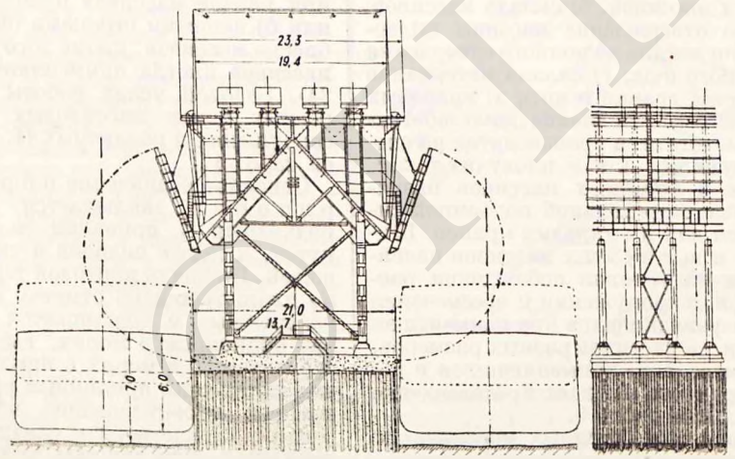
Фиг. 25.



Фиг. 28.



Фиг. 26.



Фиг. 29.

Табл. 11.—Годовая производительность работ в разных П. по устройству массивовых оградительных сооружений.

Наименование порта	Тип сооружения	Глубина в м	Крановое оборудование	Годовая норма в п. м
Либава	Северный мол правильной массивовой кладки горизонтальными рядами	9,1	Титан	800
Коломбо	Мол правильной массивовой кладки наклонными рядами	12,5	То же	130
Мадрас	То же	14,3—16,5	То же	214
Новороссийск	Восточный мол	—	Плавучий кран	250
Одесса	Мол правильной массивовой кладки горизонтальными рядами	—	То же	370
Феодосия	То же	—	То же	312
Порт-Саид	Мол из массивовой наброски	6,4—7,8	То же	809
Либава	То же	9,0	То же	1 280
Александрия	То же	9,0	То же	1 600

вдоль причального фронта как можно ближе к нему и устраиваться по возможности без заездов и обратных вытяжек, а также с минимальным числом пересечений с гужевыми дорогами. б) Подача ж.-д. составов к каждому отдельному причалу должна производиться независимо от подачи к другим причалам того же причального фронта; это требует укладки вдоль каждого причального фронта минимум двух путей (погрузочный и вытяжной), а еще лучше трех путей (погрузочный, порожняковый и вытяжной), соединенных съездами против разрывов между складами, соответствующими каждому отдельному причалу (фиг. 25). в) Для одинакового удобства в обслуживании складов, расположенных против причалов, как ж.-д. путями, так и гужевыми необходимо те и другие располагать с разных сторон складов, именно: ж.-д. пути устраивать между причальным фронтом и линией складов, а гужевые—с другой стороны складов (фиг. 26). При проектировании новых П. необходимая для переработки грузооборота T по некоторому роду груза общая площадь портовых складов n определяется в зависимости от установленных практикой для этого рода груза: коэфициента хранения a, коэф-та оборота складов b и уд. нагрузки p. Коэф-том хранения a называют отношение того количества груза, к-рое в течение года проходит через склады, к полному годовому количеству этого груза, проходящему через П. Коэф. оборота складов b представляет отношение всего проходящего через склады количества грузов данной категории к общей емкости соответствующих складов. Уд. нагрузкой p называют нормальное количество груза данного рода, возможное к размещению на единице площади пола соответствующих складов. В указанных обозначениях необходимая грузовая площадь складов для грузов данного рода м. б. выражена ф-лой:

$$n_{нетто} = \frac{aT}{bp}, \qquad (15)$$

а полная площадь этих складов (допуская на проходы внутри склада и служебные помещения ~20% от грузовой площади) будет

$$n_{брутто} = 1{,}20\,\frac{aT}{bp}. \qquad (16)$$

Коэф-ты a хранения в П. грузов разных категорий определяются по соображениям общей работы П. Коэф-ты b оборота складов и удельной нагрузки p по главнейшим родам грузов характеризуются приближенно табл. 12.

Современная портовая практика установила для разных основных родов груза различные типы механич. перегружателей. Для штучных грузов (тюки, мешки, ящики, бочки и пр.) применяют преимущественно портальные и полупортальные краны (фиг. 27), а также катучие ж.-д. краны, роликовые и передвижные ленточные транспортеры. Основные элементы портальных и полупортальных кранов, установленных в некоторых крупнейших портах З. Европы, характеризуются табл. 13.

Табл. 12.—Коэфициенты оборота складов и удельной нагрузки.

Род груза	Коэф. b оборота склад.	Уд. нагрузка p в m на 1 $м^2$
Пенька или хлопок в баулах	3—4	0,27
Табак в кипах	3—4	0,56
Зерновые грузы россыпью (слоем в 1 м)	4—5	0,63
То же в мешках	4—5	1,26
Мука в кулях	4—5	0,90
Рис	4—5	1,00
Сахар	4—5	2,90
Соль в бочках	4—5	0,80
Цемент	3—5	1,80
Нефтегрузы (в зависимости от высоты баков)	2—3	0,50—0,80
Рыба	8—10	1,12

Табл. 13.—Основные элементы портальных и полупортальных кранов некоторых портов.

Элементы кранов	Портальные		Полупортальные	
	Роттердам	Марсель	Гавр	Гамбург
Ширина портала (расстояние между крановыми рельсами), м	9,20	2,68	12,00	9,94
Вынос стрелы крана за линию причального фронта, м	10,00	10,00	9,30	6,10—9,10
Вынос стрелы крана за наружный опорный рельс, м	—	12,41	11,30	8,00—11,00
Высота подъемного блока стрелы крана над уровнем моря, м	20,00	14,00	15,25	15,50
Скорость подъема, м/сек	1,00—1,25	0,60	—	0,80
Скорость поворота, м/сек	1,50—3,00	2,20	2,00	—
Скорость перемещения крана вдоль причала, м/сек	0.50	—	—	—
Подъемная сила, т	1,5—3,0	1,5	1.5	3.0
Часовая производительн., т	—	10—20	15	25

Примерные час. нормы средней пропускной способности 1 n. м причалов для штуч-

ных грузов при ручной и механизированной разными способами перегрузке дает табл.14.

Табл. 14.—Нормы пропускной способности причалов в 1 час на 1 *п. м.*

Способ перегрузки	Пропускная способность 1 *п. м* причалов в *т*
Вручную по сходням при расстоянии между грузчиками 10—15 *м*	0.12—0,50
Судовыми лебедками подъемной силой до 1 *т* и производительностью 20 *т/ч*	до 1,5
Кран портальный, полупортальный или катучий подъемной силой до 1,5 *т*	0,3—1,2
То же подъемной силой до 3,0 *т*	0,6—2,4
Стенной кран подъемной силой до 2,5 *т*	0,5—2,0
Портальный кран подъемной силой до 5 *т*	1,0—4,0
Ленточный транспортер производительностью до 30 *т/ч*	0,3—1,2

Для угля и руды основными универсальными в смысле одинаковой пригодности для погрузочных и разгрузочных операций механич. установками являются мостовые краны

Табл. 16.—Нормы пропускной способности 1 *п. м* угольных причалов по разгрузке угля.

Способ разгрузки	Пропускная способность в *т*	
	от	до
Ручная выгрузка в корзинах или вагонетках при расстоянии между грузчиками 10—15 *м*	0.12	0.50
Судовые лебедки производительностью до 30 *т/ч*	—	1.50
Кран портальный, полупортальный или катучий производительностью до 30 *т/ч*	0,30	1.20
Стрелы Темперлея производительностью до 50 *т/ч*	0.50	2.00
Краны Юлетта производительностью 100—200 *т/ч*	1.00—2.00	4.00—8.00
Мостовые краны производительностью 75—100 *т/ч*	0,70—1.00	3.00—4.00
Подвесноканатные краны производительностью до 30 *т/ч*	0,30	1.20
Многочерпаковые устройства (нории) производительностью 100—250 *т/ч*	1,00—2.50	4,00—10.00

Табл. 15.—Основные элементы некоторых мостовых кранов.

Наименование элементов мостового крана	Каким заводом построены				
	Брауна, США	Аугсбургский машиностр. завод	Мор и Федергаф		
	С тележкой		С катучим краном		
Вся ширина территории и акватории, перекрываемая мостовым краном, *м*	172,0	97,7	51,5	101,5	168,5
Расстояние между опорами мостового строения, *м*	76,0	56,6	20,0	50,0	90,0
Длина консоли мостовых ферм в сторону моря, *м*	48,0	31,0	—	—	—
То же в сторону берега, *м*	48,0	10,0	—	—	—
Длина мостовых ферм, *м*	172,0	97,7	33.0	83.0	150,0
Вылет катучего крана, *м*	—	—	12.5	12,5	12,5
Высота низа мостовых ферм надпортовой территории, *м*	21,0	14,5	7,0	7,0	7,0
Скорость движения катучего крана или тележки по мостовому строению, *м/сек*	1,5	3,0—3,6	1,75	2,50	3.50
Скорость поворота катучего крана, *м/сек*	—	—	2.00	2.50	2,50
Скорость подъема, *м/сек*	—	1,20	0,60	0.63	0,70
Скорость движения мостового строения вдоль причального фронта, *м/сек*	—	0,30—0,40	0.30	0,25	0,15
Полный вес мостового строения, *т*	—	—	84,7	146,5	274.0
Подъемная сила, *т*	7,0	4,5	4,0	4.0	4.0
Часовая производительность, *т*	40—400	60—90	60—70	60—70	60—70

разных систем, характеризующиеся наличием передвижного вдоль причального фронта мостового строения, по которому поперек этого фронта двигается катучий кран или тележка с храповым захватом. Табл. 15 дает характеристику основных элементов некоторых кранов этого типа. Из других перегрузочных устройств, применяемых для операций с углем и рудою, приспособленных лишь к определенному роду этих операций, именно только к погрузке на суда или только разгрузке с них, надо отметить как наиболее распространенные: а) углеопрокидыватели; б) краны Юлетта (фиг. 28—разгрузка угля и руды); в) эстакады (фиг. 29—погрузка угля и руды). Табл. 16 и 17 дают примерные часовые нормы пропускной способности 1 *п. м* причалов для выгрузки и погрузки угля при ручной и механизированной разными способами работе.

Табл. 17.—Нормы пропускной способности 1 *п. м* угольных причалов по погрузке.

Способ погрузки	Пропускная способность в *т*	
	от	до
Транспортерная лента при ширине ее 0,3—0,9 *м* и скорости 1—3 *м/сек*	0,5—1.0	4.0—8.0
Бремсберговые вагоноопрокидыватели производительностью до 100 *т/ч*	1,00—2,00	1,50—3,00
Мостовые краны производительностью 75—100 *т/ч*	0,70—1.50	1,00—2.00
Вагонные углеопрокидыватели и гидравлич. углеподъемы средней производит. 200 *т/ч*	2,00—4,00	3,00—6.00
Вагонные углеподъемы Биркенхедского типа производительн. 300—350 *т/ч*	3,00—7,00	—
Погрузочные эстакады с желобами	10	200

Стоимость (в долл.) содержания за 8-час. рабочий день и расход на 1 *т* переработанного

груза по катучим и мостовым кранам, а также углеопрокидывателям по америк. данным характеризуются следующим образом.

1) Катучий поворотный кран стоимостью 12750 долл.

Амортизация из 6% годовых	2,55 долл.
Проценты (6%) на капитал	2,55 »
Страховка и налоги (3%)	1,27 »
Топливо (считая 1,5 *т* по 6 долл. за *т*)	9,00 »
Вода и смазка	2,00 »
Ремонт и смена частей	5,00 »
Зарплата обслуживающему персоналу, состоящему из 1 машиниста, 1 кочегара и 1 подручного (8+6+5)	19,00 »
Итого в 1 рабочий день	41,37 долл.

При переработке в 1 рабочий день таким краном 600—800 *т* угля перегрузка 1 *т* обходится 10,3—13,8 к., из них операционные расходы составляют 7,5—10,0 к.

2) Мостовой кран пролетом 80 *м* с ковшом емкостью 0,9 *м*³, работающий со скоростью поперечного перемещения тележки 5,0 *м/сек* и скоростью перемещения вдоль причала всего мостового строения 0,5 *м/сек*.

Амортизация крана из 6% годовых при стоимости 240 000 долл.	40,00 долл.
Проценты (6%) на капитал	40,00 »
Налоги и страховка (3%)	20,00 »
Расход электроэнергии, считая по 2,5 цента на 1 *т*	87,50 »
Смазка	4,00 »
Ремонт и содержание	8,00 »
Зарплата обслуживающему персоналу, состоящему из машиниста и смазчика (8+6)	14,00 »
Итого в 1 рабочий день	213,50 долл.

При переработке в 1 рабочий день таким краном до 3 500 *т* перегрузка 1 *т* обходится примерно 12 к., из них операционные расходы составляют ~6 к.

3) Углеопрокидыватель с подъемом и полным боковым опрокидыванием, перерабатывающий за 8-часовой рабочий день в среднем 80 вагонов подъемной силой по 70 *т*.

Амортизация из 6% годовых при стоимости всей установки 100 000 долл.	20,00 долл.
Проценты (6%) на капитал	20,00 »
Страховка и налоги (3%)	10,00 »
Электроэнергии 800 kWh по 2 цента	16,00 »
Смазка	4,00 »
Ремонт и содержание	8,00 »
Зарплата обслуживающему персоналу, состоящему из 2 машинистов и 1 смазчика (8×2+6)	22,00 »
Итого в 1 рабочий день	100,00 долл.

При переработке в день 5 600 *т* перегрузка 1 *т* обходится ~3,5 коп., из к-рых операционные расходы составляют ~1,5 коп.

Перевалка в П. зерновых грузов может производиться в двух видах: в таре и россыпью. В первом случае, относительно малоэкономичном и потому менее распространенном, переработка зерногрузов производится подобно штучным грузам. Перевалка зерна россыпью производится с помощью разных комбинаций норий, конвейерных лент и подъемных и спускных труб и лотков, а также разного рода пневматических устройств (см. *Элеваторы*). Табл. 18 дает примерные часовые нормы пропускной способности 1 *п. м* причалов для зерногрузов при ручной и механизированной перегрузке.

Судоремонтные устройства в П. состоят в основном из судоремонтных мастерских и судоподъемных устройств (см. *Доки* и *Элинги*).

Табл. 18.—Нормы пропускной способности 1 *п. м* причалов для зерногрузов.

Способы погрузки или выгрузки	Пропускная способность в *т*	
	от	до
Ручная выгрузка или погрузка в мешках по сходням при расстоянии между грузчиками 8—15 *м*	0,12	0,50
Выгрузка или погрузка в мешках судовыми лебедками подъемной силой 1 *т*	—	1,50
Выгрузка зерна россыпью при помощи портального, полупортального или катучего кранов подъемной силой 1,5 *т*	0,60	1,80
То же нориями производительностью 75—100 *т/ч*	0,70—1,00	3,00—4,00
То же пневматич. перегружателем производит. 100—200 *т/ч*	1,00—2,00	2,00—4.00
Погрузка зерна россыпью с помощью конвейерных лент и спусковых труб пропускной способностью 50—75 *т/ч*	0,50—0,60	2,00—3,00

Общий грузооборот главнейших морских и речных П. СССР, а также нек-рых иностранных П. за последние годы характеризуется табл. 19—21.

Табл. 19.—Грузооборот морских портов СССР (в тыс. *т*).

Наименование П.	1913	1926	1927	1928	1929	1930
Архангельск	1 266	729	1 002	1 220	1 534	2 046
Мурманск	—	256	494	288	464	524
Ленинград	7 305	1 621	1 514	1 830	2 916	4 518
Одесса	4 174	818	840	865	1 271	2 610
Николаев	2 100	464	400	285	516	1 686
Херсон	1 114	159	64	52	158	489
Феодосия	425	215	60	47	214	442
Керчь	304	71	95	115	219	399
Бердянск	204	111	96	10	37	222
Мариуполь	1 914	564	404	580	1 275	2 009
Таганрог	740	258	55	27	36	321
Ростов	1 594	198	84	72	87	96
Новороссийск	1 914	1 824	1 616	1 662	1 822	2 624
Туапсе	78	103	87	87	599	1 785
Поти	1 072	525	702	490	969	917
Батум	1 495	1 297	1 701	2 288	2 876	3 545
Баку	5 592	3 615	4 168	4 400	5 125	5 656
Махач-Кала	647	917	952	1 300	1 206	2 289
Красноводск	555	695	672	809	985	1 515
Владивосток	1 321	1 608	2 096	2 373	2 106	2 421

Табл. 20.—Грузооборот речных портов СССР (в тыс. *т*).

Наименование П.	1926 г.	1927 г.	1928 г.
Астрахань*	4 425	4 765	5 100
Сталинград	1 602	1 215	1 430
Саратов	686	875	980
Самара	808	790	885
Казань	534	610	675
Н.-Новгород	1 325	1 570	1 620
Ярославль	743	875	830
Пермь	560	430	625

* Кроме того грузооборот с морским рейдом: в 1926 г.—3 474 тыс. *т*, в 1927 г.—3 740 тыс. *т* и в 1928 г.—4 599 тыс. *т*.

Табл. 21.—Грузооборот некоторых иностранных портов (в тыс. *т*).

Наименование П.	1913 г.	1924 г.	1927 г.	1929 г.
Гамбург	25 500	19 800	25 100	28 600
Бремен	7 200	4 300	5 900	7 200
Роттердам	28 000	25 000	40 600	37 800
Антверпен	14 000	19 400	23 500	24 200
Наименование П.	**1913 г.**	**1920 г.**	**1925 г.**	**1929 г.**
Бостон	—	9 300	15 200	19 100
Нью Йорк	—	26 900	53 000	53 800
Филадельфия	24 700	23 900	19 800	21 700
Балтимора	14 800	16 500	17 500	20 300
Норфольк	17 300	16 100	15 500	16 600

Лит.: Л я х н и ц к и й В. Е., Курс морских и речных портов, М.—Л., 1926; Н ю б е р г А. Г., Курс портовых сооружений, ч. 1 и 2, СПБ, 1895; К а н д и б а В. П., Курс внутренних водных сообщений, вып. 1, П., 1922; А к у л о в К., Б р и л л и н г Е., М а р ц е л л и М., Курс внутренних водных сообщений, т. 1 и 2, М.—Л., 1927; З б р о ж е к Ф. Г., Курс внутренних водных сообщений, 3 изд., СПБ, 1915; Г е р с е в а н о в Н. М., Расчеты фундаментов гидротехнич. сооружений, П., 1923; Я к о б и Э. К., Расчет набережных, П. 1916; С о к о л о в Н. П., Портовые набережные, М., 1927; Т и м о н о в В. Е., Однородная характеристика и классификация портов, Л., 1924; его же, Элинги и доки, ч. 1—2, П., 1908—10; Ф е д о р о в А. Т., Портовые работы, М., 1930; Г е р с е в а н о в Н. М., Об определении сопротивления свай по их откосу, П., 1917; О р л о в В. П., Эксплоатация речного транспорта, М., 1928; З в о н и к о в В. В., Эксплоатация водных путей, М., 1927; Р о д з е в и ч С. В., Эксплоатация морского флота, ч. 1, М., 1926; К а н д и б а В. П., Об устройстве внешних оградительных сооружений из искусственных массивов, П., 1901; Б о ж и ч Н. К., О движении морских наносов, М., 1930; е г о ж е, О глубине морских портов, М., 1930; Т и м о н о в В. Е., Морские сообщения и порты, Транспортный Hütte, вып. 7—8, под ред. Г. Л. Зандберга, М., 1927; Т р е н ю х и н В. М., О приближенном методе расчета волноломов с вертикальной стенкой, «СП», 1926, *12*; «Труды отдела портов», выпуски I—LXVII, СПБ—П., 1904—1922; «Труды комиссии по устройству русских коммерч. портов», выпуски I—XXXII, СПБ., 1886—1902; Описание морских торговых портов Республики, ч. 1—2, М., 1924; «Отчеты морских портов Союза ССР», М., 1923—1925; Справочник водника, М., 1929; «Бюллетени транспортной статистики», Москва, 1923—1930; Производство портовых технич. изысканий, М., 1928; B é n é z i t M., Essai sur les digues maritimes verticales, «Annales des ponts et chaussées», 1923, sept.; L i r a J., Le calcul des brise-lames à parement vertical, «GC», 1927; B é n é z i t M., Cours de ports et travaux maritimes, t. 1—3, 6 éd., P., 1925—26; S c h u l t z e F. W., Seehafenbau, B. 1—2, B., 1910—13; P r o c t e l H., See- u. Seehafenbau, B., 1921; C o r d e m o y C., Les ports maritimes, t. 1, 2 éd., P., 1930, t. 2, P., 1920; M a c E l w e e R., Ports a. Terminal Facilities, N. Y., 1918; J o l y G. et L a r o c h e, Travaux maritimes, P., 1923; M a t t h e w s E., Coast Erosion a. Protection, 2 ed., L., 1918; R u h l e M., Massentransport, B., 1908; H a n f f s t e n g e l G., Die Förderung von Massengütern, 3 Aufl., B. 1—2, B., 1922—29; C o r d e m o y C., Exploitation des ports maritimes, P., 1920; B r o u g t o n H. H., The Electrical Handling of Materials, L., 1923; C u n n i n g h a m B., The Dock a. Harbour Engineers Reference Book, 2 ed., L., 1923.

П. Божич.

ПОРФИР, древняя излившаяся (эффузивная) горная порода порфировой структуры, состоящая из скрытокристаллической или мелкокристаллической или стекловатой основной массы, в которую вкраплены крупные кристаллы кварца, полевого шпата, иногда пироксена, амфибола или слюды. П., содержащие кварц и щелочный полевой шпат (ортоклаз), называются кварцевыми П.; если ортоклаз замещается альбитом получается кварцевый кератофир; порфиры (без кварца), содержащие ортоклаз и кислые плагиоклазы, называются ортоклазовыми или полевошпатовыми П.; фельзитовые порфиры отличаются хорошо сложенной основной массой и сравнительно незначительным количеством вкрапленников. Из глубинных пород аналогами П. являются *гранит* (см.) и *сиенит* (см.), из излившихся—*липарит* (см.) Цвет П. серый, желтоватый, бледнокрасный, кирпичнокрасный, коричневый до черноватого. Уд. в. 2,4—2,6. Прочность и стойкость на выветривание зависят от свойств и количества основной массы и вкрапленников; наиболее прочными считаются фельзитовые и кварцевые П.; сопротивление раздавливанию первых достигает 2 800 *кг/см²* и вторых—1 300—1 800 *кг/см²*. П. идут на изготовление крупного и мелкого мостильного камня, щебня, тесового камня, колонн, карнизов, ступеней; нек-рые разновидности П. после полировки дают красивого цвета присыпка изделия: столовые доски, вазы, урны, памятники и другие изделия.

ПОРФИРИТ, эффузивная горная порода палеозойского возраста, характеризующаяся порфировой структурой. Основная масса П. состоит из большего или меньшего количества аморфного стекла, связующего мелкокристаллич. массу плагиоклазов, роговой обманки или слюды, авгита и (в сравнительно редких случаях) кварца. Вкрапленники образованы крупными кристаллами олигоклаза (известковонатрового полевого шпата), роговой обманки или слюды и авгита. В зависимости от того или другого минерала П. называют кварцевым, роговообманковым, авгитовым и т. п. Из глубинных пород аналогами П. являются *диориты* (см.); из новейших вулканич. пород П. соответствуют *андезиты* (см.) и дациты. Цвет П. обычно сероватозеленый, желтовато-зеленый, иногда ярко-зеленый, красноватый, коричневый; темная окраска породы указывает на большое содержание в ее составе роговой обманки и авгита. Уд. в. П. 2,56—2,85; сопротивление раздавливанию 1 200—2 400 *кг/см²*. П. встречаются на Урале, Кавказе, в Крыму, на Алтае и в других местах; из П. других стран особенно известно роговообманковый П. красивого кровяно-красного цвета, добываемый из месторождений, находящихся между р. Нилом и Красным морем. Роговообманковые и авгитовые П. являются хорошим строительным материалом; менее прочные служат как материал для замощения шоссейных дорог; П. с красивой окраской пригодны для памятников и различных поделок.

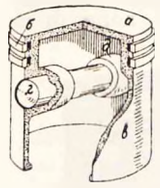
Лит.: См. *Горные породы.*

ПОРШЕНЬ, деталь поршневой машины, служащая в двигателях для передачи силы давления рабочего тела (пар, газ) коленчатому валу, а в насосах—для перемещения поступающей в цилиндр насоса жидкости.

П. легких двигателей внутреннего сгорания.

Назначение П. легкого двигателя внутреннего сгорания, так же как и любого другого двигателя, имеющего кривошипно-шатунный механизм: 1) воспринять давление вспышки в цилиндре двигателя при рабочем ходе и передать его через шатун кривошипу коленчатого вала; 2) способствовать совершению вспомогательных ходов двигателя—всасыванию, сжатию и выхлопу; 3) служить направляющим элементом (крейцкопфом) для верхнего конца шатуна при его возвратно-поступательном движении. Приведенные положения определяют общую конструктивную форму П.; последняя может видоизменяться в зависимости от типа легкого двигателя, на к-ром устанавливается П. Соответственно этому различаются П. двигателей двухтактных и четырехтактных и кроме того П. двигателей, работающих по циклу Отто (двигатели легкого топлива) и по циклу Дизеля (двигатели тяжелого топлива). В основном П. двигателей, работающих по циклу Дизеля, отличаются от первых лишь большей солидностью, связанной с повышенными нагрузками, и более высоким тепловым режимом. В отдельных случаях, напр. при особом ведении процесса двигателя, П. могут иметь специфич. конструкцию. Наконец

внутри каждой из указанных групп возможны конструктивные видоизменения П. в зависимости от назначения и условий работы двигателя и применяемого для П. материала. Последнее впрочем также стоит в тесной связи с назначением двигателя. В основном П. (фиг. 1) состоит из металлического стакана, обращенного днищем *а* к камере сгорания двигателя. В виду различного теплового расширения стенок цилиндра и П. последний не м. б. плотно пригнан к цилиндру, поэтому между боковой стенкой П. и цилиндром должен иметься определенный зазор. Для того чтобы при этих условиях создать герметичность между цилиндром и поршнем, в боковой стенке П. вытачиваются канавки, в к-рые вставляются пружинящие поршневые кольца *б*, плотно прилегающие к рабочей поверхности цилиндра. Боковая стенка, несущая канавки, вместе с днищем образует головку П. Боковая поверхность *в*, идущая от нижнего компрессионного поршневого кольца вниз, называется юбкой П. и служит в качестве основной опорной поверхности последнего. Соединение поршня с верхней головкой шатуна производится с помощью поршневого пальца *г*. Для увеличения опорной поверхности пальца в П. с внутренней стороны боковой поверхности П. имеются утолщения *д*, называемые поршневыми бабышками.

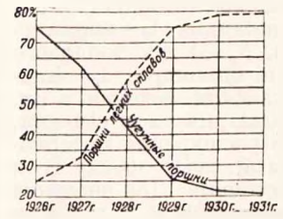


Фиг. 1.

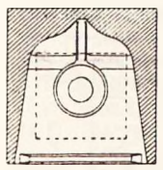
Общие условия работы П. характеризуются нагрузкой, переменной как по величине, так (в случае четырехтактных двигателей) и по знаку, а также высокими $t°$, при к-рых происходит работа П. при контакте с горячими газами в камере сгорания. Необходимо заметить, что тепловой режим П. тесно связан с работой двигателя вообще. Высокая $t°$ поршня способствует появлению детонации, несколько понижает коэф. наполнения цилиндра, вызывает ухудшение механич. качеств материала и наконец может вызвать выгорание или разложение смазки. В виду этого конструкция должна обеспечивать возможно более «холодный» П. Для наилучшего отвода тепла от П. днище последнего должно иметь достаточную толщину; теоретически толщина днища должна увеличиваться по мере удаления от центра днища, что впрочем не всегда соблюдается на практике. Идеальная с этой точки зрения форма днища по исследованиям Де-Флери изображена на фиг. 2. Основной переток тепла от днища происходит последовательно через боковую стенку поршня, кольца и стенку цилиндра в охлаждающую воду или в окружающий воздух при воздушном охлаждении двигателя. Часть тепла поршня передается непосредственно воздуху картера. Для увеличения тепла, передаваемого непосредственно воздуху, на внутренней поверхности П. иногда делают охлаждающие ребра. Конструкция такого типа дана на фиг. 3. Помимо отвода тепла указанные ребра увеличивают также общую жесткость П. Весьма большое влияние на тепловой режим оказывает материал, из которого изготовляются П. Чаще всего для изготовления П. служит чугун или различные алюминиевые и магниевые сплавы. Ранее П. изготовлялись исключительно из чугуна. Постепенно с увеличением быстроходности двигателей возникла необходимость в максимальном облегчении веса поступательно движущихся частей двигателя; в связи с этим чугунные П. начали вытесняться П. из легких сплавов, тем более что поршни из легких сплавов имеют значительные преимущества перед чугунными П. и с точки зрения их теплового режима. В настоящее время для авиационных двигателей применяются исключительно поршни из легких сплавов. Применение легких сплавов для авиационных двигателей имеет особое значение благодаря некрому повышению мощности и главное уменьшению общего веса двигателя. За последние годы быстро происходит процесс вытеснения П. чугунных П. из легких сплавов (главн. обр. алюминия и магния) и в области автомобильных двигателей. Указанное положение подтверждается графиком фиг. 4, на которой дано %-ное отношение за последние 5 лет двигателей американ. легковых автомобилей, имеющих П. из различных материалов. На этом графике сплошной линией показаны чугунные П. и пунктиром—П. из легких сплавов. Чугунные П. остаются пока лишь в сравнительно тихоходных двигателях для тракторов и грузовых автомобилей. Серьезным преимуществом П. из легких сплавов является более благоприятный режим П. в тепловом отношении; это м. б. объяснено тем, что коэф. теплопередачи от горячих газов к поверхности П. несколько ниже у П. из легких сплавов, чем у чугунных; с другой стороны, коэф. теплопроводности у П. из легких сплавов значительно выше, чем у чугунных. Благодаря этому меньшая часть тепла процесса передается к днищу П., переданное же днищу тепло скорее будет отведено к стенкам цилиндра. Этими двумя факторами и обусловливается более низкая $t°$ П. из легких сплавов по сравнению с чугунными. На фиг. 5 приведена сравнительная диаграмма, показывающая $t°$ в различных точках П. (*а*—центр днища, *б*—днище, *в*—боковая стенка, *г*—юбка) из чугуна (кривая *1-1*) и из легких сплавов: из алюминия (*2-2*) и электрона (*3-3*). Как видим, $t°$ днища в последнем случае примерно вдвое ниже, чем при чугунных П., что и объясняет возмож-



Фиг. 3.

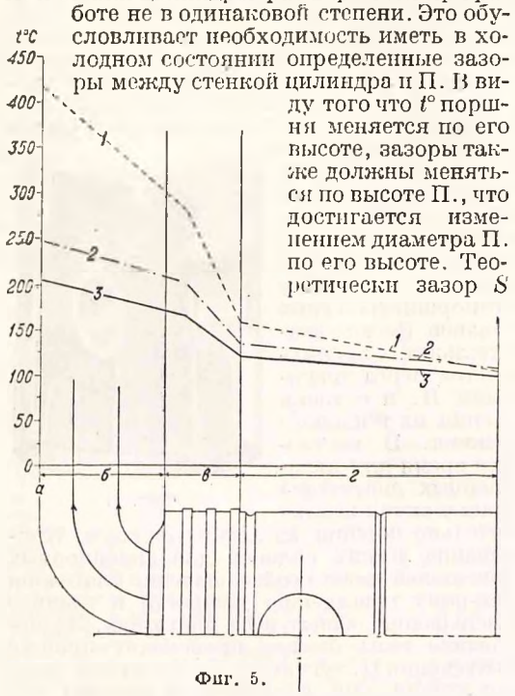


Фиг. 4.



Фиг. 2.

ность работы при легких П. с повышенными степенями сжатия без появления детонации. П. и стенки цилиндров расширяются при работе не в одинаковой степени. Это обусловливает необходимость иметь в холодном состоянии определенные зазоры между стенкой цилиндра и П. В виду того что $t°$ поршня меняется по его высоте, зазоры также должны меняться по высоте П., что достигается изменением диаметра П. по его высоте. Теоретически зазор S



Фиг. 5.

между стенкой цилиндра и П. в любой точке последнего определится из выражения

$$S = d_{ц.}(t_{ц.} - t_0)\beta_{ц.} - d_{п.}(t_{п.} - t_0)\beta_{п.} + S_0,$$

где $d_{ц.}$—диаметр цилиндра (номинал) в *см*, $t_{ц.}$—темп-ра стенки цилиндра, t_0—нормальная темп-ра (15—20°), $\beta_{ц.}$—коэф. теплового расширения материала цилиндра, $d_{п.}$—диаметр П. в рассматриваемом сечении в *см*, $t_{п.}$—темп-ра П. в рассматриваемом сечении, $\beta_{п.}$—коэф-т теплового расширения материала П., S_0—необходимый зазор между П. и стенкой в рабочем состоянии. Для значений коэф-та теплового расширения м. б. приняты следующие средние значения: для чугуна $\beta \cong 12 \cdot 10^{-6}$, для алюминия $\beta \cong (17 \div 19) \cdot 10^{-6}$, для электрона $\beta \cong (22 \div 25) \cdot 10^{-6}$. Зазоры для П. из легких сплавов теоретически должны предохранять от заедания, в то же время обеспечивать равномерное прилегание П. к цилиндру при нормальной работе двигателя (величины зазоров П. различных моторов даны в табл. 1). При работе же на малом газу, а также при заводке двигателя значительные зазоры в П. из легких металлов благодаря перемене знака нормального усилия вызывают, особенно при больших диаметрах, явление «хлопания» П. Это основной минус П. из легких металлов. В настоящее время удалось значительно уменьшить указанный недостаток созданием П. специальных конструкций. Наиболее простое решение вопроса—это устройство пружинящей юбки при помощи косого прореза в последней (фиг. 6). Пружинящая юбка позволяет несколько уменьшить зазор в нижней части без опасения заедания поршня в цилиндре при нагревании. Для дальнейшего улучшения условий работы легкого П. в нем делают вырезы под бабышками. Общий вид такого П. показан на

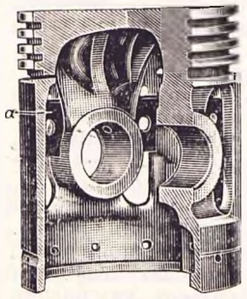


Фиг. 6.

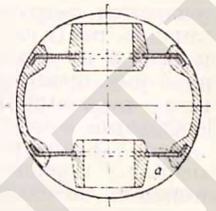


Фиг. 7.

фиг. 7. Благодаря указанным вырезам уменьшается переток тепла от верхней части П. к юбке, что значительно понижает $t°$ последней, а следовательно и те зазоры, какие необходимо давать в нижней части П. Широкое распространение получили в последнее время патентованные П. «Bohnalite» с инваровыми пластинами a, влитыми в тело поршня (фиг. 8 и 9). Инвар (invariable) представляет 36%-ный сплав никеля с железом, имеющий весьма низкий коэф. теплового расширения, примерно в 10 раз меньше, чем у чугуна. Поршни «Bohnalite», так же как и ранее описанные имеют пружинящую юбку с косым прорезом и выточку, отделяющую верхнюю часть П. от нижней для уменьшения пере-



Фиг. 8.



Фиг. 9.

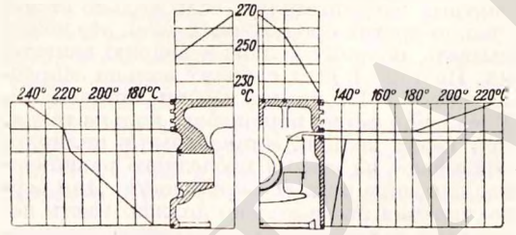
тока тепла от первой к последней. Понижение $t°$ юбки за указанными выточками подтверждается опытами Du-Bois, произведенными для определения теплового состояния

Табл. 1.—Зазоры П. различных моторов.

Марка мотора	Диам. цилиндра	Материал поршня	Головка поршня		Юбка поршня	
			Наиб. зазор	Наим. зазор	Наиб. зазор	Наим. зазор
Форд А	—	Алюминий	—	—	—	—
Геркулес WXB	—	Чугун	—	—	—	—
Мерседес	—	»	—	—	—	—
Либерти 12	127	Алюминий	0,960	0,850	0,650	0,450
БМВ VI	160	»	1,100	0,900	0,600	0,400
Конкверор	130	»	0,685	0,584	0,508	0,406
Паккард 3А. 2500	162	»	—	—	0,660	0,560
Непир 12	139,7	»	—	—	0,572	0,560
Испано 300	140	»	1,180	1,020	0,600	0,500
Кертис А-12	114,4	»	0,533	0,433	0,356	0,254
Юпитер*	146	»	1,431	1,335	0,751	0,655

* Зазор для юбки поршня Юпитер относится к низу юбки: цилиндр этого двигателя шлифуется на конус с расчетом на его цилиндрич. форму в нагретом состоянии. Величины зазоров в *мм*, данные в таблице, относятся к положению поршня в верхней мертвой точке.

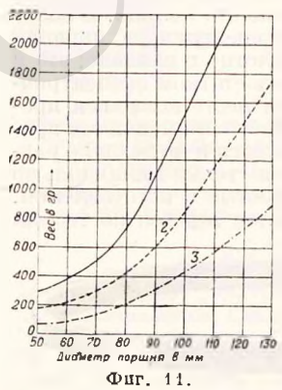
П. в действительных условиях работы на двигателе. На фиг. 10 показаны $t°$ в различных точках П., полученные согласно этим опытам. Режим двигателя был следующий: число оборотов двигателя 1 600 в минуту, нагрузка полная и $t°$ воды у выхода из рубашки ок. 80°. Как видим, наличие выточки



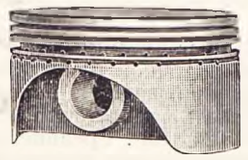
Фиг. 10.

при этих условиях создает перепад $t°$, равный ~ 40°. Другим путем для возможности работы с меньшими зазорами в юбке П. является применение биметаллич. составных П., у к-рых днище и верхняя часть боковой стенки выполняются из того или другого легкого сплава, а юбка—из чугуна. Сколько-нибудь широкого распространения такие П. еще не получили.

Общие конструктивные положения. Выше упоминалось, что одной из существенных причин введения легких сплавов для быстроходных двигателей было стремление понизить вес поступательно движущихся частей механизма, а в случае авиационных двигателей—и общий вес двигателя в целом. Необходимо заметить однако, что облегчение веса выполненных П. не идет прямо пропорционально уд. в. материала, из которого П. выполнен, т. к. толщины днища и стенок у П. из легких металлов делаются больше, чем у чугунных. В особенности это относится к штампованным электроновым П. Для сравнительной, приближенной оценки весов выполненных П. может служить диаграмма, изображенная на фиг. 11, на которой кривая *1* относится к чугунным П., *2* к алюминиевым П. и *3* к электроновым П. В П. быстроходных, в частности авиационных двигателей стремятся получить дальнейшее облегчение веса за счет укорочения П. и придания ему специфич. формы (фиг. 12). Под влиянием нормальной силы, прижимающей П. к стенке цилиндра, на боковой поверхности П. возникают удельные давления, имеющие максимальное значение по образующей, лежащей в плоскости качания шатуна, и постепенно уменьшающиеся по мере удаления от нее. За пределами центрального угла $\varphi = 90—100°$

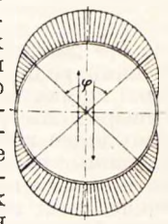


Фиг. 11.



Фиг. 12.

(фиг. 13) величиной удельного давления можно пренебречь. В виду этого юбка П., назначением к-рой и служит восприятие удельных давлений, м. б. в соответствующих местах удалена; при этом приходим к П. тина Рикардо, дающего значительное облегчение веса поршня (фиг. 14). Для представления о практически назначаемых размерах П. на фиг. 15а и 16 приведены чертежи выполненных П.—чугунного П. двигателя «Геркулес» и алюминиевого П. двигателя «Форд». Приведенные выше типовые конструкции дают представление о П. четырехтактных бензиновых двигателей. В двигателях двухтактных П. снабжаются т. н. отражательными козырьками, служащими для предотвращения перетекания засасываемой смеси непосредственно через выхлопные окна. Различные типы головки П. двухтактного двигателя с козырьком даны на фиг. 17. В быстроходных дизелях П. иногда принимают специфич. форму, в зависимости от типа двигателя. В частности в дизелях с вспомогательной воздушной камерой последняя иногда располагается в П. (двигатели Акро-Бош, фиг. 15б), что существенно изменяет его конструкцию.

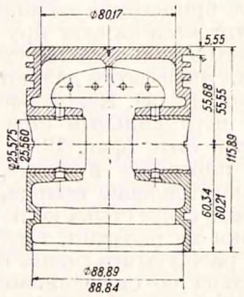


Фиг. 13.

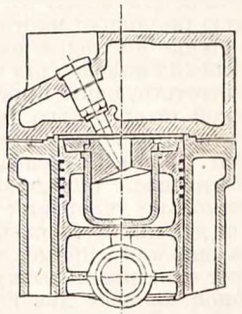


Фиг. 14.

Расчет П. имеет ограниченное значение, т. к. основные размеры элементов П.

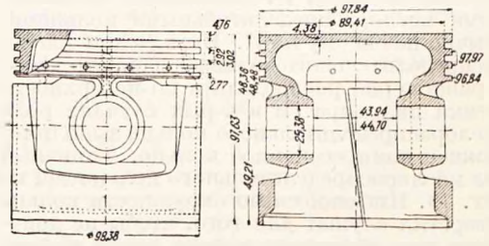


Фиг. 15а.



Фиг. 15б.

определяются скорее данными производственного порядка, а также условиями достаточной теплопроводности П. Для определения высоты юбки h можно задаться сред-



Фиг. 16.

ним допустимым удельным давлением, отнесенным к площади проекции опорной поверхности

$$h = \frac{N}{hd},$$

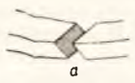
где N—нормальное усилие на стенку П., d—диаметр П., откуда

$$k = \frac{N}{kd};$$

величину k можно принять равной 2÷4 *кг/см²*. Расчет днища на изгиб в опасном сечении м. б. произведен по ф-ле:

$$\sigma = P_z \left(\frac{r}{s}\right)^2,$$

где P_z—давление вспышки в *кг/см²*, r—внутренний радиус стакана цилиндра, s—толщина днища по краю. Бабышки П. можно проверить на срез силой вспышки. Необходимо далее подчеркнуть, что указанные расчеты могут служить лишь в качестве ориентировочных; при проектировании П. расчет следует подкреплять практич. соображениями и аналогией с выполненными и оправдавшими себя на практике конструкциями.

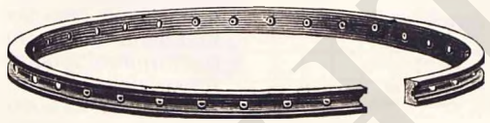


Фиг. 17. Фиг. 18.

Поршневые кольца, изготовляемые обычно из чугуна, служат для создания герметичности между П. и боковой поверхностью цилиндра; плотное прилегание кольца к стенке цилиндра достигается за счет пружинения кольца, для чего в кольце делается соответствующий вырез. Чаще всего делают косой стык кольца (фиг. 18, a). Некоторое распространение имеет вертикальный стык (фиг. 18, b). Ступенчатый стык (фиг. 18, c), обеспечивая большую плотность в стыке, несколько усложняет изготовление кольца. Ряд других предложенных форм стыка кольца широкого применения не получил. Следует отметить попытку располагать рядом в одной канавке два кольца со смещенными друг относительно друга стыками. Такое устройство должно дать несколько более надежное уплотнение, однако также широкого практич. применения пока не имеет. Помимо колец, служащих для создания герметичности между стенкой цилиндра и П. (компрессионные кольца), П. снабжаются специальными маслораспределительными кольцами, обычно по одному на П. Назначение маслораспределительного кольца—собирать масло и равномерно распределять по поверхности стенки цилиндра. В нек-рых случаях роль маслораспределительного кольца выполняет нижнее компрессионное кольцо. Типичный вид маслораспределительного кольца дан на фиг. 19. Имеющиеся по окружности кольца отверстия служат для того, чтобы не допустить при движении кольца вверх и вниз перекачки значительных количеств масла, собранного со стенок, к верху цилиндра. Такие же отверстия имеются и в канавке П., благодаря чему часть масла стекает непосредственно внутрь П. и в картер. По наружной поверхности маслораспределительное кольцо снабжается канавкой, идущей по его окружности. Это сделано для того, чтобы равномернее распределить масло по окружности цилиндра. При работе двигателя кольца могут вращаться вокруг П. В четырехтактных двигателях это обстоятельство не вызывает каких-либо затруднений. В двухтактных же двигателях, если кольцо станет стыком против продувочных окон, это может вызвать поломку кольца и аварию двигателя. Поэтому в этих случаях кольца закрепляются на П. специальными шпильками. Идеальная форма поршневого кольца такая, при к-рой кольца, вставленные в цилиндр, оказывают на стенки последнего равномерное давление по всей окружности. Для осуществления этого кольцо должно иметь некруглую форму, характеризуемую переменным радиусом кривизны (по Беннету),

$$\varrho = \frac{t^3 r}{t^3 - 12pr^3(1+\cos\varphi)a},$$

где t—толщина кольца, p—удельное давление кольца на стенку, r—радиус цилиндра, φ—угол между рассматриваемым сечением и точкой кольца, противоположной стыку, a—коэф. упругости $\left(=\frac{1}{E}\right)$. Равномерность давления кольца на стенку м. б. приближенно получена также путем придания кольцу радиальной толщины переменного значения (эксцентричные кольца) или путем наклепа, переменного по окружности кольца. В более узкой своей части эксцентричное поршневое кольцо не сидит плотно в канавке; это и является основным недостатком эксцентричных колец, т. к. в этом месте возможен пропуск газа. Наиболее часто применяются простые круглые кольца, хотя и не дающие равномерного давления на стенки цилиндра, но значительно более простые в изготовлении. Расчет поршневых колец ведется по теории



Фиг. 19.

Рейнхардта, по к-рой д. б. одинаковые напряжения в кольце при растяжении в момент надевания на П. и при сжатии—в рабочем состоянии. В таких условиях максимальное напряжение в кольце определяется из ур-ия:

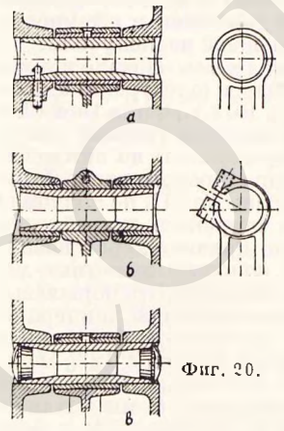
$$\sigma = E\left(\frac{t}{D}\right)^2.$$

Для получения давления p, требуемого для достаточной плотности между П. и стенкой ($p = 0{,}5$ *кг/см²*), напряжению σ приходится давать достаточно высокие значения—ок. 1 000 *кг/см²*. Средние, принятые на практике соотношения между диаметром цилиндра и толщиной и шириной кольца даются следующими приближенными ф-лами:

$$t \cong \frac{D}{30}; \quad b \cong 0{,}05D.$$

Размер прореза у стыка кольца м. б. определен, исходя из деформации кольца при возникновении в кольце указанных напряжений, с одновременным учетом темп-рных деформаций кольца. На практике величина прореза делается равной ~ (0,12÷0,13)D.

Поршневой палец, служащий для соединения П. с шатуном, изготовляется из цементуемой стали с соответствующей термич. обработкой. Для облегчения веса пальцы выполняются обычно полыми. По типу закрепления пальцы различаются (фиг. 20): 1) с закреплением пальца в поршневой бабышке [вращение осуществляется в верхней головке шатуна (фиг. 20, a)]; 2) с закреплением затяжкой пальца в верхней головке шатуна [вращение в этом случае осуществляется в поршневых бабышках (фиг. 20, б)] и 3) без закрепления в П. и в шатуне [плавающий палец (фиг. 20, в)]. Для того чтобы плавающий палец не выходил из П. и не мог при этом задрать зеркала цилиндра, с торцов пальца в отверстия поршневых бабышек вставляются алюминиевые или бронзовые грибки. Взамен грибков у торцов пальца располагаются иногда пружинящие кольца, частично входящие в выточку, специально сделанную внутри поршневой бабышки. В тех местах П., где происходит относительное вращение, в бабышки или в верхнюю головку шатуна запрессовываются бронзовые втулки. Если вращение происходит у бабышки, то у алюминиевых П. втулки могут и не ставиться. Расчет опорных поверхностей ведется из условия невыдавливания смазки



Фиг. 20.

$$k = \frac{P_z}{F},$$

где k—удельное давление (130—150 *кг/см²*), P_z—максимальное давление вспышки в *кг*, F—площадь проекции опорной поверхности. Тело пальца рассчитывается обычно на изгиб. Т. к. условия нагрузки и закрепления концов пальца являются в достаточной мере неопределенными, можно определять момент, изгибающий палец, исходя из некоторых средних условий:

$$M_{max} = 0{,}1P_z \cdot l,$$

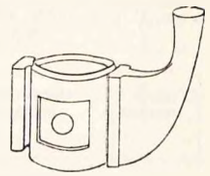
где l—длина пальца. Напряжение изгиба в пальце можно допускать до 2 500—3 000 *кг/см²*. Приближенные, практически встречаемые соотношения размеров пальца: наружный диаметр пальца $d = (0{,}2 \div 0{,}25)D$, внутренний диаметр пальца $d' = 0{,}8d$, длина пальца $l = 0{,}9D$. **Г. Зимелев.**

Материал для П.

Чугун. В табл. 2 указываются нек-рые нормы для чугуна П., принятые в автостроении и тракторостроении.

Отливки автомобильных тонкостенных П. из обыкновенного чугуна часто получаются крепкими в юбке и с краев днища, что затрудняет механич. обработку. Для облегчения последней применяется отжиг при 790°, понижающий однако механические свойства и вызывающий коробление. Улучшения обрабатываемости можно достичь введением в чугун ок. 0,9% Ni при одновременном небольшом снижении количества Si; такие отливки получаются серыми, легко обрабатываемыми. Отжиг в этом случае применяется при 485—540° лишь для устранения внутренних напряжений. Литье чугунных П. производится в земляные формы с песочным стержнем. Общие условия приготовления шихты, производства плавки, литья и очистки такие же, как для других аналогичных деталей машиностроения (см. *Литейное производство*).

Алюминиевые сплавы. Состав наиболее употребительн. алюминиевых сплавов для изготовления П. авиамоторов см. *Моторостроение*. Эти же три сплава наиболее употребительны и для П. автомобилей. В 1930 г. фирмой Рольс-Ройс (Англия) была применена серия новых алюминиевых сплавов «Hiduminium RR», в состав к-рых входит Ti. Один из них, сплав RR 53, рекомендуется для П. и по данным изготовляющих его фирм обладает в термически обработанном виде более высокими механическими свойствами, чем термически обработанный сплав Y (как при нормальной, так и при повышенных $t°$). П. из алюминиевых сплавов изготовляются путем отливки в металлич. форму (кокиль) с металлич. же стержнем или с песочным стержнем, снабженным металлич. холодильниками. При литье в металлич. форму структура материала благодаря быстрому остыванию получается более плотной и мелкой, твердость—повышенной. П. отливается дном вниз, подвод металла—как показано схематически на фиг. 21. Условия приготовления шихты, производства плавки и литья следуют общим приемам, установленным для литья алюминиевых сплавов. Отливка П. под давлением пока не при-



Фиг. 21.

Табл. 2.—Химический состав чугунов для П.

Нормы	Назначение П.	Состав в %							
		Общ.	Сев.	Si	Mn	Ni	Cr	S	P
Английский стандарт BESA *1 . .	Автомоб.	2,7 —3,5	0,5—0,8	1.2—1,8	0,35—0.8	—	—	<0.12	0,8
З-д Дикон Дир . . .	Трактор	3,25—3,30	0,4—0,48	2,1—2,15	0.35—0.45	0.40—0.45	0.15—0,20	<0,09	0,2
З-д АМО	Автомоб.	3,0 —3.25	—	2,0—2,2	0.60	—	—	<0,10	0,15—0.30
Средний типичный чугун по ASST *2 .	Автомоб.	3,35	—	2,5	0,6	—	—	<0,1	0.2

*1 British Engineering Standards Association. *2 American Society for Steel Treating.

меняется. Контроль литья П. производится: а) по химич. анализу от плавки или периодически; б) по внешнему осмотру на отсутствие дефектов—раковин, трещин, утяжин (такому осмотру подвергается каждый П. после его очистки или обдувки песком); в) испытанием каждого П. на непроницаемость днища пробой под давлением керосином или сжатым воздухом под водой (на всех авиамоторных и нек-рых автомобильных з-дах). Механич. свойства поршневых сплавов «с 12% меди» и Y приведены в табл. 3 (литье в кокиль).

Табл. 3.—Механические свойства поршневых сплавов (Научный автотракторный институт).

Механические свойства (при норм. $t°$)	Сплав «с 12% меди»		Сплав Y	
	после литья	после термич. обраб.	после литья	после термич. обраб.
Коэф. крепости в $кг/мм^2$	14	29	20	37,8
Предел пропорциональности в $кг/мм^2$	4 5	24,3	7,2	23,3
Относит. удлинение в %	1,3	0,2	1,75	0,3
Твердость по Бринелю в $кг/мм^2$	82	149	95	144

Твердость и механич. свойства алюминиевых сплавов не остаются постоянными, а в местах П., подверженных нагреву в работе, постепенно понижаются благодаря структурным изменениям в материале. Это иллюстрируется результатами опытов, проведенных в НАТИ (табл. 4) над двумя марками поршневых сплавов.

Табл. 4.—Твердость по Бринелю поршневых сплавов Y и «с 12% меди», определенная после отжига при $t°$ этого отжига (НАТИ).

Название сплава	Состояние сплава	Продолжительность нагрева	$t°$ отжига и испытания на твердость				
			комнатная	200°	250°	300°	350°
Y	После литья	Минимальная	98	84	64	40	22
		60 ч.	98	78	52	28	16
		100 ч.	98	72	50	28	15
	После термообработки	Минимальная	139	121	102	65,9	39,1
		60 ч.	139	100	74	30,5	17,2
		100 ч.	139	96,5	71	28	16,8
«с 12% меди»	После литья	Минимальная	82	63	52	45	27
		50 ч.	82	63	43	25	18
		100 ч.	82	53	43	25	18
	После термообработки	Минимальная	150	85	68	65	42
		50 ч.	150	73	41	18	16
		100 ч.	150	69	36	17	16

Сопоставление приведенных в табл. 4 твердостей сырого и термообработанного сплава при 300° после 100 ч. отжига при этой $t°$ дает объяснение, почему П. из сплава с 12% меди термообработке не подвергаются, а из сплава Y таковую получают. Условия термообработки для сплава Y (по данным НАТИ): нагрев в течение 4 ч. при $520 \pm 5°$, закалка в кипящей воде, повторный нагрев в течение 3 ч. при 225° с остыванием на воздухе. Условия, применяемые на одном французском з-де: нагрев в течение 5 ч. при 510°, закалка в кипящей воде, повторный нагрев в течение 8 ч. при 190°. П., не прошедшие термообработки, с течением времени несколько коробятся и при сильных нагревах дают небольшой остаточный рост (последний доходит до 0,1 *мм* для П. диам. 100 *мм*), что должно учитываться при назначении зазоров. Для избежания коробления иногда применяется кратковременный отжиг (например при 340—360° в течение 5 ч. после обдирки или при 250—300° в течение $1^1/_2$—2 ч. после обдирки и вторично перед окончательной отделкой). Изготовление П. из алюминиевых сплавов из кованой заготовки и штамповка их распространения пока не получили.

Магниевые сплавы. Начало применения магниевых сплавов (электрона) в автостроении относится к 1918 г., когда Dow Chemical Co. (Америка) провела удачные опыты с работой П. из «доу-металла» на автомобиле. Однако до сих пор широкого распространения магниевые сплавы для П. не получили и на машинах для широкого потребления почти не ставятся по причине дороговизны. В табл. 5 указаны наиболее известные магниевые сплавы для поршней. Эти поршневые сплавы обладают при комнатной температуре механическими свойствами, близкими к таковым алюминиевого сплава с 12% меди, отличаясь большей вязкостью, но меньшей твердостью. С повышением $t°$ их механич. свойства понижаются сильнее, чем у алюминиевых сплавов. Долговременный нагрев не меняет их механич. свойств. Сплав VI в литье более труден, чем сплав Т, отличаясь усиленной склонностью к образованию утяжин и рыхлот.

Физические свойства материалов, употребляемых для изготовления П., приведены ниже в табл. 6.

При повышении $t°$ коэф. теплопроводности алюминиевых поршневых сплавов повышается, а чугуна понижается.

Механическая обработка. В готовом П. д. б. строго выдержано определенное расстояние (в установлен. допусках) от оси отверстия для поршневого пальца до днища П. для того, чтобы уменьшить возможные колебания степени сжатия в разных цилиндрах мотора; ось этого отверстия д. б. строго перпендикулярна к оси внешней цилиндрич. поверхности П. Эти два основные требования определяют в значительной мере последовательность механич. обработки П.

Табл. 5.—Магниевые сплавы для П.

Наименование электрона	Где применяется	Состав в %					
		Cu	Si	Al	Cd	Mn	Mg
Dow-metal T. . .	США	4.0	—	2,0	2,0	0,15	остальное
«VI поршневой» .	Германия	0.3—0.5	2.0—3,0	10.0	—	0,35	остальное

Табл. 6.—Физические свойства сплавов, употребляемых для П.

Наименование материала	Уд. в.	Коэф. теплопроводности *1	Коэф. теплового расширения *2
Чугун для поршней	~7,3	0.14	11×10^{-6}
Сплав алюминия «с 12% меди»	~2,9	0,33—0,36	$26,4 \times 10^{-6}$ *3
Электрон Dow-Metal T.	~1,8	0,30*4	27.7×10^{-6} *4
Электрон «VI поршневой»	~1,8	0,20*4	$27,5 \times 10^{-6}$ *4

*1 Cal/см ск. С° при комнатной $t°$. *2 Shakespeare. *3 Шаров и Меркурьев. *4 20÷250°.

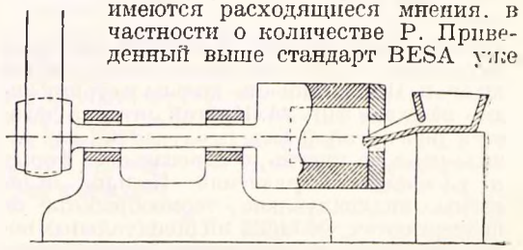
и выбор баз для установки. В табл. 7 приведена последовательность операций обработки чугунного П., принятая на одном из з-дов с крупным выпуском.

Табл. 7.—Примерная последовательность главнейших операций при механической обработке П.

№ операции	Наименование операции
1	Черновая обточка боковой поверхности дна
2	Подрезка юбки по длине
3	Сверление отверстий для втулок поршневого пальца
4	Окончательная обточка боковой поверхности и дна
5	Черновая проточка канавок для колец
6	Расточка отверстий для втулок поршневого пальца
7	Запрессовка втулок
8	Сверл. отверстий для стопора в бабышках
9	Шлифовка боковой поверхности
10	Развертка отверстий во втулках
11	Окончательн. прорезка канавок для колец

При обработке П. из легких сплавов особенное внимание обращается на качество обработки боковой поверхности, днища и отверстий для пальцев. В последние годы получила распространение отделка алюминиевых деталей алмазным резцом на специальных быстроходных токарных станках; при этом скорость резания принимается равной 100—200 *м/мин*, подача 0,02—0,1 *мм* на оборот, глубина резания 0,02—0,2 *мм*, в зависимости от требуемой чистоты. В этом случае шлифовка не применяется. Принято считать, что зеркальная поверхность днища П. уменьшает нагарообразование и уменьшает возможность «выгорания», хотя последнее нельзя считать точно установленным. В П. авиамоторов иногда отверстие для пальца подвергается расшлифовке на специальных станках. В виду того что внутренние поверхности П. обработке не подвергаются, готовые П. получаются с б. или м. значительными колебаниями в весе; между тем на одном моторе в одном его ряду П. должны возможно меньше различаться по весу для получения ровного хода мотора. Допустимое различие веса П. в одном моторе или в одном ряду мотора устанавливается каждым заводом или в технич. условиях на соответствующий мотор. В виду затруднительности подгонки всех П. к одному весу некоторые з-ды устанавливают несколько весовых категорий, причем в пределах каждой категории поршни подгоняются с малым допуском. Контроль качества механической обработки производится путем проверки соответствия действительных размеров установленным предельным размерам. Расстояние оси отверстия пальца до днища и перпендикулярность боковой цилиндрич. поверхности юбки к этой оси проверяются специальными приспособлениями. П. авиамоторов подвергаются особо тщательному внешнему осмотру.

Материал поршневых колец. Поршневые кольца изготовляются из чугуна, состав к-рого в зависимости от метода литья берется различным. В табл. 8 приведены некоторые нормы для этого чугуна. Следует отметить, что по вопросу наилучшего состава чугуна для поршневых колец имеются расходящиеся мнения, в частности о количестве Р. Приведенный выше стандарт BESA уже



Фиг. 22.

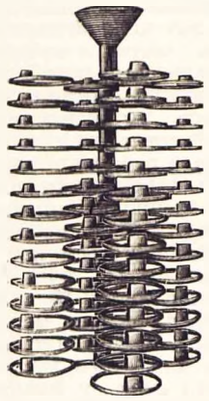
устарел и в настоящее время пересматривается. Поршневые кольца отливаются в виде заготовок полых цилиндров (маслот), из к-рых вырезается по 15—20 колец, или отдельными кольцами. Маслоты отливаются вертикально в песочные формы или лучше в металлич. кокили с песочным стержнем; особенно высокое качество колец получается при отливке центробежным способом в вращающийся горизонтальный кокиль. В этом случае чугун отличается полным отсутствием раковин и засоров и графит выделяется в виде мелко завихренных чешуек. Схема центробежной отливки маслот показана на фиг. 22. Кокиль делается немного конусным для облегчения выхода отливки. Количество отливок, к-рое выдерживает кокиль из простой стали до необходимости его проточки, ок. 250. Число оборотов кокиля при диам. кольца 120 *мм* принимается ок. 1 000—1 100. Маслоты, отлитые центробежно, после отливки подвергаются отжигу (медленный нагрев до 950°, выдержка 1.5 ч., остывание в печи до 300°), затем грубой обдирке снаружи и изнутри и термооб-

Табл. 8.—Чугун для поршневых колец.

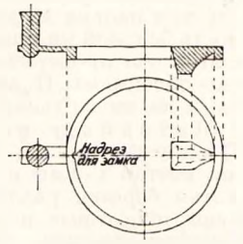
Название норм	Метод литья	Состав в %					
		$C_{общ.}$	$C_{св.}$	Si	Mn	P	S
Стандарт BESA № 5004 (1927)	Маслоты в песок	до 3,5	0,55—0,80	до 1,8	0,4—1,2	до 1.0	до 0.12
	Маслоты в кокиль	» 3,5	0,45—0,80	1,80—2,50	0,4—1,2	» 1,0	» 0,12
Американское об-во поршневых колец	Индивидуальная отливка толщ. 9 мм	3,3—3,8	0,60—0,80	1,5—2,0	0,4—0,8	0,3—0,6	» 0,1
	То же толщ. 4,5 мм	3,3—3,8	0,60—0,80	2,5—3,0	0,4—0,8	0,4—0,7	» 0,1

СТАНДАРТ

работке, состоящей из закалки при 850—870° в масле и отпуска при 620—650°. Твердость после термообработки ок. 280 по Бринелю. Применяются также другие варианты термообработки. При индивидуальной отливке кольца формуются по несколько штук (в зависимости от своего размера) в одной опоке; опоки ставятся друг на друга стопкой (12—15 шт.), т. ч. стояк литника полу-



Фиг. 23.



Фиг. 24.

чается общим. На фиг. 23 показан вид отлитых колец вместе с литником после выбивки опок. Присоединение кольца к стояку видно на схеме фиг. 24. Против литника делается перепускной вынор, служащий для отвода первого чугуна, обогревающего форму и уносящего загрязнения. Кольца, отливаемые индивидуально, термообработке не подвергаются. Отливка индивидуальных колец имеет то преимущество сравнительно с отливкой маслот в песок, что структура материала получается значительно лучше, и выделения графита благодаря быстрому застыванию мельче и более равномерно распределены, в соответствии с чем механич. свойства чугуна получаются много выше. При индивидуальной отливке круглого кольца его подвергают в процессе механической обработки насечке или накатке с внутренней цилиндрич. части на специальных автоматах, в результате чего внутренний слой получает наклеп, и концы кольца в замке расходятся. Гораздо большее распространение получил метод индивидуальной отливки некруглых колец. Идея этого метода ясна из следующего. Представим себе, что мы имеем идеально изготовленное поршневое кольцо, т. е. такое, к-рое, будучи заложено в цилиндр, дает необходимую величину удельного давления на его стенки и притом одинаковую по всей своей окружности. Если такое кольцо вынуть из цилиндра, то концы его разойдутся в силу упругости, и оно примет некруглую форму, могущую быть выраженной аналитически. Если теперь придать этому кольцу небольшие припуски на обработку и соединить разведенные концы перемычкой, то получим некруглое кольцо, как оно выходит из литья. Такое кольцо в дальнейшем насечке не подвергается.

Механическая обработка поршневых колец. Ниже указывается три главнейших варианта механич. обработки поршневых колец: а) из маслоты без насечки (табл. 9), б) из маслоты с насечкой (табл. 10) и в) некруглое индивидуально отлитое кольцо (табл. 11).

Табл. 9.—Примерная последовательность операций при обработке поршневого кольца, вырезаемого из маслоты и не подвергаемого насечке.

№ операции	Название операции
1	Отжиг
2	Обдирка маслоты снаружи и изнутри
3	Термообработка
4	Отрезка колец
5	Шлифовка боковых поверхностей кольца
6	Вырезка фрезой замка
7	Расточка изнутри нескольких (напр. 16) колец, сжатых и собранных на оправке
8	Обточка снаружи нескольких колец, сжатых и собранных на оправке
9	Вторая расточка изнутри нескольких колец, вновь сжатых и собранных на оправке
10	Вторая обточка снаружи нескольких колец, вновь сжатых и собранных на оправке
11	Третья расточка изнутри колец, вновь сжатых и собранных на оправке
12	Шлифовка боковых сторон под окончательный размер
13	Шлифовка наружного диаметра нескольких колец, сжатых на оправке, под окончательный размер
14	Припиловка замка вручную

После того как у кольца вырезан замок (операция 6) оно сжимается и закладывается внутрь оправки в виде цилиндра; несколько (напр. 12—16) заведенных т. о. колец сжимаются с торцов фланцами, сидящими на валике другой оправки, направляемой т. о., что при этой операции ось валика совпадает с осью цилиндра; после этого цилиндр снимается и сжатые между фланцами кольца вместе с валиком ставятся в центры токарного станка. В виду того что кольцо обрабатывается в сжатом и напряженном состоянии, снятие даже небольшого слоя металла меняет распределение в нем внутренних напряжений; к окончательным размерам кольца приходится подходить постепенно, несколько раз растачивая и обтачивая их и каждый раз снимая с оправки и собирая заново.

Табл. 10.—Примерная последовательность операций при обработке поршневого кольца, вырезаемого из маслоты и подвергаемого насечке.

№ операции	Название операции
1	Расточка маслоты изнутри и подрезка торцов
2	Обточка маслоты снаружи
3	Разрезка маслоты на кольца набором круглых пил (напр. сразу 18 колец)
4	Окончательная расточка кольца изнутри
5	Шлифовка боковых сторон
6	Окончательная обточка кольца снаружи
7	Прорезка замка
8	Насечка с внутренней стороны, более сильная против замка, постепенно слабее к концам
9	Шлифовка наружного диаметра сжатого кольца

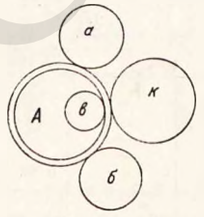
Насечка производится на специальных автоматах разных конструкций. У одних станков меняется сила удара от наибольшей против замка до наименьшей к замку, а расстояние между местами, где наносится

удар, остается постоянным; у других—сила удара остается постоянной и меняется расстояние между насечками. Менее распространен способ накатки роликом.

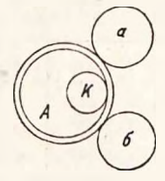
Табл. 11.—Примерная последовательность операций при обработке поршневого кольца некруглой формы (отлитого индивидуально).

№ операции	Название операции
1	Обдирка по внешнему диаметру на обдирочно-шлифовальном станке
2	Обдирка по внутреннему диаметру на обдирочно-шлифовальном станке
3	Обдирка боковых сторон (одновременно обе стороны) на обдирочно-шлифовальном станке
4	Шлифовка одной боковой стороны на автомате с магнитным патроном
5	Шлифовка другой боковой стороны на станке, как в п. 4
6	Повторная окончательная шлифовка первой стороны на станке, как в п. 4
7	Вырезка замка
8	Зачистка замка
9	Обточка предварительная и окончательная по внешнему диаметру сжатого кольца (несколько колец одновременно собраны на оправку)

У этих колец припуски на обработку с боков и изнутри оставляют очень малыми (несколько десятых долей *мм*); благодаря этому возможно широкое применение для обработки



Фиг. 25.



Фиг. 26.

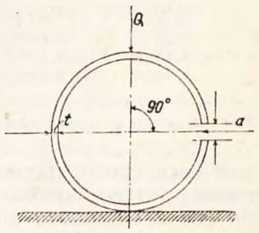
шлифовальных станков, что сильно упрощает и ускоряет обработку. Схема станка для операции 1 показана на фиг. 25, схема станка для операции 2—на фиг. 26, где *а*, *б*, *в*—ролики, *А*—поршневое кольцо, *К*—карборундовый камень. Иногда изнутри кольца оставляется чернота, однако надо считать более правильным обработку кольца также изнутри, что позволяет более точно выдержать радиальную толщину. Обработку боковых сторон кольца целесообразно во всех вариантах вести по методу, указанному в табл. 11, что дает большую точность высоты кольца.

При механич. обработке кольца по патенту Беннета (1921 г.) кольцо изготовляется некруглой формы путем обработки на копировальном станке, после чего вырезается замок. Профиль копиров таков, что кольцо получает ту теоретич. форму, к-рую должно иметь идеальное кольцо, которое, будучи заведено в цилиндр, равномерно прилегает к его стенкам с одинаковым по своей окружности удельным давлением. Опыты, проделанные на паровозах, показали значительно лучшие качества таких колец, чем изготовленных другими способами; однако распространения этот способ пока не получил. В нек-рых случаях автомобильные кольца снаружи не шлифуются, исходя из тех соображений, что поверхность с бороздками от резца скорее приработается. На большинстве авиамоторных з-дов готовые и уже шлифованные кольца подвергаются приработке, для чего их одевают на поршень, получающий возвратно-поступательное движение от кривошипного механизма, вращающегося от привода, причем цилиндр одновременно медленно вращается. Приработка ведется с маслом и наждаком. Тот и другой вид приработки имеет целью получение более равномерного давления кольца на стенки цилиндра, т. е. нек-рое исправление кольца.

Контроль качества. Качество материала колец проверяется путем химич. и металлографич. анализов и путем механич. испытаний, производимых на выдержку. Качество готового кольца проверяется по геометрич. размерам, по прилеганию поршневого кольца в контрольном кольце, имеющем диаметр цилиндра (отсутствие просветов), по отсутствию искривлений на плите и по величине усилия, необходимого для смыкания концов (проба на упругость), причем проверку проходит каждое готовое кольцо. Стандартом BESA предусмотрено определение коэф-та крепости на растяжение путем испытания готового (с прорезом) кольца. При этом испытании нагрузка, растягивающая кольцо, прилагается по диаметру, перпендикулярному диаметру, проходящему через замок. Подсчет коэфициента крепости на растяжение производится по эмпирической формуле:

$$S = \frac{1{,}86 \cdot P \cdot d}{b \cdot t^2},$$

где S—напряжение в кольце в месте излома в *кг/мм²*; d—внешний диаметр кольца в *мм*; b—высота кольца в *мм*; t—радиальная толщина кольца в *мм*. Согласно упомянутому стандарту величина S должна быть не ниже 22,5 *кг/мм²*. Для испытания колец на упругость применяют схему стандарта BESA, представленную на фиг. 27. Величина нагрузки Q (в *кг*) выражается следующим образом:

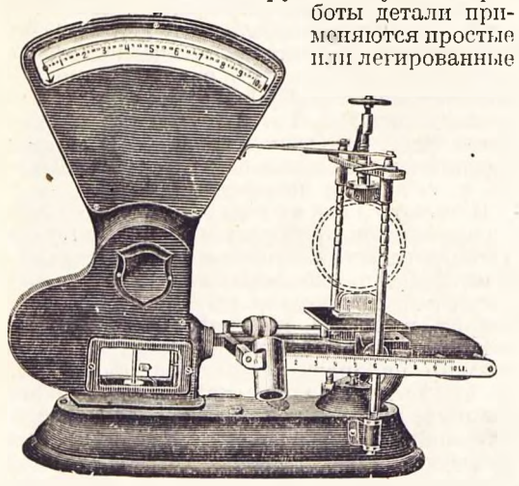


Фиг. 27.

$$Q = \frac{b \cdot E}{5{,}37\left(\frac{d}{t}-1\right)^3} \cdot a,$$

где E—условный модуль упругости материала в *кг/мм²*; a—разница между зазором кольца в свободном и сведенном состоянии, измеренная в плоскости, перпендикулярной оси кольца, в *мм*. Если из опыта известны Q и a, то, зная геометрич. размеры кольца, можно по формуле определить величину E, что даст важную характеристику материала кольца. По англ. нормам автомобильных колец величина E д. б. $\geq 9\,850$ *кг/мм²*. На фиг. 28 представлены специальные весы для определения величины упругости кольца. Для оценки равномерности прилегания кольца к стенке цилиндра в Японии предложен прибор, основанный на применении пьезокварца. Результаты опытов с аналогичным прибором, опубликованные Stern'ом, представляют большой интерес, однако выводы автора требуют проверки.

Материал для поршневых пальцев. Поршневые пальцы изготовляются гл. образом из цементуемых сталей, причем в зависимости от конструкции и условий работы детали применяются простые или легированные



Фиг. 28.

малоуглеродистые стали. Американское общество обработки стали (ASST) рекомендует для поршневых пальцев сорта сталей, указанные в табл. 12.

Табл. 12.—Стали для поршневых пальцев (рекомендуемые ASST*1).

Марка стали по нормам SAE*2	Состав в %							
	C	Ni	Cr	Mn	P	S	V	Mg
1015	0,1—0,2	—	—	0,3—0,6	< 0,045	< 0,055	—	—
2315	0,1—0,2	3,25—3,75	—	0,3—0 6	< 0,040	< 0 05	—	—
2512	<0,17	4,5 —5,25	—	0.3—0.6	< 0.040	< 0,05	—	—
3115	0,1—0,2	1.0 —1.5	0,45—0,75	0.3—0.6	< 0,040	< 0,05	—	—
4615	0,1—0,2	1 5 —2.0	—	0,3—0 6	< 0,040	< 0.05	—	0,20—0,30
6115	0.1—0.2	—	0.8 —1.1	0.5—0.8	< 0,040	< 0,045	0,15—0.20	—

*1 American Society for Steel Treating. *2 Society of Automotive Engineers.

Для поршневых пальцев авиамоторов применяются хромоникелевые цементуемые стали более сложного состава, а также стали с содержанием углерода в 0,3—0,4%, употребляемые без цементации (напр. з-ды Кертис, Гном, Рон). Поршневые пальцы изготовляются из прутков или труб; внутренняя полость при цементации тем или иным способом защищается от нее, или же цементованный слой удаляется при механич. обработке, для чего оставляется припуск. Толщина слоя цементации в готовом пальце после шлифовки должна быть 0,8—1,2 мм; при шлифовке снимается 0,1—0,2 мм. Стали, применяемые для поршневых пальцев некоторых распространенных у нас автомобилей и тракторов, указаны в табл. 13.

Поршневой палец трактора «Фордзон-Путиловец» изготовляется из стали 3115, трактора «Катерпиллер 60»—из стали 1015, грузовых автомобилей Заурер и США—из стали 1015. Условия цементации и термообработки после нее для сталей, указанных в табл. 12, приведены в табл. 14.

Цементация производится обычно твердым карбюризатором. Для улучшения структуры цементованного слоя и получения вязкой сердцевины сильно нагруженных пальцев иногда вводятся дополнительные операции в термообработку в зависимости от сорта стали (предварительная закалка из ящика, нормализация или отжиг после цементации, двойная закалка и т. д.). После термообработки твердость цементованного слоя по склероскопу ок. 75, по Роквелу (по шкале С) не ниже 54. В последнее время начинают применяться пальцы с нитрированной поверхностью, изготовляемые в этом случае из специальной стали для нитрации. Механич. обработка производится на токарно-револьверных и шлифовальных станках. Во многих случаях первая шлифовка дается перед цементацией. Шлифовка ведется на станках для бесцентровой шлифовки, дающих весьма большую производительность. В сильно нагруженных пальцах внутреннее отверстие д. б. чисто обработано. Контроль качества материала каждого пальца производится по твердости цементованного слоя; для ответственных пальцев также по твердости сердцевины и глубине слоя цементации. На выдержку проверяется микроструктура цементованного слоя и сердцевины. В цементованном слое не должно быть цементита в виде сетки или игл, наличие к-рых

Табл. 13.—Стали, применяемые для поршневых пальцев.

Название машины	Марка стали	Состав в %				
		C	Cr	Mn	P	S
Трактор «Интер» 15/30 СТЗ . . .	5120-SAE	0.15—0,25	0,60—0,90	0,30—0,60	<0,01	<0.05
Трактор «Джон-Дир»	1315-SAE	0,10 —0,20	—	1,25—1,55	<0,05	<0,08
Автомобиль «Форд» А и АА	N-Ford	0,10—0,15	0,25—0,35	0,25—0,40	<0,03	<0,01

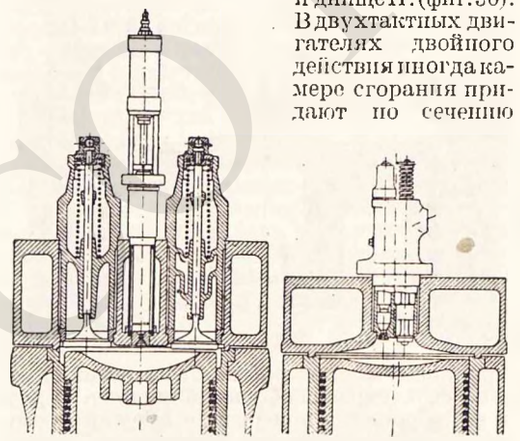
Табл. 14.—Условия цементации и термообработки поршневых пальцев (по ASST).

Марка стали	t° цементации	Охлаждение	Нагрев перед закалкой	Охлаждение	Нагрев при отпуске
1015	900—940°	В ящике	774—788°	Вода или соленая вода	135—190°
2315	857—885°		760—788°	Масло или вода	190°
2512	870—900°		732—760°	Масло или вода	120—232°
3115	900—927°		760—788°	Масло	173—205°
4615	870—900°		802—830°	Масло или вода	173—205°
6115	900—927°		774—802°	Масло или вода	173—205°

обусловливает хрупкость и плохую устойчивость детали на износ. М. Хрущов.

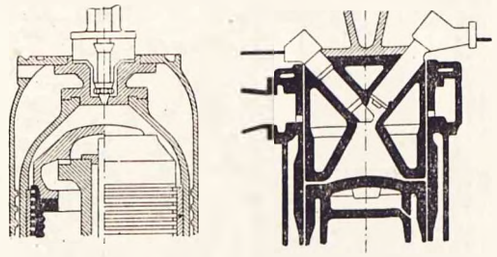
П. двигателей внутреннего сгорания тяжелого типа.

Зависимость формы П. от типа камеры сгорания. В зависимости от того, для какого двигателя П. предназначается—для компрессорного или бескомпрессорного, двухтактного или четырехтактного,—его выполняют различным по форме и по отдельным деталям. По соображениям лучшего распыливания топлива камере сгорания компрессорного двигателя Дизеля придают слабо выпуклую чечевицеобразную форму, причем или делают плоской стенку крышки цилиндра, обращенную к камере сгорания, а днище П. выполняют вогнутым (фиг. 29) или же делают вогнутыми и крышку и днище П. (фиг. 30). В двухтактных двигателях двойного действия иногда камере сгорания придают по сечению



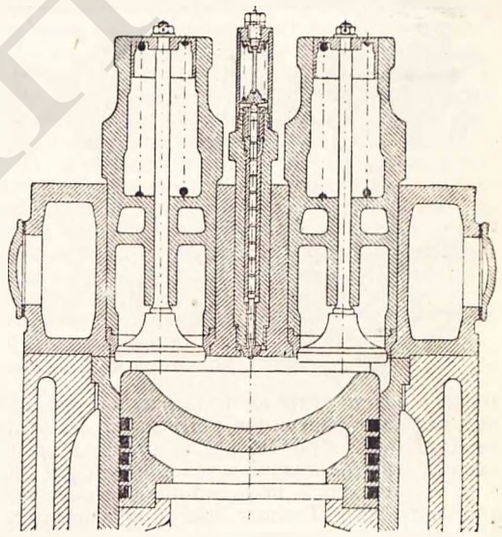
Фиг. 29. Фиг. 30.

серпообразную форму. В этом случае камеру сгорания ограничивают сферической или конической поверхностями и днище П. выполняют выпуклым, как это изображено на фиг. 31 и 32. Топливо, увлекаемое струей распыливающего воздуха, поступающего в камеру сгорания со скоростью звука, хорошо



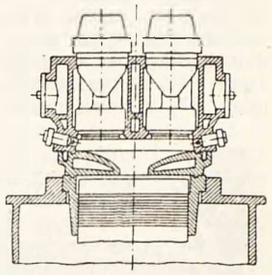
Фиг. 31. Фиг. 32.

распространяется по всей камере указанного очертания, т. к. струя воздуха достаточно эластична для того, чтобы хорошо отражаться от днища П. и стенок камеры и образовать вихревое движение, способствующее хорошему распыливанию топлива. В бескомпрессорных дизелях струя топлива, впрыснутого под большим давлением, имеет форму конуса с углом ок. 20°, и если ее направить, так же как в компрессорном двигателе, непосредственно на дно П., то она, как значительно менее эластичная по сравнению со струей компрессорного воздуха, отразится только частично, и частицы топлива в большей своей части осядут на дно поршня, что значительно ухудшит процесс сгорания и будет вызывать образование нагара. По-



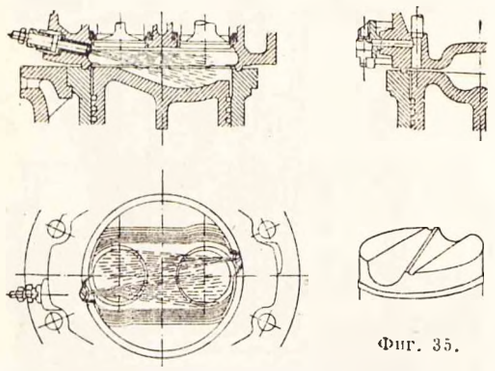
Фиг. 33.

этому очертание камеры сгорания и следовательно очертание дна П. должны соответствовать расположению и форме конуса распыливания, с тем чтобы струя топлива имела место для своего распространения. Поэтому при центральной форсунке для вертикальных двигателей можно рекомендовать выполнять П. с максимально вогнутым дном (фиг. 33), с тем чтобы путь от форсунки до дна П. был увеличен, и капельки топлива, достигая дна, находились бы уже в состоянии горения и не оседали на дно. При камере сгорания, выполненной в форме двух конусов, соединенных своими основаниями (фиг. 34), и при двух форсунках, расположенных в вершинах этих конусов, можно ограничиться применением П. с плоским дном, т. к. распространение струй топлива обеспечивается очертанием самой камеры сгорания. Для того чтобы избежать встречи струй топлива в плоскости оснований указанных конусов камеры сгорания, была предложена конструкция, изображенная на фиг. 35, где обе струи топлива, поступающие из двух форсунок, смещены относительно друг друга, и очертание камеры осуществляется гл. обр. за счет двух конич. поверхностей дна П. Стремление получить хорошее бескомпрессорное распыливание топлива при наличии одной форсунки привело к конструкции днища П. в виде конуса с приподнятой закругленной вершиной и с приподнятыми стенками у основания конуса по внешнему краю П. для лучшего соответствия с формой струи топлива (фиг. 36). При таком очерта-



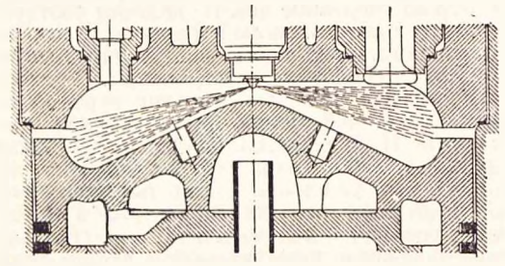
Фиг. 34.

нии дна П. главная масса воздуха сосредоточена там, где струя топлива полностью распылена. Если при этой конструкции камера сгорания не полностью охватывается конусом распыливания, что имеет место при большом отношении хода П. к диаметру, то

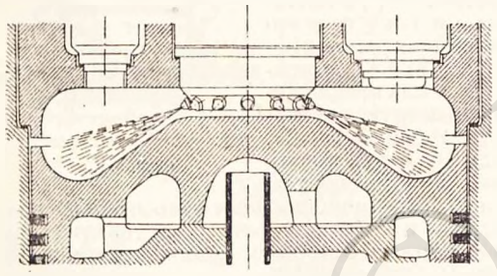


Фиг. 35.

целесообразно струю топлива направлять так, чтобы образующая конуса дна П. была параллельна образующей конуса распыливания, как это указано в левой части фиг. 36, т. к. тогда воздух, находящийся над струей, при движении П. вниз поступит в полость, насыщенную топливом; если же струя будет отклонена кверху, как это изображено с правой стороны фиг. 36, то воздух, находящийся под струей топлива, будет следовать за движением П. вниз, не перемешиваясь достаточно хорошо с топливом, что ухудшит процесс сгорания. При очень больших диаметрах цилиндра для более полного заполнения камеры сгорания струями топлива днищу П. придают форму усеченного конуса (фиг. 37) и применяют многосопловую форсунку. Этой формой дна П. достигается хорошее насыщение рабочего воздуха топливом, к-рое не перемешивается с воздухом только в объеме, заключенном над срезанной вершиной дна П. Для того чтобы сделать среднюю часть днища П. сменной, выполняют днище П. со вставным «грибком» (фиг. 38); т. к. вставная часть (из-за ухудшения теплопередачи) подвергается относительно более сильному нагреву, то П. этой конструкции м. б. рекомендованы при работе бескомпрессорного дизеля на каменноугольных маслах, требующих более высоких температур.

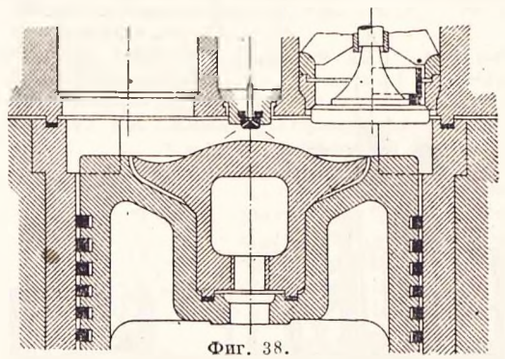


Фиг. 36.



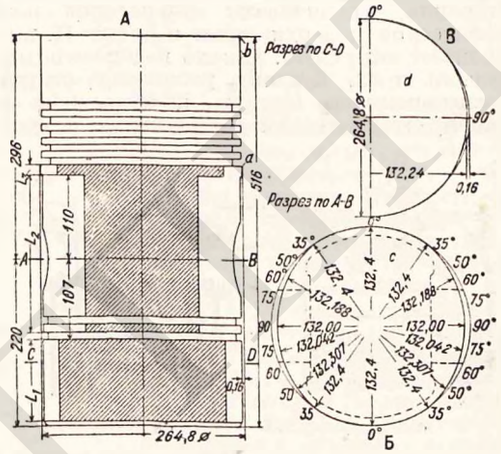
Фиг. 37.

Конструкция П. бескомпрессорных дизелей. Тронковые П. четырехтактных бескрейцкопфных машин имеют по сравнению с П. крейцкопфных машин большие направляющие и следовательно охлаждающие поверхности. Для двигателей с диаметром цилиндров до 650 *мм* применяются почти исключительно тронковые П., так как при бескрейцкопфной конструкции получается меньшая высота всего двигателя.



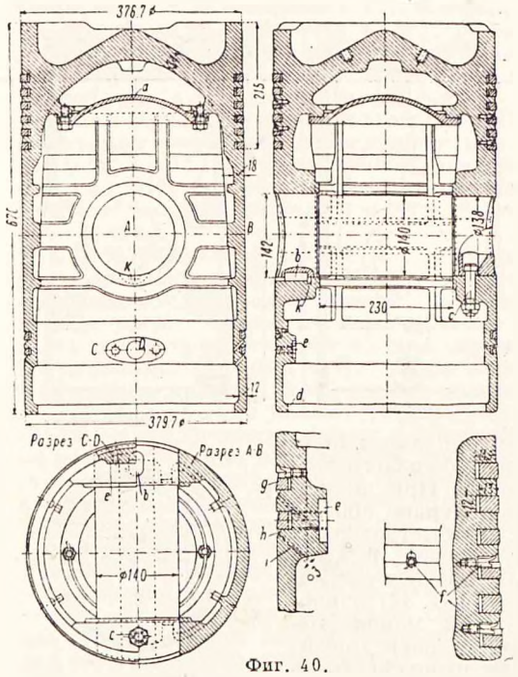
Фиг. 38.

Тронковый П. при работе от нагревания теряет свою первоначально цилиндрич. форму и приобретает в поперечном сечении форму эллипса с увеличенным размером по направлению оси пальца; эту деформацию, так же как и деформацию от более сильного нагрева



Фиг. 39.

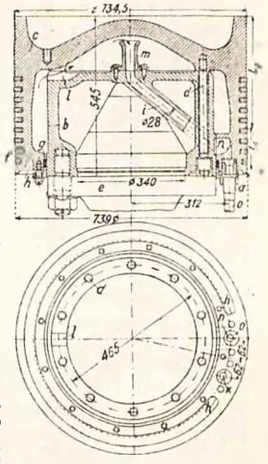
днища П., предусматривают при обработке П. Поверхность около поршневого пальца шлифуют на копировальном станке по шаблону (фиг. 39, Б), размеры к-рого устанавливают опытным путем так, чтобы выполненный по шаблону П. в нагретом состоянии имел круглую цилиндрич. поверхность (в холодном состоянии его поперечное сечение будет иметь форму эллипса). Обработку поверхности П. со значительным снятием материала в месте расположения пальца, по указанному шаблону, достаточно произвести на длине L_2; в нижней части П. на длине L_1 и в части под нижним поршневым кольцом на длине L_3 производят меньшее снятие материала по шаблону, изображенному на фиг. 39, В. Благодаря такой обработке рабочая трущаяся поверхность поршня получает двутавровое очертание (на фиг. 39 заштрихована); это очертание в достаточной степени обеспечивает как хорошее направление П. по поверхности рабочей втулки цилиндра, так и предотвращает П. от заедания из-за неравномерных деформаций. Так как дно П. нагревается относительно более сильно, то верхнюю часть П. от кромки *a* до кромки *b* выполняют конич. формы, причем в части *a* диаметр П. равен $0{,}9992D \div 0{,}9988D$, в части *b*—$0{,}9925D$, где D—диаметр рабочей втулки цилиндра. Неохлаждаемый водой или маслом тронковый П. снабжают с внутренней стороны ребрами, к-рые служат как для лучшей передачи тепла от дна к стенкам П., так и для усиления дна П., воспринимающего давление от вспышек, и для передачи силы давления поршневому пальцу (фиг. 40). В целях предотвращения попадания масла из кривошипной камеры на внутреннюю поверхность дна поршня и его коксования применяется предохранительная крышка *a*, укрепленная на шпильках. Отверстия для поршневого пальца для более удобной постановки пальца выполняют разных диаметров, проходя их ступенчатой разверткой с одной установки; развертывание производят под посадку пальца



Фиг. 40.

прессом, т. к. недостаточно плотно посаженный палец во время работы разработает свои гнезда. Фиксация пальца от вращения осуществляется шпонкой *b*, от продольного перемещения—болтом *c*. Т. к. шпонка пригоняется только своими боковыми поверхностями, то сквозная шпоночная дорожка увеличила бы расход масла, к-рое по ней, как по каналу, поступало бы из верхней головки шатуна на стенки цилиндра; поэтому в проушине выфрезовывается поперечная канавка *k* и шпоночная дорожка долбится в проушине пальца не насквозь. Палец, закрепленный с одного конца болтом *c*, а с другого шпонкой *b*, может свободно подвергаться термич. деформациям. Кольцевое ребро *d* П. служит для установки центрирующей шайбы, облегчающей обработку на станке внешней поверхности П. Фланец *e* служит для присоединения индикаторного привода.

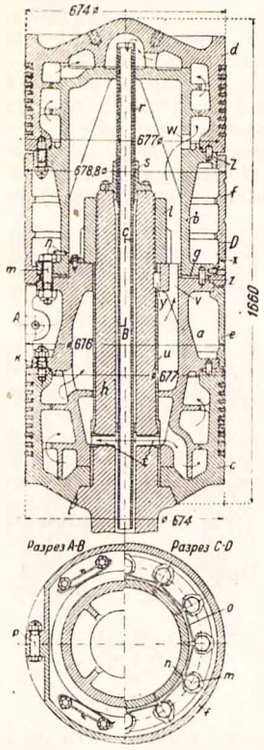
П. крейцкопфных четырехтактных бескомпрессорных двигателей при их нагревании теряют правильность своей формы в значительно меньшей степени по сравнению с тронковыми П. Поэтому ограничиваются только приданием конической формы верхней части L_2 П., начиная с четвертого кольца (фиг. 41), всю же нижнюю часть L_1 выполняют цилиндрической. В самом низу обтачивают фаску *a*, предохраняющую смазку от ее соскабливания П. со стенок цилиндра, так как смазка поступает на рабочие втулки в крейцкопфных четырехтактных двигателях из точно отрегулированных масленок. Приведенный для примера на фиг. 41 П. состоит из двух основных частей: стального литого корпуса *b* и головки *c*, выполненной из чугуна. Головка опирается на кольцевую поверхность корпуса *b*, чем обеспечивается передача силы давления фланцу *e* поршневого штока по его оси. Соединение головки с корпусом выполнено при помощи длинных шпилек *d*; указанная конструкция соединения дает головке свободу термич. деформаций. Нижняя часть *f* головки при нагревании скользит по корпусу, и т. к. пространство между корпусом и головкой омывается охлаждающей водой, то в нижней части П. предусмотрен сальник *g* с резино-асбестовой набивкой. Для уменьшения передачи тепла от головки П. к сальнику, т. е. для предохранения набивки от порчи, сделана выточка *h*. Корпус *b* имеет ребра, увеличивающие его жесткость, и т. к. $t°$ его не превышает $t°$ охлаждающей воды, то несимметричная форма корпуса, получившаяся благодаря залитой в его тело отводящей трубе *i*, не является опасной в смысле неравномерных темп-рных деформаций. Подвергающаяся интенсивному нагреву головка имеет почти правильную форму тела вращения, т. ч. возможность опасных термич. напряжений исключена. Охлаждающая вода поступает в рубашку в месте *k*, по каналу *l* переходит в верхнюю часть П., откуда по отводящей трубе *i* выходит обратно. Мундштук *m* помещается у наиболее высоко расположенной внутренней поверхности дна головки П., благодаря чему проникающий воздух хорошо отсасывается током воды. Выходя-



Фиг. 41.

щая из рубашки вода по трубе i поступает в камеру n, откуда стекает по телескопической трубе o.

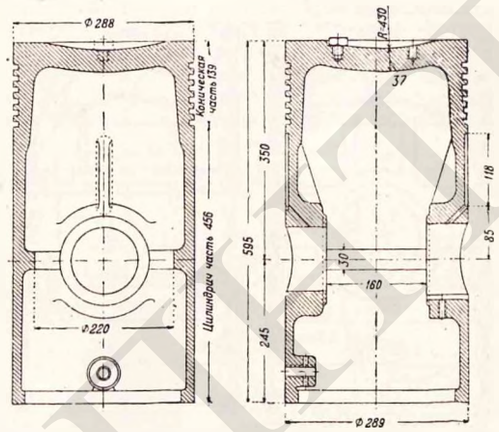
П. двухтактных бескомпрессорных машин. П. машин двойного действия по конструкции сложнее П. машины простого действия. Длина П. двигателя двойного действия, т. е. расстояние между его



Фиг. 42.

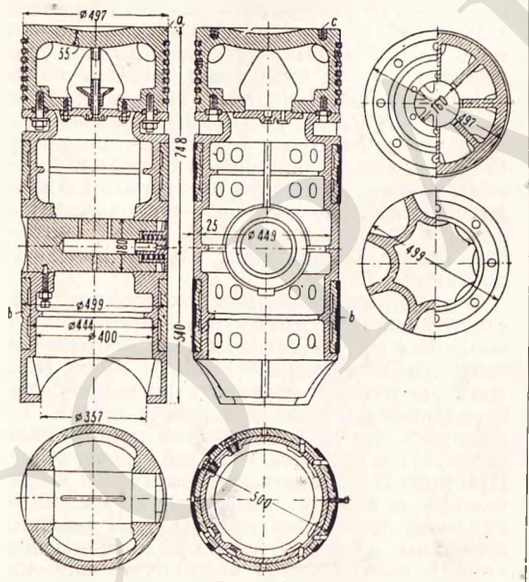
краями, управляющими процессами выхлопа и продувки, устанавливается в зависимости от длины хода поршня, а также от расположения окон. Изображенный на фиг. 42 П. состоит из следующих основных частей: нижнего и верхнего корпусов a и b, нижней и верхней головок c и d и кожухов: разъемного e и неразъемного f; между корпусами a и b находится набор прокладок g, служащих для регулировки объема камеры сжатия. Все указанные детали монтируются на поршневом штоке h в следующем порядке: нижнюю головку c надевают на конец поршневого штока h и прижимают ее к выкованному на штоке борту i нижним корпусом a; детали c и a скрепляют шпильками k. После этого завертывается гайка l штока. Верхняя головка d предварительно монтируется отдельно с верхним корпусом b; на нижний корпус a устанавливается своим бортом кожух f, затем располагают прокладки g и устанавливают смонтированные вместе детали b и d; корпуса a и b стягивают болтами m, т. ч. борт кожуха f оказывается крепко зажатым между корпусами, благодаря чему достигается укрепление кожуха, дающее последнему свободу деформации в осевом направлении. Все шпильки и болты д. б. обеспечены соответствующими замками. Для того чтобы болты m легче вошли в соответствующие отверстия фланца корпуса a, предусмотрены шурупы n, ввертываемые непосредственно над головкой каждого болта m в корпус b до установки деталей b и d; болты m фиксируются проволокой o. Последним устанавливается разъемный кожух e, входящий двумя своими заплечиками между фланцами нижнего корпуса. Разъемный нижний кожух e скрепляется болтами p. Отводящая воду труба r проходит в сверлении поршневого штока и укрепляется к последнему помощью приваренного к ней фланца s до установки на место деталей b и d. Охлаждающая П. вода поступает снизу по кольцевому пространству, образованному сверлением в поршневом штоке и вставленной в него трубкой r. Из кольцевого пространства вода по поперечным каналам t в штоке П. попадает сначала в нижнюю головку и корпус, затем по каналам v и w поступает в верхнюю головку и отводится по трубе r. Корпуса a и b, так же как головки c и d и кожух f, должны фиксироваться от поворачивания; это необходимо как для правильного совпадения отверстий каналов охлаждающей воды, так и для того, чтобы замки поршневых колец, зафиксированные штифтами, всегда попадали на простенки между окнами рабочей втулки, а не на самые окна. Фиксация деталей a, b, c и d достигается шпонкой y и штифтами z и x. Гайка l поршневого штока, лежащая в воде, изготовляется из бронзы. Для предохранения поршневого штока от ржавчины на него в горячем состоянии надета бронзовая втулка u. П. направляется во втулке цилиндра только кожухом f, имеющим три кольцевые смазочные канавки. При диаметре цилиндра ок. 680 *мм* диаметр кожуха выполняют равным 678,8 *мм*, т. ч. зазор равняется 1,2 *мм*. Головки c и d обточены по направлению к камерам сгорания на конус и имеют относительно больший зазор, т. ч. при работе они не могут войти в соприкосновение с поверхностью втулки цилиндра.

Конструкция П. компрессорных дизелей. П. компрессорных машин по существу, за исключением формы днищ, обычно несколько вогнутой или плоской, ничем не отличаются от поршней бескомпрессорных машин. Для примера на фиг. 43 дано изображение конструкции тронкового



Фиг. 43.

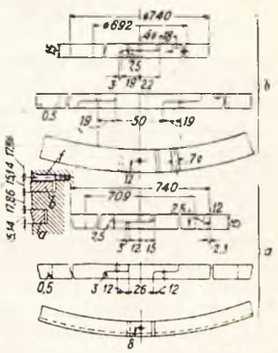
поршня для цилиндра небольшого диаметра. При диаметрах больше 500 *мм* и для быстроходных двигателей головку a П. делают разъемной (фиг. 44) от корпуса П. Замена одной головки другою дает возможность изменять величину камеры сгорания. Правильная конструкция съемной головки дает по сравнению с цельным П. лучшие условия темп-рных деформаций. Что касается естественного отвода тепла, то преимущество остается за неразъемными П. Соединение головки с направляющей частью (корпусом) П. осуществляют чаще всего помощью шпилек; гайки шпилек располагают внутри П., реже снаружи (фиг. 44). Т. к. тронковые П. несут функции ползуна и подвергаются действию боковых усилий, то для уменьшения износа трущихся поверхностей П. его длину делают



Фиг. 44.

относительно большей. Некоторые з-ды делают трущиеся части П. сменными, снабжая П. чугунными или стальными, залитыми баббитом, широкими кольцами b, помещаемыми в соответствующие проточки тела П. Установка сменных трущихся частей осуществляется помощью прокладок и винтов. Для вынимания П. в его днище высверливают и нарезают дыры c, в к-рые при вынимании П. ввертывают крюки; эти дыры высверливают вблизи краев П., где напряжение будет наименьшим. Конструктивное выполнение поршней см. также *Двигатели Дизеля* и *Двигатели судовые*.

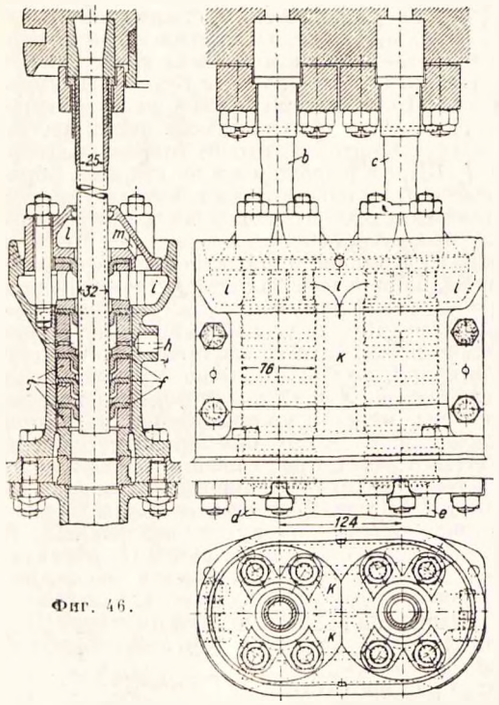
Поршневые кольца по конструкции выполняют разнообразными, с различной системой замков и стыков; хорошее кольцо д. б. точным по изготовлению и иметь равномерное нажатие по всей окружности кольца. При работе П. должен изнашиваться не цилиндр, а поршневые кольца. В сжатом состоянии кольца должны иметь строго цилиндрическую форму и прилегать по всей окружности к внутренней поверхности рабочей втулки цилиндра. Боковые поверхности колец точно шлифуются по плоскостям, перпендикулярным к их оси. Канавки для поршневых колец должны быть также тщательно выполнены. Ширину канавок выполняют на 1% больше высоты кольца, для того чтобы кольцо не пригорало. Внутренние углы канавок делают скругленными, для того чтобы избежать вредных напряжений; в соответствии с этим и внутренние углы поршневых колец выполняют также несколько закругленными. Наружные углы у колец также скругляют во избежание соскабливания масла. Глубина канавки должна давать возможность свободного сжатия кольца, почему ее выполняют, в зависимости от диаметра П., на 1—2 *мм* большей по размеру, чем толщина кольца. Сила нажатия кольца на стенку зависит от состава чугуна, зазора в замке в свободном состоянии и от размера самого кольца. Зазор в замке д. б. достаточным для того, чтобы кольцо не зажало в нагретом состоянии. Фиксация поршневых колец обязательна для П. двухтактных двигателей, т. к. стык колец не должен совпадать с местом расположения окон. Для четырехтактных двигателей многие конструкторы считают необязательным фиксировать положение колец, так как несмотря на возможность расположения стыков по одной прямой, при хорошей пригонке и при верном зазоре в стыке поршневые кольца имеют хорошую герметичность и без их фиксирования. При постановке фиксирующего штифта (фиг. 40) в кольце делают полукруглую выемку, в которую входит половина штифта f. Штифт располагают на стороне, обращенной к камере сгорания, для сохранения противоположной боковой поверхности кольца, прижимаемой силой давления газов к телу П. Компрессионные кольца располагают над поршневым пальцем. В нижней части тронкового П. помещают одно или два кольца g (фиг. 40) для соскабливания масла, излишне поступающего на стенки цилиндров благодаря разбрызгиванию кривошипным механизмом. У этих колец верхняя кромка скошена, нижняя кромка острая, т. ч. при движении П. вверх они проходят поверх осевшего масла, при движении вниз снимают со стенок цилиндра излишнее масло, скапливающееся в канавках h и стекающее обратно в кривошипную камеру по сверлениям i. В П. крейцкопфных машин внизу П. располагают кольцо для захватывания масла, поступающего по специальным каналам в нижней части рабочей втулки цилиндра. Захватывающее кольцо a (фиг. 45) скошено так, что оно скользит при нисходящем движении П. и переносит смазку на верхнюю часть поверхности втулки при движении П. вверх, захватывая масло своей верхней гранью. Так как маслораспределительное кольцо a, изображенное на фиг. 45, соприкасается с рабочей втулкой цилиндра, по высоте значительно меньшей высоты нормального поршневого кольца, то для получения нормального давления на поверхность втулки цилиндра оно выполнено меньшей толщины и соответственно меньшей упругой жесткости. Для примера на фиг. 45 даны размеры кольца П. для цилиндра диам. 740 *мм* (кольцо a—маслораспределительное, b—нормальное поршневое).



Фиг. 45.

Система охлаждения поршней. Для принудительного охлаждения П. применяют гл. обр. пресную или морскую воду или масло. Подвод охлаждающей жидкости осуществляется при помощи телескопич. труб или при помощи труб с шарнирными соединениями. Т. к. трудно достигнуть

полной герметичности шарнирных соединений, то эта система применяется только для подачи масла; просачиваясь через неплотности шарнира, вода омывала бы масло в кривошипной камере. Уплотнение телескопических труб м. б. выполнено достаточно надежно, поэтому систему телескопич. труб применяют как при охлаждении водой, так и при охлаждении маслом. В четырехтактных двигателях воду подводят к П. по двум телескопическим трубам. К П. (фиг. 46)

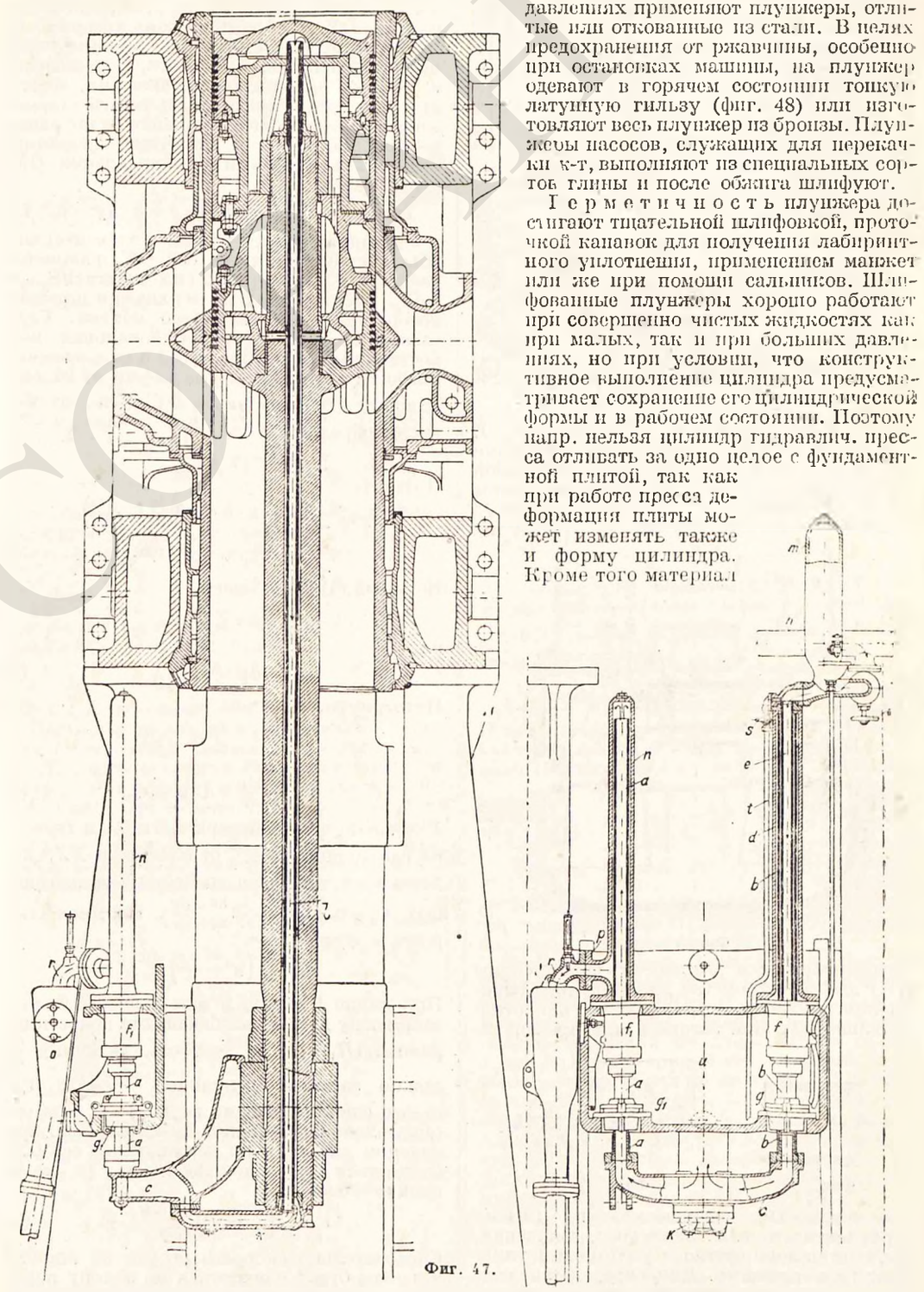


Фиг. 46.

присоединяют две трубы b и c, к-рые входят в две трубы d и e, укрепленные на станине двигателя, из к-рых одна труба соединяется с подающим, другая с отводящим трубопроводом. Герметичность соединения подвижных труб b и c по отношению неподвижных труб d и e достигается помощью сальника. Сальник имеет кожаные манжеты f, к-рые отворотами, направленными книзу, плотно охватывают подвижную трубу. Бронзовые кольца g, форма к-рых соответствует форме манжет, служат для поддержания последних, давая манжетам и трубе возможность иметь неизбежные небольшие боковые перемещения. Над тремя нижними манжетами, уплотняющими водяное пространство подводящего трубопровода, имеется пространство, наполненное маслом, поступающим по маслопроводу, присоединенному к патрубку h; над этим пространством помещается четвертая манжета, над к-рой имеется полость i, из которой просачивающаяся вода отводится через каналы k, находящиеся в корпусе сальника. Верхняя кожаная манжета, так же как и пространство l, задерживает брызги воды, которые не должны попадать на втулку цилиндра. Из пространства l проникнувшая в него вода может стекать по каналам m в полость i. Материалом для сальника, учитывая применение воды (часто морской), служит бронза; трубы выполняют из тянутой латуни или нержавеющей стали. Сборка и выверка телескопич. труб и сальников д. б. тщательно проведены, с тем чтобы движение было строго вертикально и не происходило боковых перемещений. Так как последнее требование трудно полностью осуществить, то конструкция манжет f и нажимных колец g предусматривает возможность некоторых боковых перемещений. При движении труб они оказывают действие поршневого насоса, и поэтому для предотвращения ударного протекания воды необходимо предусмотреть воздушные колпаки. Скорость воды, движущейся по телескопическим трубам, не должна превышать 2,5 *м/сек*. Количество воды, идущей на охлаждение поршня, составляет ок. 40% общего количества охлаждающей воды, идущей для всего двигателя.

В двухтактных двигателях двойного действия подвод и отвод воды представляют большие затруднения, т. к. нельзя присоединить трубы непосредственно к краю П. и воду приходится подводить по каналу, высверленному в теле поршневого штока. Телескопич. трубы a и b в этой конструкции (фиг. 47) соединены с полой траверсой c. При ходе П. вниз эти трубы выходят в кривошипную камеру, насыщенную масляным туманом, причем масло оседает на внешних поверхностях труб a и b и при последующем ходе П. вверх осевшее масло будет соприкасаться с поступающей водой и уноситься последней на стенки П., где масло будет отлагаться, что значительно ухудшит теплопередачу. Для того чтобы не допустить соприкосновения покрытых маслом поверхностей трубок a и b с водой, предусмотрено следующее предохранительное приспособление. Неподвижная внешняя труба d имеет внутри также неподвижную трубу e; в кольцевое пространство между трубами d и e входит труба b. На нижнем конце трубки e имеются уплотняющие эбонитовые кольца. Т. о. вода из трубки e поступает в трубку b, не соприкасаясь с ее масляной внешней поверхностью. Система имеет четыре сальника f, f_1 и g, g_1, из которых первые (f и f_1) служат для уплотнения подвижных труб a и b относительно охлаждающей воды, а вторые (g и g_1) уплотняют эти трубы относительно масляного тумана, заполняющего кривошипную камеру. Обе эти группы сальников обычно выполняют с кожаными манжетами. Вода из напорного трубопровода h через вентиль i, регулирующий количество воды, поступает в неподвижную трубку e, затем в трубку b и по каналам траверсы c и детали k поступает в кольцевое пространство, образованное сверлением в поршневом штоке и вставленной в него трубкой l. Воздушный колпак m должен обеспечивать поступление воды без толчков. При обратном движении вода по трубке l по второму каналу детали k поступает в отводящую подвижную телескопич. трубку a, из к-рой направляется в неподвижную трубку n и в сливную воронку o. Вода из системы м. б. удалена путем продувки; для этого присоединяют к фланцу p трубопровод, подводящий сжатый воздух, и выдувают всю воду из поршня в направлении, обратном ее нормальному движению. Для присоединения к фланцу p трубопровода сжатого воздуха необходимо удалить

сливное колено r. Выдуваемая из системы вода при продувке вытекает через кран s по спускной трубе t в особый сборник.



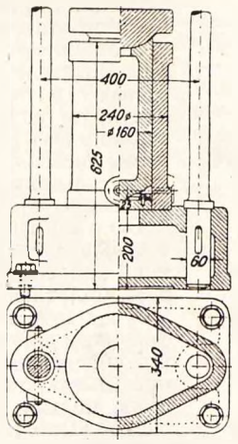
Фиг. 47.

П. паровых машин и насосов.

Плунжер. П. насосов, компрессоров, гидравлич. прессов и подъемников часто выполняют в форме плунжеров с гладкими цилиндрическими поверхностями. Материалом для изготовления плунжеров при небольших давлениях служит чугун, при больших давлениях применяют плунжеры, отлитые или откованные из стали. В целях предохранения от ржавчины, особенно при остановках машины, на плунжер одевают в горячем состоянии тонкую латунную гильзу (фиг. 48) или изготовляют весь плунжер из бронзы. Плунжеры насосов, служащих для перекачки к-т, выполняют из специальных сортов глины и после обжига шлифуют.

Герметичность плунжера достигают тщательной шлифовкой, проточкой канавок для получения лабиринтного уплотнения, применением манжет или же при помощи сальников. Шлифованные плунжеры хорошо работают при совершенно чистых жидкостях как при малых, так и при больших давлениях, но при условии, что конструктивное выполнение цилиндра предусматривает сохранение его цилиндрической формы и в рабочем состоянии. Поэтому напр. нельзя цилиндр гидравлич. пресса отливать за одно целое с фундаментной плитой, так как при работе пресса деформация плиты может изменять также и форму цилиндра. Кроме того материал для шлифованного плунжера необходимо подбирать так. образом, чтобы тепловые деформации плунжера и цилиндра были соответственно равны. Фиг. 49 дает изображе-

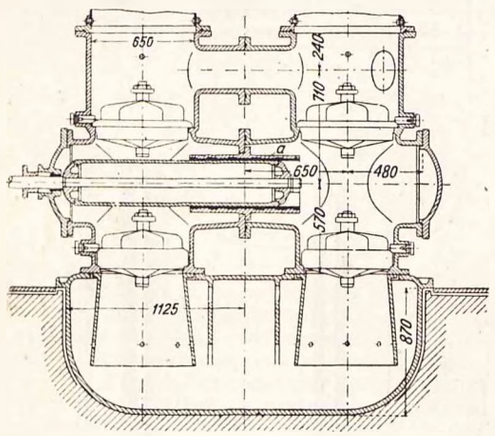
ние правильной конструкции цилиндра гидравлич. пресса с прошлифованным плунжером. Для насосов двойного действия при небольших давлениях (~ 8 *at/m*) достаточная герметичность достигается путем применения заливки баббитом рабочей поверхности втулки *a*, служащей направляющей для плунжера, как это указано на фиг. 50.



Фиг. 48.

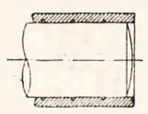
Фиг. 49.

Лабиринтное уплотнение (фиг. 51), выполняемое в форме небольших кольцевых проточек. В случае, если между плунжером и стенками цилиндра имеется относительно небольшой зазор и просачивание жидкости через этот зазор происходит по закону ламинарного движения, при котором отдельные струйки

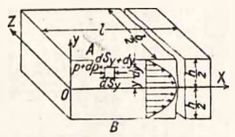


Фиг. 50.

просачивающейся жидкости параллельны друг другу, устройство лабиринтного уплотнения ухудшает герметичность; при относительно большом зазоре и при просачивании жидкости, совершаемом по закону турбулентного, т. е. вихревого, движения, устройство лабиринтного уплотнения улучшает герметичность. Для определения скорости и количества просачиваемой жидкости в зависимости от разности давлений и величины зазора рассмотрим движение жидкости между двумя параллельными поверхностями *A* и *B* (фиг. 52), расположенными на



Фиг. 51.



Фиг. 52.

расстоянии h и находящимися в покое относительно друг друга. Считая направление потока совпадающим с осью OX, выделим элементарный объем $dx \cdot dy \cdot b$ на расстоянии y от оси OX, где b есть ширина поверхности A. На переднюю сторону выделенного элементарного объема жидкости, обращенную в сторону направления движения, действует давление, равное p; на задней стороне элементарного объема давление будет равно $p+dp$. Поэтому сила, движущая элементарный объем жидкости в направлении OX, будет равна

$$(p + dp) \cdot dy \cdot b - p \cdot dy \cdot b = b \cdot dy \cdot dp. \quad (1)$$

Указанная сила, движущая элементарный объем по направлению оси OX, равняется разности элементарных сил сдвига $dS_{y+dy} - dS_y$, действующих на верхнюю и нижнюю поверхности элементарного объема. Сила сдвига S, прямо пропорциональная вязкости η, зависит от площади f и от изменения скорости v струек в зависимости от их расстояния y от плоскости ZX, т. е. от $\frac{dv}{dy}$; таким образом

$$S = \eta \cdot f \cdot \frac{dv}{dy}.$$

Поэтому

$$dS_{y+dy} - dS_y = \eta \cdot b \cdot dx \left(\frac{dv}{dy} + \frac{d^2v}{dy^2}\right) = \eta \cdot b \cdot dx \frac{dv}{dy} + \eta \cdot b \cdot dx \frac{d^2v}{dy^2}. \quad (2)$$

Из ур-ий (1) и (2) имеем

$$b \cdot dy \cdot dp = \eta \cdot b \cdot dx \frac{d^2v}{dy^2}$$

или

$$\frac{dy}{dx} \cdot dp = \eta \cdot \frac{d^2v}{dy^2}. \quad (3)$$

Интегрируя, получим

$$\frac{dv}{dy} = \frac{y}{\eta} \frac{dp}{dx} + C_1$$

и

$$v = \frac{y^2}{2\eta} \frac{dp}{dx} + C_1 y + C_2. \quad (4)$$

Учитывая, что на поверхностях A и B, т. е. на расстоянии $y = \pm \frac{h}{2}$ от плоскости XZ, скорость $v = 0$, получаем значения для постоянных $C_1 = 0$ и $C_2 = -\frac{h^2}{8\eta} \cdot \frac{dp}{dx}$. Поэтому скорость v будет:

$$v = \frac{1}{2\eta} \left(y^2 - \frac{h^2}{4}\right) \frac{dp}{dx}.$$

При длине l зазора и при разности давлений между двумя разобщенными полостями, равной $(H_1 - H_2)$ *м* вод. ст., величину $\frac{dp}{dx}$ можно заменить величиной $\frac{H_1 - H_2}{l} \cdot \gamma$, где γ—вес единицы объема воды. Т. к. при отрицательном изменении давления, т. е. при падении давления по направлению оси OX, скорость v д. б. положительна, то имеем окончательно

$$v = \frac{1}{2\eta} \left(\frac{h^2}{4} - y^2\right) \frac{H_1 - H_2}{l} \cdot \gamma. \quad (5)$$

Следовательно скорость струек по ширине y зазора будет изменяться по закону параболы и максимальная скорость будет иметь место при $y = 0$, т. е. по середине зазора, и будет

$$v_{max} = \frac{1}{2\eta} \cdot \frac{h^2}{4} \cdot \frac{H_1 - H_2}{l} \cdot \gamma.$$

Средняя скорость движения жидкости при ламинарном потоке будет равняться

$$v_{ср.} = \frac{2}{3} v_{max} = \frac{h^2}{12\eta} \cdot \frac{H_1 - H_2}{l} \cdot \gamma.$$

Если величина просвета h и длина l зазора выражены в *см*, избыточное давление равно p *at/m*, то скорость

$$v_{max} = \frac{100\,h^2}{8\eta} \cdot \frac{p}{l} = 12{,}5 \frac{h^2}{\eta} \cdot \frac{p}{l}\ м/сек$$

и

$$v_{ср.} = 8{,}33 \frac{h^2}{\eta} \cdot \frac{p}{l}\ м/сек. \quad (6)$$

Количество жидкости q, просачивающейся через зазор в 1 ск., будет

$$q = \frac{v_{ср.} \cdot b \cdot h}{10}\ л/сек,$$

где b выражено в *см*;

следовательно

$$q = \frac{0{,}833 h^3 bp}{\eta l}\ л/сек. \quad (7)$$

При турбулентности движения просачивающейся жидкости, что имеет место при большой величине зазора h, потеря давления $H_1 - H_2$ пропорциональна квадрату средней скорости потока и м. б. выражена

$$H_1 - H_2 = \zeta \cdot \frac{2}{h} \cdot \frac{v_{ср.}^2}{2g}\ м,$$

где g *м/сек*^{2}—ускорение силы тяжести и ζ—опытный коэф-т. Следовательно при турбулентном движении скорость

$$v_{ср.} = \sqrt{10 \cdot \frac{h \cdot g \cdot p}{\zeta \cdot \gamma \cdot l}} = 9{,}9 \sqrt{\frac{h \cdot p}{\zeta \cdot \gamma \cdot l}}\ м/сек, \quad (8)$$

где γ—вес 1 *дм*^{3} воды. Уд. расход просачивающейся жидкости будет

$$q = \frac{b \cdot h \cdot v_{ср.}}{10}\ л/сек, \quad (9)$$

где b и h выражены в *см*, $v_{ср.}$ — в *м/сек*.

Значение величины коэфициента ζ зависит от величины зазора и для движущихся П. согласно опытам Беккера можно принять $\zeta = 0{,}0194$ при $h = 0{,}15 \div 0{,}2$ *мм* и $n = 0 \div 1\,500$ об/м. По опытам Юста при $h = 0.36$ *мм* и при $n = 750 \div 1\,100$ об/м. $\zeta = 0{,}015 \div 0{,}02$. Для случая просачивания жидкости через зазор между неподвижными поверхностями были найдены следующие значения коэф-та ζ.

h в *мм*	Значение коэф-та ζ по опытам	
	К. Юста	Е. Беккера
0,15—0,2	0.019	0.01
0.36	0.012	—
0,4	—	0,0095
0.5	0,013	—
0.6	—	0.009
1.0	0.01	—

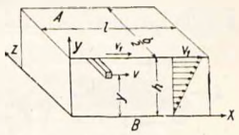
Критич. скорость $v_{кр.}$, при к-рой ламинарное движение перейдет в движение турбулентное, м. б. определена из равенства выражений для избыточного давления p согласно ур-ниям (6) и (8):

$$p = \frac{\eta \cdot l}{8{,}33 h^2} v_{ср.} = \frac{v_{ср.}^2 \cdot \zeta \cdot l \cdot \gamma}{9{,}9^2 \cdot h},$$

откуда

$$v_{ср.} = v_{кр.} = 11{,}8 \frac{\eta}{\zeta \cdot \gamma \cdot h}. \quad (10)$$

Изложенное относится к случаю просачивания жидкости через зазор между двумя неподвижными поверхностями, если же имеет место еще и движение П. вдоль его оси, то вызываемая этим движением скорость просачивания складывается со скоростью просачивания под действием разности давлений. Под действием скольжения плоскости A относительно плоскости B (фиг. 53), при скорости v_1 скольжения плоскости A, не превышающей критическую, возникнет движение жидкости со скоростями v, находящимися в зависимости от расстояния y движущейся частицы жидкости от плоскости B. Закон изменения скорости в этом случае при отсутствии избыточного давления $\left(\frac{dp}{dx} = 0\right)$ мы найдем, интегрируя ур-ие (3):



Фиг. 53.

$$\frac{dp}{dx} dy = 0 = \eta \frac{d^2v}{dy^2};$$

следовательно

$$\eta \frac{dv}{dy} + C_1 = 0,$$

$$\eta v + C_1 y + C_2 = 0. \quad (11)$$

При $y = 0$, скорость $v = 0$; при $y = h$, скорость $v = v_1$; подставляя эти величины в ур-ие (11), получим:

$$\eta \cdot 0 + C_1 \cdot 0 + C_2 = 0;\ C_2 = 0;$$

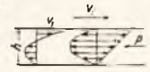
$$\eta \cdot v_1 + C_1 \cdot h = 0;\ C_1 = -\frac{\eta \cdot v_1}{h};$$

$$v = v_1 \frac{y}{h},$$
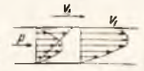
т. е. изменение скорости струек будет подчинено закону прямой линии. Средняя скорость $v_{ср.} = \frac{v_1}{2}$ и секундный расход просачивающейся жидкости будет

$$q_1 = \frac{f_1 \cdot v_1}{10 \cdot 2} = \frac{b \cdot h \cdot v_1}{20}\ м/сек. \quad (12)$$

В том случае, когда имеет место и разность давлений по обе стороны П. и движение самого П., вызываемые скорости движения просачивающейся жидкости будут складываться, если движение П. направлено в сторону падения давления (фиг. 54), или вычитаться, если движение П. направлено в сторону большего давления (фиг. 55).



Фиг. 54.

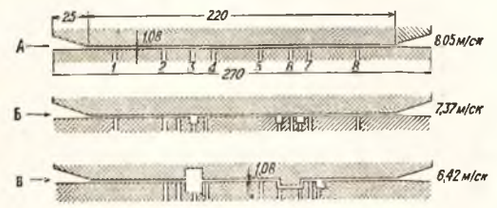


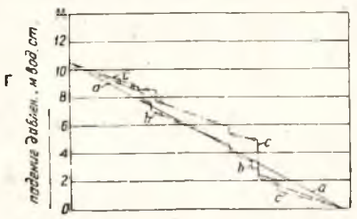
Фиг. 55.

Наиболее точные опыты с зазорами, по к-рым происходило турбулентное движение, были произведены Юстом. Как показали его исследования, при гладких поверхностях падение давления по длине зазора происходит по закону прямой линии *aa* (фиг. 56, Г). Измерение давления производилось в восьми местах *1*, *2*, ..., *8* (фиг. 56, А), скорость, с к-рой жидкость вытекала из зазора, равнялась 8,05 *м/сек*. После того как были сделаны три прямоугольные заточки (фиг. 56, Б), уплотнение улучшилось и падение давления происходило по линии *bb* (фиг. 56, Г); скорость, с к-рой жидкость вытекала из зазора, при прочих равных условиях уменьшилась до 7,37 *м/сек*. При заточках по фиг. 56, В падение давления пошло по линии *cc* и уменьшило скорость вытекающей через зазор жидкости до 6,42 *м/сек*. В этих опытах избыточное давление равнялось 10 *м* вод. ст., ширина зазора была взята в 1,08 *мм*. Как это следует из приведенного опыта, при турбу-

лентном движении заточки увеличивают плотность; края заточек необходимо выполнять острыми.

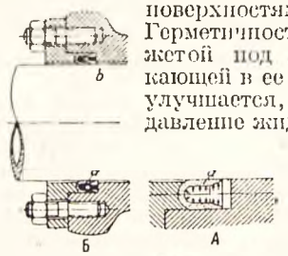
Уплотнение манжетами дает хорошие результаты и для больших давле-



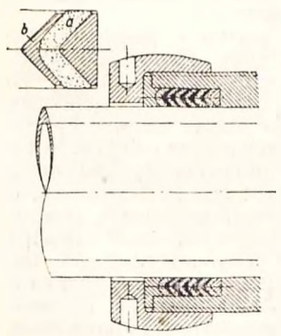


Фиг. 56.

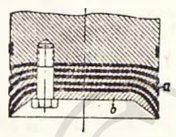
ний. При холодной жидкости применяют кожаные манжеты. Простая конструкция уплотнения при помощи **U**-образной кожаной манжеты дана на фиг. 57,А. Форма манжеты обеспечивает ее плотное прилегание к поверхностям П. и цилиндра. Герметичность уплотнения манжетой под давлением проникающей в ее полость жидкости улучшается, т. к. чем больше давление жидкости, с тем большей силой манжета будет прижата к поверхностям П. и цилиндра. Для того чтобы манжета при работе не смялась, иногда применяют кожаную манжету *a* вместе с кольцом *b* (фиг. 57,Б). При давлениях больше 50 *atm* необходимо применять две или большее количество манжет, причем сечению манжет придают форму уголка и между кожаными манжетами *a* прокладывают опорные латунные кольца *b* (фиг. 58). Уплотнение П. гидравлич. пресса, рассчитанного на рабочее давление в 5 600 *atm*, составленное из ряда кожаных манжет *a* и опорных шайб *b*, показано на фиг. 59.



Фиг. 57.

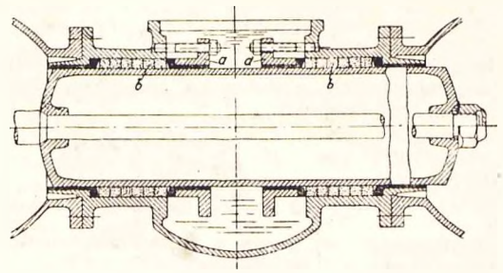


Фиг. 58.



Фиг. 59.

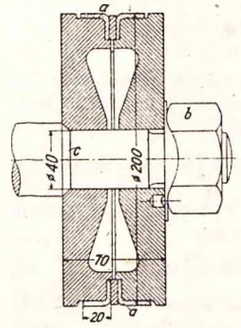
Уплотнение с мягкой или металлической набивкой при выполнении поршня в виде плунжера изображено ниже на фиг. 60, где дана конструкция плунжера насоса с уплотнением, осуществленным с помощью двух сальни-



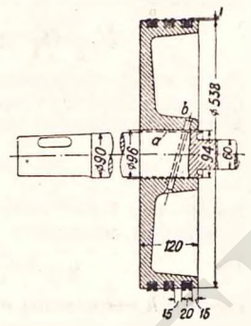
Фиг. 60.

ков *a*. В качестве набивки *b* м. б. применены хл.-бум. пряжа или металлич. кольца.

Дисковые П. находят широкое применение для насосов, компрессоров и паровых машин. Уплотнение дисковых насосных П. чаще всего осуществляют кожаными манжетами *a*, как это изображено на фиг. 61. Для паровых машин дисковые П. применяют исключительно с уплотнением поршневыми

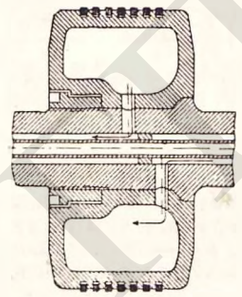


Фиг. 61.

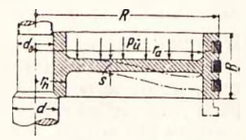


Фиг. 62.

кольцами. В качестве примера такого П. на фиг. 62 дана конструкция паровозного П. для рабочего давления в 12 *atm*; П. прессован из стали и снабжен тремя поршневыми кольцами с масляными канавками. Соединение П. с поршневым штоком осуществляется с помощью гайки *b* и центрирующего конуса *c* (фиг. 61). Крепление паровозного поршня (фиг. 62) выполнено с помощью конич. резьбы *a* и наклонно поставленного и раскленанного штифта *b*. Дисковые П. выполняются одно-дисковыми (фиг. 62) или с двойными стенками



Фиг. 63.



Фиг. 64.

для охлаждения водою (фиг. 63). Одно-дисковые П. преимущественно выполняют прессованными или литыми из стали; они пригодны для машин, работающих с относительно большой средней скоростью движения П.

Толщина стенок дискового П. может быть определена из следующих соображений. П., имеющий только одну стенку, выполнен-

ную в виде плоского диска, после деформации под действием силы давления примет форму, изображенную на фиг. 64 пунктиром. Наиболее сильное напряжение будет у втулки поршневого штока. Сила, действующая на плоскую стенку П., состоит из двух сил: 1) равномерно распределенной силы избыточного давления $p_и$, действующей на кольцевую поверхность $\pi(r_a - r_n)$ плоской стенки П., и 2) силы избыточного давления $p_и$, действующей на торец цилиндрич. части П., к-рая будет равна $P = \pi (R^2 - r_a^2) \cdot p_и$. Каждая из этих сил вызовет соответственно следующие максимальные радиально направленные напряжения плоской стенки П. в месте расположения его втулки:

$$\sigma_1 = \pm \frac{3}{4} \left| 3 - \left(\frac{r_n}{r_a}\right)^2 - \frac{4 \ln \frac{r_a}{r_n}}{1 - \left(\frac{r_n}{r_a}\right)^2} \right| \cdot \frac{p_и \cdot r_a^2}{s^2} = \pm \varphi_1 \cdot p_и \cdot \frac{r_a^2}{s^2}, \quad (13)$$

и

$$\sigma_2 = \pm \frac{3}{2\pi} \left[\frac{2 \ln \frac{r_a}{r_n}}{1 - \left(\frac{r_n}{r_a}\right)^2} - 1 \right] \cdot \frac{P}{s^2} = \pm \varphi_2 \frac{P}{s^2}, \quad (14)$$

где s—толщина диска, а коэф-ты φ_1 и φ_2 зависят исключительно от отношения $r_n : r_a$. Суммарное напряжение $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$. Значения φ_1 и φ_2 для различных отношений $r_n : r_a$ следующие:

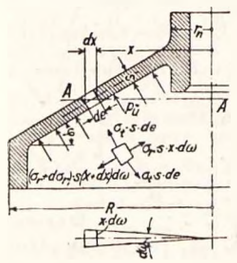
$r_n : r_a$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
φ_1 . .	4,73	2,805	1,79	1,154	0,712	0,412	0,268	0,12	0,015
φ_2 . .	1,75	1,125	0,79	0,565	0,407	0,282	0,194	0,115	0,047

Из ур-ий (13) и (14) следует, что

$$s = \sqrt{\frac{\varphi_1 \cdot p_и \cdot r_a^2 + \varphi_2 P}{k}}, \quad (15)$$

где k—допускаемое напряжение. Для чугунного литья $k \cong 250$ *кг/см²*, для стального литья $k \cong 600$ *кг/см²*, для паровозных кованых из стали П. $k \leqslant 2\,000$ *кг/см²*. Наружный диаметр втулки берут равным 1,6 внутреннего диаметра, толщину цилиндрич. части берут равной 0,8 s.

При расчете П., имеющих конич. форму (фиг. 65), максимальное напряжение определяем из следующих соображений. Из конич. тела П. выделим на расстоянии x от его оси элементарный объем, ограниченный двумя меридианными плоскостями под углом $d\omega$ и двумя концентрич. кольцевыми поверхностями, отстоящими одна от другой по направлению образующей конуса на расстояние de. Рабочее тело будет действовать на выделенный элемент по направлению, перпендикулярному к поверхности конуса, с силой $p_и \cdot de \cdot x \cdot d\omega$. Эта действующая на элементарный объем сила будет уравновешиваться силами напряжения в меридиональных сечениях, равными $\sigma_t \cdot s \cdot de$, и силами напряжения $\sigma_r \cdot s \cdot x \cdot d\omega$ и $(\sigma_r + d\sigma_r) \cdot s \cdot (x + dx) \cdot d\omega$, приложенными к поверхностям выделенного элемента, образованным концентрическими окружностями. Ур-не равновесия сил, действующих по образующей конуса, напишется в следующем виде:



Фиг. 65.

$$(\sigma_r + d\sigma_r) \cdot s \cdot (x + dx) \cdot d\omega - \sigma_r \cdot s \cdot x \cdot d\omega - 2\sigma_t \cdot s \cdot de \cdot \sin \frac{d\omega}{2} \cos \varphi = 0, \quad (16)$$

где φ—угол образующей конуса. Заменяя синусы бесконечно малых дуг самими дугами и пренебрегая бесконечно малыми величинами высших порядков, будем иметь:

$$d(\sigma_r \cdot x) = \sigma_t \cdot de \cdot \cos \varphi = \sigma_t \cdot dx. \quad (17)$$

Ур-не равновесия сил, действующих по направлению, перпендикулярному к образующей конуса, напишется в следующем виде:

$$\pm p_и \cdot de \cdot x \cdot d\omega - 2\sigma_t \cdot s \cdot de \cdot \sin \frac{d\omega}{2} \cdot \sin \varphi = 0, \quad (18)$$

откуда имеем:

$$\pm p_и \cdot x = \sigma_t \cdot s \cdot \sin \varphi. \quad (19)$$

Знаки $\pm$ взяты для П. машин двойного действия, в к-рых направление силы давления, действующей на П., при каждом ходе П. меняется. Из ур-ия (19) следует:

$$\sigma_t = \frac{\pm p_и}{s \cdot \sin \varphi} \cdot x;$$

при $x = R$ напряжение σ_t будет иметь максимальное значение:

$$\sigma_{t\,max} = \frac{\pm p_и \cdot R}{s \cdot \sin \varphi}. \quad (20)$$

Подставляя найденное выражение для σ_t в ур-ие (17), получим

$$d(\sigma_r \cdot x) = \frac{\pm p_и \cdot x}{s \cdot \sin \varphi} \cdot dx.$$

Интегрируя, получим

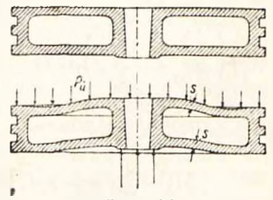
$$\sigma_r \cdot x = \pm \frac{p_и}{s \cdot \sin \varphi} \cdot \frac{x^2}{2} \cdot \frac{R}{x} + C = \pm \frac{p_и}{2s \cdot \sin \varphi} (R^2 - x^2) + C.$$

Т. к. при $x = R$, $\sigma_r = a$, то постоянная $C = 0$; следовательно

$$\sigma_r = \frac{\pm p_и}{2s \cdot \sin \varphi} \cdot \frac{R^2 - x^2}{x},$$

$$\sigma_{r\,max} = \frac{\pm p_и}{2s \cdot \sin \varphi} \cdot \frac{R^2 - r_n^2}{r_n}, \quad (21)$$

т. е. $\sigma_{r\,max}$ имеет место у втулки П. По абсолютной величине $\sigma_{t\,max}$ меньше $\sigma_{r\,max}$. При малых углах φ образующей конуса значения величин напряжения $\sigma_{r\,max}$ и $\sigma_{t\,max}$, полученные по уравнениям (20) и (21), будут велики, поэтому приведенными формулами следует пользоваться при сильной коничности стенки П.



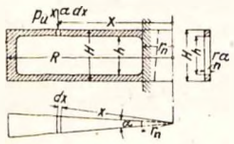
Фиг. 66.

П. с двойными плоскими стенками без ребер (фиг. 66) рассчитывают по тем же формулам, предполагая, что оба диска дна поршня в одинаковой мере воспринимают действующую на дно поршня силу. При этом предположении толщину s_1 каждой из стенок можно

выполнить равной $\frac{1}{\sqrt{2}}s$. При двойных плоских стенках, укрепленных ребрами, дающими хорошую жесткость телу поршня, толщину стенок приближенно можно рассчитывать по ф-ле, дающей выражение толщины для нагруженного диска, зажатого по его окружности, а именно

$$s = \sqrt{\frac{0{,}75 \cdot d^2 \cdot p}{4k_b}} + a, \qquad (22)$$

где p—максимальное давление рабочего тела, k_b—допускаемое напряжение на изгиб, a берется 0,2—0,5 *см*. Райман рекомендует для расчета толщины стенок следующий метод. Выделив кольцевую часть, ограниченную центральным углом α, предположим, что выделенная часть защемлена у втулки и находится под давлением $p_{\ddot{u}}$ *кг/см*². На площадь элемента поверхности выделенного куска П. (фиг. 67) будет действовать сила $p_{\ddot{u}} x\alpha\, dx$, вызывающая в месте соединения дна с поршневой втулкой изгибающий момент


Фиг. 67.

$$dM_b = p_{\ddot{u}} \cdot x \cdot \alpha\, dx\,(x - r_n);$$

интегрируя и пренебрегая бесконечно малыми величинами высшего порядка, будем иметь

$$M_b = p_{\ddot{u}} \cdot \alpha \int_{r_n}^{R} (x^2 - xr_n)\, dx = p_{\ddot{u}} \cdot \alpha \left[\frac{R^3 - r_n^3}{3} - r_n \frac{R^2 - r_n^2}{2}\right] = p_{\ddot{u}} \cdot \alpha \frac{(R - r_n)^2 (2R + r_n)}{6}.$$

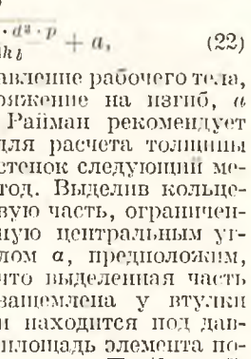
Момент сопротивления

$$W = \frac{1}{6} a \cdot r_n \cdot \frac{H^3 - h^3}{H},$$

следовательно расчетное напряжение на изгиб будет

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} = \frac{p_{\ddot{u}} \cdot H (R - r_n)^2 (2R + r_n)}{r_n (H^3 - h^3)}. \qquad (23)$$

Полученное выражение для σ_b является приближенным. Изыскания Пфлейдерера над П. с двойными днищами, снабженными ребрами, имеющими отверстия a (фиг. 68), привели его к следующему выражению для напряжения, имеющего место на внутреннем крае отверстия ребра:


Фиг. 68.

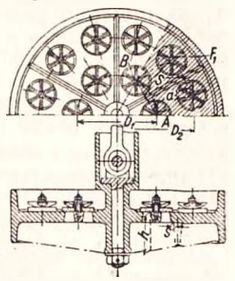
$$\sigma = \frac{M_b}{I} \cdot \frac{H}{2} + \frac{A l_1}{4} \left(\frac{1}{F \cdot c} + \frac{c - \frac{w}{2}}{I'}\right), \qquad (24)$$

где w—высота отверстия в ребре; изгибающий момент M_b при числе ребер i равен

$$M_b = \frac{\pi}{3i} (R - x)^2 \cdot (2R + x) \cdot p_{\ddot{u}};$$

I *см*⁴—момент инерции сечения, проведенного через середину отверстия ребра вырезанной части mOn П., $A = \frac{\pi}{i}(R^2 - v^2) \cdot p_{\ddot{u}}$—поперечная сила, действующая в этом сечении, I'*см*⁴—момент инерции двутаврового сечения сектора nOm П. цилиндрич. поверхностью радиуса v (фиг. 68, Б), F *см*²—площадь этого сечения, $2c$—расстояние между центрами тяжести верхней и нижней частей этого сечения.

Для дисковых П. с отверстиями для клапанов (фиг. 69) обычно опасным сечением является наиболее узкое сечение по линии AB между клапанными отверстиями вблизи поршневой втулки. Каждое из ребер, укрепляющих П., должно быть достаточно прочным для восприятия всей силы от давления $p_{\ddot{u}}$ *atm*, действующего на площадь F_1 (на фиг. 69 площадь F_1 заштрихована). Необходимый момент сопротивления сечения ребра дается ф-лой


Фиг. 69.

$$W = \frac{F_1 \cdot p_{\ddot{u}} \cdot a}{k_b},$$

где a—расстояние до ц. т. площади F_1; при ширине s ребра, его высота h определится из выражения

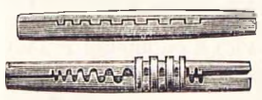
$$h^2 = \frac{6F_1 \cdot p_{\ddot{u}} \cdot a}{s \cdot k_b}. \qquad (25)$$

Лит.: Шаров М. В. и Меркурьев П. Е., Тепловая обработка сплава алюминия с 12% меди и тепловая обработка сплава V, «Труды авто-тракторного ин-та», М., 1931, вып. 14; Шаров М. В. и Маурах А. А., Сравнительные испытания магниевых поршневых сплавов, там же; Самородов Б., Современная механическая технология в автомобильном и тракторном производстве, М.—Л., 1930; Хрущов М. М., Авиамоторостроение, ч. 1, М.—Л., 1931; Косовский, «Литейное дело», Москва, 1931, 3; Рыбарж, там же, 1930, 1; Минкевич П., Сталь и стальные полуфабрикаты, М.—Л., 1930; его же, Сталь, стальные и чугунные полуфабрикаты, М.—Л., 1930; Ассонов А., Термическая обработка деталей в автостроении, М.—Л., 1930; Клименко Л., «Техника воздушного флота», 1928, 1; Гюльднер Г., Двигатели внутреннего сгорания, пер. с нем., М., 1928; Спицын В. В., Бескомпрессорные дизели, Киев, 1928; Бриллинг Н. Р., Двигатели внутреннего сгорания, 2 изд., М.—Л., 1927; Геллер А., Курс автомобилей, пер. с нем., т. 1, М.—Л., 1930; Феппель О. и др., Быстроходные дизели, М., 1927; Клименко Л. В., Проектирование быстроходных двигателей автомобильного типа, Л., 1930; Львов Е. Д., Тракторы, М.—Л., 1931; Чудаков Е. А., О дефектах в поршнях авиационных двигателей, «Техника воздушного флота», М., 1928, 3, 4; Rötscher H., Die Maschinenelemente, B. 1—2, B., 1927—29; Ricardo H. R., Schnellaufende Verbrennungsmaschinen, Berlin, 1926; Sass F., Kompressorlose Dieselmaschinen, B., 1929; Stern, «Motorwagen», 1926, 21; Stern, «Automobiltechnische Zeitschrift», 1931, 4, 8; Riedl C., Konstruktion u. Berechnung moderner Automobil- u. Kraftradmotoren, B., 1931; Becker G., Vervollkommnung d. Kraftfahrzeugmotoren durch Leichtmetallkolben, München, 1922; Becker G., Leichtmetallkolben, B., 1929; Ricardo H. R., The Internal Combustion Engine, v. 2—High-Speed Engines, L., 1923; Dubois R. N., AC Studies Heat Effects on Aluminium Alloy Pistons, «Automobile Industries», Philadelphia, 1929; Aluminium Alloy Pistons, «The Automobile Engineer», London, 1931, 9; Pannel E., The Development of Light-Alloy Pistons, «Proceedings of the Institution of Automobile Engineers», Session 1930—1931, L.: Körner K., Der Bau des Dieselmotors, 2 Aufl., B., 1927. **Б. Шпринк.**

ПОРЯДКОВОЕ ЧИСЛО, см. *Периодический закон*.

ПОСАДКА. При изготовлении кожевенных изделий операция П. применяется для превращения плоского выкроя из кожи в изделие, обладающее объемной формой. В качестве примеров можно привести: изготовление сапожных крюков или вытяжки, к-рая, будучи получена из плоского выкроя при помощи операции П., облегает человеч. ногу плотно в виде цельного куска кожи; изготовление сидений для кавалерийских седел; посаживание или натягивание на связанный хомут покрышки; изготовление всевозможных колпачков, употребляемых в технике. Операция П. состоит для всех видов изделий в следующем: предназначенный для посаживания выкрой размачивают, подстраивают, выравнивая толщину кожи по всей ее поверхности, и натягивают на специальные болванки, ножки или колодки, различные для каждого вида изделий и имеющие их форму. Иногда выкрой натягивают не на болванки, а на самое изделие, как это имеет место в процессе натягивания на хомут покрышки. При работе пользуются различными инструментами, как-то: собачкой, лопаткой (см. *Посадное производство*), клещами, молотком, деревянными гладилками, а также гвоздями, прибивая последними к колодке края кожи. Для лучшего прилегания кожи в колодке ее иногда подсаливают различными клейкими веществами — салом, клейстером. Когда кожа ровно и плотно без морщин обляжет колодку, посаженное изделие ставят сушить, иногда на колодке, а иногда сняв с колодки (вытяжка). По высыхании изделие сохраняет полученную им при помощи П. форму. Способность посаживаться, т. е. принимать форму колодки, а по высыхании сохранять принятую форму, принадлежит преимущественно кожам растительного дубления. Кожи хромовых и других видов дубления или совсем не посаживаются или посаживаются весьма трудно, только при особых условиях. В настоящее время для посаживания пользуются во многих случаях прессами и штампами, которые выдавливают из кожи необходимую форму. Операция П. в посадном производстве при изготовлении вытяжки и других тянутых изделий для верха обуви имеет первенствующее значение.

В сыромятно-раскройном деле П. называется вытягивание ремней в длину за счет уменьшения их в поперечном направлении.



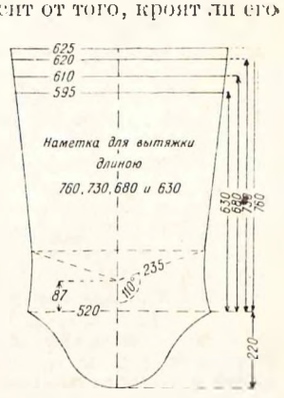
П. ремней производится при помощи инструмента—посадника (фиг.). Ремень надевается прорезанным в конце его отверстием на вбитый в стену крючок. Рабочий вкладывает ремень в выемку нижней планки посадника и накрывает верхней планкой, так что ремень оказывается крепко зажатым между планками. Затем рабочий начинает его тянуть с силой вниз—ремень удлиняется и принимает ширину выреза посадника. Операция повторяется несколько раз, причем всякий раз ремень вкладывается в вырез меньшей ширины. Последний вырез, через который пропускается ремень, имеет ширину готового ремня, а первый—ширину, несколько меньшую ширины выкроенного ремня. Ремень посаживается обычно в пределах 20—40% первоначальной ширины выкроя. П. достигается большая прочность разрыва на 1 *мм* поперечного сечения и удлинение в продольном направлении.

При консервировании сырья сушкой П. называется расправка и легкое вытягивание шкуры в поперечном направлении перпендикулярно к шесту, на к-рый развешивается шкура по хребту.

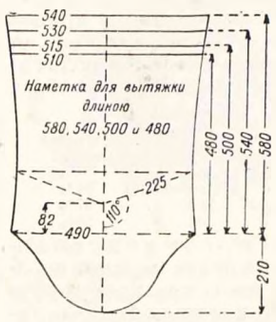
Лит.: Бебешины В. и И., Посадное производство, М., 1928; Бебешин и В. А., Как сделать упряжь, М.—Л., 1930 (указана литература); Сычев В. В., Выделка сыромяти и сыромятный раскрой, Москва, 1930. **В. Бебешин.**

ПОСАДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, яловочное, занимается раскроем яловочного мостовья и превращением полученных выкроев в посадные изделия. В настоящее время вырабатываются следующие основные виды посадных изделий: вытяжка для шахтного, рыбацкого, болотного и др. сапог, голенища и передка (полуборты) для прикройных сапог. Производство имеет два основных цеха—раскройный и производственный. Дальнейшее дробление цехов зависит от размеров и механизации предприятия.

В раскройном цехе производится подготовка мостовья к раскрою, раскрой его и сортировка полученных выкроев с соответствующим учетом. Метод подготовки мостовья к раскрою зависит от того, кроят ли его в сухом виде или в мокром состоянии. В первом случае принятые в раскройную кожи отволаживаются водою, разминаются на беляках или тянульной машине и двоятся (спиливаются на шпальт-машине). Во втором случае мокрое мостовье (прямо из производства) двоится на ленточной *двоильной машине* (см.) и платируется на платировочных машинах. Раскрой сухого мостовья и распиливание его на шпальт-машине свойственны мелким предприятиям; крупные же фабрики кроят теперь мостовье в мокром виде. Для раскроя мостовья необходимо иметь шаблоны-наметки. Основные виды этих наметок следующие: наметка для вытяжки длиною 76, 73, 68 и 63 *см* (фиг. 1), наметка для вытяжки длиною 58, 54, 50 и 49 *см* (фиг. 2), наметка для голенищ (фиг. 3), наметка для полубортов (фиг. 4), наметка для головок (фиг. 5). Наметки изготовляются или из кожи или из фанеры. Прежде чем приступить к раскрою, т. е. расчерчиванию кож по наметкам, закройщик отмечает карандашом (чернильным) на лицевой поверхности кожи все пороки, видные только с бахтармы: подрези, подбоины, выхваты, полузаросшие свищи и т. п.



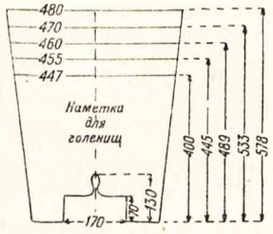
Фиг. 1.



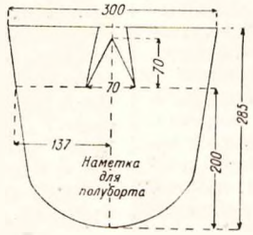
Фиг. 2.

Существует несколько методов раскроя яловочного мостовья: 1) кройка в носок, когда наметки на вытяжку располагаются с той

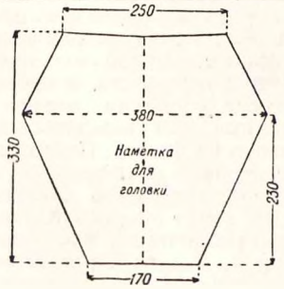
и другой стороны хребта, стыкаясь носками вместе (фиг. 6); 2) кройка через соколок (хребет), когда наметки на вытяжку кладутся так, что одна заходит за другую через хребет (фиг. 7); 3) смешанная кройка на вытяжку простую болотную и голенища; 4) кройка на



Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

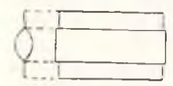
мелочь—головку, переда, башмак (фиг. 8); 5) кройка на голенища и переда. Труд в раскройном цехе организован так, что расчерчивают кожу по наметкам одни рабочие—наметчики, а разрезают по намеченному другие—резчики. После раскроя все выкрои сортируются по размерам и качеству, а лоскут, получающийся от раскроя,—по величине кусков на крупный, средний и мелкий. Выкрои для вытяжки и голенищ раскладывают по длине, выраженной в *см*, выкрои для мелочи сортируются по размерам на крупные, средние, недомерок и детские. При учете за учетную единицу принимается выкрой для 50—53-*см* вытяжки, на который по таблице коэф-тов и переводятся все другие выкрои. В среднем из 1 000 *кг* мостовья получается:

Сорт	Учетных единиц	Лоскута
I	600 пар	27%
II	540 »	34%
III	512 »	37%
Брак	485 »	39%

На крупных ф-ках производственный цех дробится на более мелкие: подготовительный цех, где крой подготовляется к отделке, вытяжной, красильно-жировальный, нарезной, лощильный, отделочный, сушильный, сортировочный. В подготовительном цехе на ф-ках происходит еще додубливание кроя в барабанах в тех случаях, когда выпускаемое с з-дов мостовье имеет почти всегда нек-рый недодуб, в особенности в огузковой части. Поступивший в производство крой сначала сортируется для двоения на ленточной машине. Отбираются те выкрои, к-рые имеют маклаки, хребет, рыхлые места и не могут итти в машину по своей структуре. Их направляют прямо на строгальные машины. Перед двоением крой, если он подсох, отволаживается. После двоения выкрои поступают на строгальные машины, где они несколько подстрагиваются и выравниваются. Выстроганный крой сортируется по дубности. Недодубленные штуки идут в барабан для додубливания, к-рое делается дубильными соками крепостью ок. 3° Bé. Время додубки 10—12 часов. После додубки следует промывка (1 час) в барабане теплой водой 25—30°. Промытый крой поступает в красильный барабан для окраски. Барабанная окраска дает для изделий черную бахтарму, вследствие чего она применяется только для выкроев, предназначенных на простой рабочий сапог. За окраской следует прессовка кроя в гидравлическом прессе; при прессовке удаляется излишняя влага. Отжатый крой жируют в барабане смесью ворвани, дегтя и животного сала, после чего он по транспортеру направляется в отделочные цехи.

Отдельные процессы следуют в таком порядке. 1) Подготовленный крой, выстроганный и прожированный, платируется, т. е. разглаживается по всем направлениям. Это м. б. сделано вручную на цинковом столе собачкой, циклей или платировочной разводной машиной для кроя. 2) Подкройка, т. е. обрезка излишков кожи, вырезывание язычков и мест для резины у полубортов и башмаков. 3) Подсаливание и посаживание на ножки. Вытяжка как сапожная, так и башмачная, а также головка посаживаются

вручную. Полуборты посаживаются на особой машине. 4) Сушка при $t°$ 35°. 5) Подкраска или окрашивание щетками, если не было барабанного крашения. 6) Проминка на остром беляке. 7) Зачищение пороков лица подчисткой (фиг. 9); иногда это делается после, во время лощения. 8) 2-я жировка на бахтарме, ручная, смесью дегтя и ворвани. 9) Лощение на ножках под надрезку. Лощение состоит в окончательном разглаживании всех морщинок и придании изделию ровности и гладкости. Оно делается собачкой и стеклом. 10) Нарезка мерен на ручной или приводной машине. 11) 3-я жировка по лицу дегтем (легкая, для увеличения черноты окраски). 12) Подъем мерен—катка пробковой доской. 13) Правка на ножках по бахтарме. Крюк надевается на ножку бахтармой вверх и разглаживается по ней собачкой. 14) 4-я жировка, ручная с двух сторон—по лицу смесью ворвани и дегтя, по бахтарме — ворванью. После жировки—пролежка 12 часов. 15) Сушка при 30°. 16) Проминка на тупом беляке. 17) 2-я строжка руками или на машине. 18) Пушение на остром беляке или собачкой. 19) Катка тянутых изделий пробковой доской руками, а плоских—в фабричном производстве на крипельной машине. 20) Отделка клеем тянутых изделий на ножках, плоских—на столах. 21) Подкатка. 22) Глянцовка лаком. После глянцовки изделия сдают в сортировочную, где их разбивают на 1, 2, 3, 4 сорт и брак, «опаривают» и связывают в пачки по 5 или 10 пар. При посадных ф-ках в последнее время стали устраивать заготовочные отделения, где вытяжка снабжается подклейкой, ушками и окончательно подкраивается. К полубортам пристрачиваются голенища. Т. о. обувные ф-ки с посадных получают товар уже в заготовленном виде и могут прямо приступать к пошивке. Инструменты для ручной работы: стругфальц, заворот, сталька, цикля, лопатка, собачка, см. *Гамбургский товар*. Для строгания выкроев руками в яловочном П. п. употребляется главным образом русский струг (фиг. 10).



Фиг. 9.



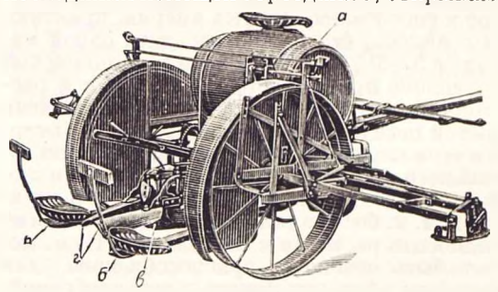
Фиг. 10.

Экономика. Только за последние годы наша государственная кожевенная промышленность превратила прежнюю посадную мастерскую в посадную ф-ку, снабдив ее целым рядом машин, не применявшихся ранее в деле. Наиболее крупные посадочные предприятия государственной промышленности имеются в Новосибирске у Сибкожтреста, в Вятке в Нижегородском крае, Казани, Ростове-на-Дону, в Киеве, Минске, Калуге, Костроме, Ленинграде, Москве, Орле.

Лит.: Бебешины В. и И., Посадное производство, М., 1928; Хамков М., Кожевенное производство, практич. руководство по отделке дубленых кож на мягкий, черный и белый сапожный товар цельными и раскроенными, М., 1904; Кривцов И., Кожевенное производство, Выделка и отделка кож для обуви, СПБ. 1912; Никольский Р., Раскрой кож на различный сапожный товар. П., 1915; Башкиров В., Елецкая сапожная вытяжка, М., 1924; Бебешин И., К переходу с весового на площадной метод измерения ялового мостовья, «Вестник кожев. промышл. и торговли», М., 1928, *10*; его же. Выхода ялового кроя из мостовья, там же, 1929, *7—8*; его же, Платировка и разбивка мостовья на рамы, там же, *2—3* и *4*; его же, Механизация сушки в посадном производстве, там же, 1930, *1*; его же. Премиальная система оплаты наметчиков, там же, 1930, *1*. **В. Бебешин.**

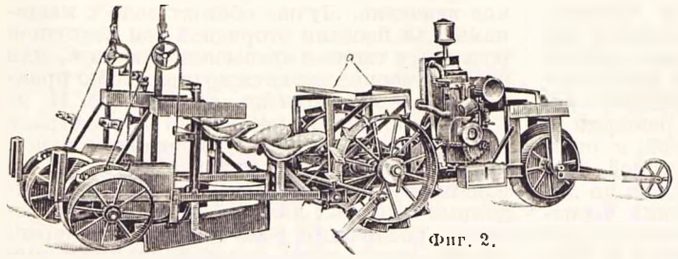
ПОСАДОЧНЫЕ МАШИНЫ, машины для посадки живых растений. Вопрос о механич. посадке рассады живых растений и в частности хлебных злаков давно интересует с. х-во, но, к сожалению, до сего времени, сколько известно, нет ни одной машины для высадки рассады ржи, пшеницы, риса и тому подобных растений, которая имела бы практическое значение. Лучше обстоит дело с машинами для посадки огородной или цветочной рассады, а также и древесных саженцев, для чего в Америке имеются сравнительно практичные, полуавтоматич. однорядные П. м. С возрастающим потреблением в этой стране овощей в сыром и консервированном виде и высокой стоимостью ручного труда П. м. нашли себе широкое применение в промышленных огородах для высадки рассады томатов, различного рода капуст, сельдерея, латука, перца, мяты, лука, земляники и многих других растений. П. м. также пользуются на незначительных площадях для посадок картофеля, земляной груши и других корне- и клубнеплодов. Значительно распространены П. м. на плантациях табака, гваюлы, сахарной свеклы и других технич. культур. В садоводстве и лесных питомниках П. м. применяют для высадки древесных и кустарниковых саженцев, черенков роз, канн, георгин и даже некоторых горшечных растений. Для удовлетворительной работы П. м. необходима хорошо подготовленная почва с достаточным содержанием перегноя, а также правильно выращенная рассада (не переросшая и не вытянувшаяся). При машинной посадке не имеют места обычные недочеты ручной посадки (слишком глубокая или мелкая), неправильное размещение корней, неправильная поливка и пр.

Конструкция П. м. америк. з-дов почти одна и та же. В качестве типовой конструкции П. м. приводится описание машины «Эйрон Эдж» и машины «E-Z Way», в конструкцию к-рой внесены нек-рые усовершенствования. П. м. «Эйрон Эдж» Бетмена (фиг. 1) состоит из рамы на двух колесах большого диаметра, с колесным передком, на к-рой помещен спереди резервуар *а* для воды, а сзади, над поверхностью почвы, два сиденья *б*, *б* для сажальщиков. Между последними помещен бороздник *в*, открывающий борозду для приема растений, а за ним приспособления *г* для их прикрытия почвой и прикатывания борозды. Для определения момента выпуска растений из пальцев сажальщика имеется приспособление, состоящее из подвижной планки с головкой, помещенной над бороздником, к к-рой сажальщик подносит растение. В момент когда растение следует выпустить из пальцев, планка автома-



Фиг. 1.

тически выдвигается и отводит руку сажальщика на место, где растение д. б. высажено. Машина Бетмена м. б. снабжена приспособлением для посадки растений по мерной проволоке—чек-роу, благодаря применению которого впоследствии бывает возможна обработка междурядия как в продольном,



Фиг. 2.

так и поперечном направлении. Без применения мерной проволоки посадку растений в ряду производят на расстоянии 36—163 *см* одно от другого, для чего машина снабжается сменными, изменяющими расстояние зубчатками. При применении же мерной проволоки минимальное расстояние в ряду 86 *см*. Нормальный бороздник сажалки проводит борозду до 11 *см* глубиной, но для растений с более длинными корнями м. б. применен специальный бороздник для посадки их на 14 *см* глубины. Резервуара для воды емкостью в 160 *л* хватает приблизительно на 1 500—2 000 растений. Работа сажальщиков состоит в очередном подносе по одному растению к бороздник и выпуске его из рук в требуемый момент. Растение при этом автоматически обдается сильной струей воды, которая расправляет его корни и способствует правильному их размещению в засыпающей их почве. Благодаря такому способу поливки, к-рым смачивается почва лишь у корня растения и не смачивается ее поверхность, последняя остается рыхлой и не образуется вокруг стебля корки, обычной при поверхностной поливке; этим предотвращается испарение влаги из почвы и устраняется необходимость в повторных поливках. Производительность П. м. зависит от скорости, с к-рой она перемещается по полю, ширины междурядий, ловкости сажальщиков и способа посадки. Из америк. практики выяснилось, что можно посадить одной машиной 3—3¼ *га* томатной рассады по мерной проволоке при междурядиях в 1,5 *м* и расстоянии растений в ряду в 1,2 *м*. Для очень частой посадки шаг лошади слишком быстр, и в этом случае применяют трактор (универсального применения или садовый) стихоходной специальной передачей, т. к. без нее сажальщики не поспевают подносить растения к бороздник. П. м. может быть снабжена приспособлением для внесения в борозду минеральных удобрений.

П. м. «E-Z Way» завода Бриуера и К° (фиг. 2) представляет собой новейший тип П. м., отличающейся от общепринятого своей большой автоматичностью. В ней растения не подносят к бороздник, а вкладывают в зажимы, прикрепленные к бесконечной цепи, вращающейся в вертикальной плоскости сверху вниз, перед сидением сажальщика. Дойдя донизу и переходя по нижним цепным звездчаткам, растение при помощи особого механизма выпускается из зажима и переходит в вертикальном положении в борозду, в к-рой при засыпке землей поливается под корень из резервуара, устанавливаемого на площадке *a*. Однорядные машины м. б. сдвоены или строены на общей раме, и в таком виде они высаживают сразу два-три ряда. Как и прочие П. м., настоящая прицепляется к трактору соответствующей мощности или, для выполнения особой частой посадки, к тихоходному трехколесному трактору, перемещающемуся со скоростью 0,2—1,6 *км/ч*. В зависимости от густоты посадки, для укладки растений в захваты, на каждый ряд требуется 1—2 сажальщика. Благодаря большей автоматичности этой сажалки, сравнительно с обыкновенным типом этих машин, посадка получается более правильная и не зависит от ловкости и аккуратности сажальщика. **К. Шиловский.**

Лит.: см. *Сельскохозяйственное машиностроение.*

ПОСТАРЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, совокупность изменений в первоначальных свойствах материалов, происшедшая с течением б. или м. длительного времени как следствие процесса старения материалов, в условиях или эксплоатационных или также при хранении на складе; технич. эффект П. м. во многих случаях м. б., по крайней мере в известный отрезок времени, положителен, но чаще бывает отрицателен. В качестве примеров П. м. с положительным значением можно указать на схватывание цементов, выдержку дерева, выдержку жидких лаков, букет вина и т. д. С отрицательным значением П. м. наблюдается у металлов вследствие *рекристаллизации* (см.) и *коррозии* (см.), у большинства коллоидных материалов—вследствие огрубения дисперсности, у волокнистых материалов—окисления и т. д. П. м. в промышленности особенно д. б. учитываемо, когда материалу предназначается ответственная технич. ф-ия, нарушение которой поведет к существенному ущербу для того предприятия, где данный материал применен, напр. к *пробою* (см.) изоляции в электрич. установках, к гибели сооружения с механич. функцией в роде моста, строения, к опасности для здоровья и жизни при оборудованиях разного рода и т. п. При конструировании и технич. расчете необходимо предвидеть условия и сроки П. м., и осведомленность в процессе старения данного материала в данных условиях должна рассматриваться как обязательная нисколько не менее, чем осведомленность в отношении характерных констант того же материала. **П. Флоренский.**

ПОСТОЯННЫЙ ТОК, электрич. ток, проходящий все время в постоянном направлении. Нек-рые авторы называют такой ток прямым током в отличие от действительно П. т., не изменяющегося во времени. Это различие однако плохо прививается, и до сих пор в русской литературе термин П. т. применяется как для обозначения тока постоянного во времени, так и для обозначения тока постоянного направления. В иностранной литературе ток постоянного направления имеет особое наименование: Gleichstrom (нем.), courant continu (франц.),

direct current (англ.). П. т. иногда называется также стационарным. Еще в начале текущего века много споров вызывал вопрос, что же собственно течет при прохождении электрич. тока. Часто электрич. ток рассматривался как особое электродинамическое состояние тела. В настоящее время, с развитием электронной теории, эта формальная точка зрения оставлена, и П. т. определяют не как «состояние», а как движение электрических зарядов, механизм к-рого осуществляется различным образом в зависимости от условий. В телах, обладающих металлической проводимостью, электроны б. или м. свободно перемещаются в пространственной решетке, составленной из частичек тела. Под влиянием электрич. поля они ускоряются в направлении поля и приобретают постоянную среднюю скорость, пропорциональную напряженности электрическ. поля. В телах, обладающих электролитической проводимостью, в электрич. поле перемещаются заряженные электрич. частички, ионы; электрич. ток сопровождается переносом материи. Наконец постоянный электрич. ток может осуществляться путем движения заряженных частичек видимых глазом размеров. (См. *Ток электрический, Термионные токи, Электролиз, Разряд электрический, Электрофорез, Вольтова дуга.*)

Для создания и поддержания П. т. в проводниках необходимо присоединять их к источникам электрич. энергии П. т. Такими источниками энергии являются: первичные электрохимич. элементы (см. *Гальванические элементы*), вторичные электрохимич. элементы, или *аккумуляторы электрические* (см.), *термоэлементы* (см.), *фотоэлементы* (см.), *динамомашины* (см.) и наконец *преобразователи* (см.) и *выпрямители* (см.). В то время как ряд электротехнич. процессов выполним независимо от направления тока, например нагревание, или же только при *переменном токе* (см.), напр. питание асинхронного двигателя, другие процессы выполнимы только при П.т.: питание двигателей П.т., рентгеновских трубок, пылеуловителей и т. п. На данном этапе развития электротехники передача энергии на большие расстояния более выгодно производится переменным током, благодаря удобству и простоте преобразования напряжения переменного тока и возможности связывать целые районы линиями высокого напряжения—до 380 kV. Коротко замкнутые асинхронные двигатели трехфазного тока (см. *Индукционные машины*) являются идеальными машинами по дешевизне и прочности конструкций. С другой стороны, двигатели П. т. более удобны для регулирования скорости вращения. П. т. считается весьма пригодным для электрификации ж. д., так что во многих случаях строят специальные тяговые подстанции для преобразования переменного тока в П. т. вместо того, чтобы применять на тяговых линиях однофазный или трехфазный ток. Тем не менее и сейчас существует ряд ж.-д. линий, успешно работающих на переменном или трехфазном токе, так что проблема выбора системы тока для электрификации транспорта не может считаться решенной. С другой стороны, *линии передачи* (см.) высокого напряжения П. т. могли бы представить большие преимущества благодаря уменьшению максимального напряжения при том же значении эффективного напряжения в связи с отсутствием реактивной составляющей у П. т., отсутствием потерь в диэлектриках и большей устойчивостью в работе. Поэтому теперь, в связи с созданием единой сети высокого напряжения, изучается проблема создания и промышленной передачи П. т. высокого напряжения—в 250 kV. В СССР существует еще много небольших станций П. т., но новые сооружаются для переменного тока, который приходится выпрямлять в случае технич. необходимости иметь П. т. В линейных проводниках, поперечные размеры которых ничтожно малы по сравнению с длиной, б. ч. нет надобности рассматривать распределение тока по сечению провода, и достаточно лишь указывать общую силу тока I, равную количеству электричества, проходящего в единицу времени через любое сечение провода. По закону Ома при П. т. напряжение U на концах линейного проводника пропорционально проходящему через этот проводник току I:

$$U = IR.$$

Здесь коэф. пропорциональности R (электрическое сопротивление):

$$R = \varrho \frac{l}{S},$$

где l—длина провода, S—его поперечное сечение, а ϱ—его уд. сопротивление. Сопротивление П. т. в большинстве случаев не зависит непосредственно от напряжения, приложенного к концам провода, но это сопротивление зависит от $t°$, а для некоторых тел от окружающей среды, от давления, от освещенности (см. *Сопротивление*). При последовательном соединении нескольких линейных проводников их сопротивления складываются, а при параллельном соединении нескольких линейных проводников складываются их обратные сопротивления, или проводимости (см. *Ома закон*).

Для определения соотношений в разветвленных цепях П. т. применяют т. н. правила Кирхгофа. 1) Если от какой-либо узловой точки разветвленной электрич. цепи расходятся n линейных проводников, по к-рым проходят токи I_1, I_2, ..., I_n, считаемые положительными в направлении удаления от узловой точки, то их алгебраич. сумма равна нулю

$$I_1 + I_2 + \ldots + I_n = 0.$$

2) Если в разветвленной электрич. сети образовать замкнутую цепь из n линейных проводников, соединяющих точки разветвления сети, то алгебраич. сумма падений напряжения во всех частях цепи, считаемых положительными в направлении обхода, равняется алгебраич. сумме эдс, действующих во всех частях цепи и считаемых положительными в том же направлении:

$$\sum_{i=1}^{n} E_i = \sum_{i=1}^{n} I_i \cdot R_i.$$

В случае телесных проводников, когда нельзя пренебрегать их поперечными размерами, для расчета электрич. цепи приходится выражать закон Ома в дифференциальной форме: в любой точке проводника вектор плот-

ности тока δ пропорционален напряженности электрич. поля $\boldsymbol{E}$:

$$\delta = \lambda \boldsymbol{E} \text{ или } \boldsymbol{E} = \rho\delta.$$

Здесь $\lambda = \frac{1}{\rho}$ — уд. проводимость тела. Вектор плотности электрического тока равен по величине количеству электричества, проходящего в единицу времени через единицу площади, перпендикулярной к направлению движения электричества. Если σ обозначает заряд единицы объема, т. е. объемную плотность заряда, а v—среднюю скорость движения электрич. зарядов в данном объеме, то плотность тока определяется как

$$\delta = \sigma v.$$

В эвакуированных трубках скорость движения электрич. зарядов может достигать громадных размеров, приближаясь к скорости света. В проводниках эта скорость значительно меньше. Если считать, что число свободных электронов в медной проволоке равно числу атомов, то даже при весьма значительной плотности тока в 6 А/*мм*² электроны будут пробираться в пространственной решетке проволоки с установившейся средней скоростью порядка 0,5 *мм/сек*. Отсюда ясно, насколько неуместным является выражение «электронный транспорт», применяемое иногда для обозначения передачи электрич. энергии. При П. т. линии вектора плотности δ не имеют ни начала ни конца. Поток вектора плотности тока через любую поверхность S равен силе тока, проходящего через эту поверхность:

$$\int_S \delta \, \overline{dS} = I.$$

Поток вектора плотности тока через замкнутую оболочку всегда равен нулю—сколько электричества входит через одну часть оболочки, столько же выходит через другую часть оболочки:

$$\oint \delta \, \overline{dS} = 0 \text{ или } \operatorname{div} \delta = 0.$$

Это свойство вектора плотности П. т. выражает в дифференциальной форме первое правило Кирхгофа.

В металлических проводниках прохождение П. т. не связано с переносом материи. В электролитах же на электродах выделяются ионы в количестве, пропорциональном по закону Фарадея количеству электричества, прошедшего через электролиз. В обоих случаях прохождение П. т. подчиняется закону Ома, и в проводниках выделяется теплота по закону Джоуля (см. *Джоуля тепло*). Во многих случаях однако механизм прохождения электрического тока является более сложным, и сила тока зависит от наличия наэлектризованных частиц, от возможности возникновения новых частиц (ионизация), от механич. переноса заряженных частиц, независимо от электрич. поля. В этих случаях закон Ома не соблюдается и сила тока определяется в соответствии с условиями задачи.

Лит.: Круг К. А., Основы электротехники, М., 1926; Тамм И. Е., Основы теории электричества, т. 1, М.—Л., 1929; Поль Р. В., Введение в современное учение об электричестве, пер. с нем., Москва—Ленинград, 1929. **Я. Шпильрейн.**

ПОСТРОЙКИ БЕТОННЫЕ, литые, см. *Сооружения бетонные* (литые).

ПОТАШ, углекалиевая соль, K_2CO_3, белого цвета, щелочного вкуса, весьма гигроскопичная, расплывающаяся на воздухе; $t°_{пл.}$ 891°; уд. в. 2,29; уд. теплоемкость 0,216. При $t°_{пл.}$ П. начинает улетучиваться. С водой образует несколько гидратов. П. легко растворяется в воде с выделением тепла; на 1 *г*-мол. K_2CO_3 выделяется ок. 6,5 Cal при растворении в 400 *г*-мол. H_2O. Растворимость K_2CO_3 в 100 ч. воды (Мульдер) дана в табл.

Растворимость поташа в воде.

$t°$	10	20	30	40	50	60	70
K_2CO_3 в %	52,2	52,9	53,3	53.9	54,8	55,9	57,1
$t°$	80	90	100	110	120	130	135
K_2CO_3 в %	58,3	59,6	60.9	62,5	64,4	66,7	67,2

При охлаждении не слишком крепкого раствора П. выкристаллизовывается двухводная соль $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$, с содержанием до 20% воды. В спирте П. нерастворим.

Сырьем для получения П. долгое время служила исключительно зола деревьев; травяной П. добывался из золы различных травянистых растений. Главными производителями П. в 19 в. были страны, богатые лесами: С. Америка, Канада, Россия, Швеция, Венгрия и др. В 1859 г. П. начали получать также из овечьего пота и из паточного угля; в 1863 г.—из хлористого калия (Форстер и Грюнеберг) по способу Леблана. В 1881 г. П. стали добывать из KCl помощью углекислого магния и CO_2 (Энгель и Прехт), а с 90-х гг. 19 в.—электролизом KCl.

П. из золы растений. Различные деревья содержат в среднем до 2% золы, заключающей в себе до 15—20% K_2O. Древесный П. добывался гл. обр. из осины, вяза и ивы, травяной П.—из стеблей подсолнечника и соломы гречихи. Из древесной золы в среднем можно получить ок. 10% П., а из травяной золы—ок. 28% П.

Примерный химический состав П. (по Любавину) в %:

П. из осины		П. из стеблей подсолнечника	
K_2O	13,44	K_2O	12,3
Na_2O	—	KCl	2,6
CaO	66.50	NaCl	0,5
MgO	3,23	MgO	4,0
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	1,6	CaO	7,6
Mn_2O_3		Fe_2O_3	2,4
SO_3	0,32	P_2O_5	0,7
P_2O_5	13,30	SO_3	2,2
SiO_2	1,61	SiO_2	53,3

После сжигания растений полученную золу в виде порошка или спекшихся кусков (щадрик) подвергают выщелачиванию в чанах. Накопляющийся в чанах твердый остаток, т. наз. подзол, содержит много фосфорнокислых солей (древесный П. содержит до 12% $Ca_3P_2O_8$) и применяется как удобрение и как материал для варки простого бутылочного стекла. Спускаемый щелок имеет крепость 10—25° Bé, в зависимости от способа выщелачивания (периодическое или методическое, горячей или холодной водой). Этот щелок упаривается в чугунных или железных котлах до затверде-

ния. Полученный сырой П. имеет темный, грязный цвет и содержит до 9% воды. После прокаливания он приобретает синевато-зеленоватый оттенок и содержит 50—80% K_2CO_3, 5—20% K_2SO_4, нек-рое количество KCl, Na_2CO_3, воды и пр. Иногда П. подвергают литрованию, т. е. очищают путем повторного выщелачивания, выпаривания и прокаливания. Примерный химич. состав технич. образцов П. приведен ниже:

Составные части	П. древесный			П. травяной
K_2CO_3	68,70	72,26	61,84	70,20
Na_2CO_3	3,92	3,45	3,85	7,82
K_2SO_4	16,29	16,78	24,87	3,73
KCl	1,78	1,58	2,21	13,85
SiO_2	0,60	1,00	0,85	—
Нераствор. остаток	0,33	0,38	0,77	0,64
Вода	9,38	4,55	5,25	—

П. из овечьего пота. Немытая шерсть овец содержит в себе около 50—70% жиропота, в к-ром находятся соли натрия, аммония, и ок. 20% растворимых калиевых солей: KCl, K_2SO_4 и солей органич. к-т. При обработке шерсти холодной водой легко растворимые соли калия переходят в раствор. Полученный щелок, крепостью около 10° Bé, уваривают и прокаливают. Примерный химический состав П. из овечьего пота: 78,5% K_2CO_3, 5,7%KCl, 2,8% K_2SO_4, 4,6% Na_2SO_4, 5% нерастворимого остатка и 3% органич. веществ.

П. из паточного (бардяного) угля. После извлечения из патоки сахара или переработки ее путем сбраживания на винокуренном з-де, остающуюся барду выпаривают, а затем прокаливают в пламенных печах. При этом получают смесь П. с углем, которая содержит около 40—50% K_2CO_3, 15—20% KCl, 15—30% Na_2CO_3 и 3—4% K_2SO_4. Эту смесь выщелачивают горячей водой и полученный раствор уваривают, отстаивают и удаляют менее растворимые соли, как K_2SO_4, KCl, Na_2CO_3 и $NaKCO_3$. После упаривания раствора П. досуха последний прокаливают. П. из бардяного угля содержит до 95% K_2CO_3 и значительное количество соды.

П. из природных солей калия получается: 1) аналогично способу Леблана (см. *Содовое производство*); 2) по магнезиальному способу (Энгель и Прехт) и 3) электролизом (через едкое кали). Получение П. по способу Леблана в наст. время почти не применяется. Магнезиальный способ основан на малой растворимости двойной соли $MgCO_3 \cdot KHCO_3 \cdot 4H_2O$. Последняя получается при размешивании на холоду насыщенного раствора KCl с углекислым магнием (около 300 *кг* в 1 *м*³) и пропускании углекислоты (из известково-обжигательной печи—газ с 30—35% CO_2).

$$2\,KCl + 3\,(MgCO_3 \cdot 3\,H_2O) + CO_2 = 2\,(MgCO_3 \cdot KHCO_3 \cdot 4\,H_2O) + MgCl_2.$$

Раствор $MgCl_2$ отфильтровывается, а осадок кристаллической двойной соли промывают раствором двууглекислого магния в воде, насыщенной углекислотой. Полученную двойную соль разлагают водой под давлением до 5 *atm* при 115—140°. При этом получается нерастворимый углекислый магний $MgCO_3$ и крепкий раствор П. (200 *г/л*):

$$2\,(MgCO_3 \cdot KHCO_3 \cdot 4\,H_2O) = 2\,MgCO_3 + K_2CO_3 + 9\,H_2O + CO_2.$$

Получаемый при этом способе $MgCO_3$ обычно не возвращается обратно в производство. Выделяющийся CO_2 находит себе снова применение. Указанную реакцию разложения двойной соли можно провести и при более низкой $t°$ (не выше 80°). Хотя при этом получается менее конц. раствор П., но зато $MgCO_3$ выделяется в виде тройного гидрата. $MgCO_3 \cdot 3H_2O$, к-рый м. б. возвращен в производство. Для этого предложено к суспензии (в воде или в разбавленном растворе П.) трудно растворимой двойной соли при $t°$ ок. 20° добавлять при размешивании MgO:

$$2(MgCO_3 \cdot KHCO_3 \cdot 4\,H_2O) + MgO = 3(MgCO_3 \cdot 3\,H_2O) + K_2CO_3.$$

Указанная реакция протекает даже в том случае, если брать сильно прокаленную MgO (напр. остатки от разложения хлористого магния на HCl и MgO). Раствор П. (130—200 *г* K_2CO_3 на *л* воды) предварительно выпаривают в вакуум-аппаратах до ~ 50% K_2CO_3, а затем упаривают в открытых сосудах до кристаллизации $K_2CO_3 \cdot 0{,}5H_2O$. В продажу поступает или измельченный и подсушенный П. с содержанием ок. 83% K_2CO_3 или кальцинированный безводный продукт с содержанием ок. 90% K_2CO_3.

П. упаковывают в деревянные бочки по 50—500 *кг* нетто. П., полученный по этому способу, отличается большой чистотой (почти не содержит солей натрия). В производстве П. по магнезиальному способу до сего времени имеется еще много секретов. Электролитич. путем П. (так же, как и едкое кали) получается электролизом раствора KCl по тем же способам, к-рые применяются при получении хлора и *едкого натра* (см.). Катодный щелок, представляющий собою раствор KOH, карбонизируют затем пропусканием CO_2 (получаемого из известково-обжигательных печей или в виде коксового газа). Испытание П. производят по методам, которые применяются при анализе соды. Обыкновенно определяют общую щелочность, содержание K_2CO_3, KOH, KCl, K_2SO_4, фосфорную к-ту, K_2SiO_3, нерастворимый остаток и влагу [1]. Применение. П. применяется в стеклоделии для приготовления стекол, гл. образом высших сортов—богемского стекла, хрусталя (см. *Стекло* и *Стекольное производство*), в *мыловарении* (см.) для приготовления жидкого, т. наз. зеленого мыла, для промывания шерсти, в красильном и отбельном производствах и для лабораторных целей—для приготовления различных калиевых солей, желтой кровяной соли, хромпика и др.

Лит.: [1]) ОСТ 373.—Любавин И. Н., Технич. химия, т. 2, М., 1899; Ост Г., Химич. технология, пер. с нем., вып. 4, Л., 1927; Федотьев П. П., Заводское приготовление минеральных солей, СПБ, 1899; его же, Технич. анализ минеральных солей, ч. 1—5, М.—Л., 1922—26; Будников П. П., Техно-химический анализ, М., 1923; Ullm. Enz., B. 6, 2 Aufl., 1915; Budnikoff P. P. u. Sirkyn, Über Kaustizierung der Pottasche, «Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem.», Lpz., 1923, B. 128, p. 131; Michels W. u. Przibylla C., Die Kalirohsalze, ihre Gewinnung und Verarbeitung, Lpz., 1916; Gmelin-Kraut's-Handbuch d. anorg. Chemie, 7 Aufl., Lpz., 1905—26. **П. Будников.**

ПОТЕНЦИАЛ в механике, работа силы консервативного поля, совершаемая при переносе материальной точки массы 1 из данной точки M пространства в бесконечность. Поле сил называется консервативным, если работа сил при перемещении материальной точки из одного положения в

другое зависит только от координат начального и конечного положения (т. е. не зависит от пути, по к-рому точка перемещается). Если поле сил задано вектором

$$\boldsymbol{F} = X\boldsymbol{i} + Y\boldsymbol{j} + Z\boldsymbol{k}$$

(X, Y, Z—функции координат точки поля), а начальное положение M материальной точки характеризуется радиусом-вектором $\overrightarrow{OM} = \boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k}$, то П. выразится так:

$$V(M) = \int_M^\infty \boldsymbol{F}d\boldsymbol{r} = \int_{(x,\,y,\,z)}^\infty X\,dx + Y\,dy + Z\,dz.$$

Криволинейный интеграл в правой части по предположению не зависит от пути интеграции; согласно ф-ле Стокса (см. *Интегральное исчисление*) для этого необходимо и достаточно, чтобы X, Y, Z были частными производными по x, y, z от одной и той же ф-ии U (силовая ф-ия):

$$X = \frac{\partial U}{\partial x},\quad Y = \frac{\partial U}{\partial y},\quad Z = \frac{\partial U}{\partial z},$$

или, что то же самое, чтобы вектор $\boldsymbol{F}$ удовлетворял условию: $\operatorname{rot}\boldsymbol{F} = 0$.

Силовая ф-ия отличается от П. только знаком и произвольным постоянным слагаемым: $U = -V + C$. Сила на единицу массы есть градиент силовой ф-ии: $\boldsymbol{F} = \operatorname{grad} U$. Пример. Сила притяжения центром, находящимся в начале координат, прямо пропорциональна расстоянию. Тогда $\boldsymbol{F} = -k\boldsymbol{r}$ (k—постоянная). Силовая ф-ия $U = -\frac{kr^2}{2} = -\frac{k}{2}(x^2+y^2+z^2)$.

В механике и физике наибольшее значение имеет ньютоновский П.; он соответствует полю сил, производимому массами, притягивающими или отталкивающими обратно пропорционально квадрату расстояния (можно рассматривать только притягивающую силу, принимая в случае отталкивающей силы массу отрицательной). Если переменная точка $M(x, y, z)$ массы 1 находится под действием притяжения точки $A(a, b, c)$ с массой m, то сила притяжения по величине равна $\frac{km}{r^2}$ (k — коэф. пропорциональности, постоянная Гаусса в случае гравитации, r—расстояние AM) и направлена от M к A. Обозначая $\overrightarrow{AM} = \boldsymbol{r}$, имеем для вектора силы

$$\boldsymbol{F} = \frac{km}{r^2}\cdot\frac{-\boldsymbol{r}}{r} = -\frac{km\boldsymbol{r}}{r^3}.$$

Компоненты $\boldsymbol{F}$ по осям координат имеют выражения:

$$X = -\frac{km(x-a)}{r^3},\quad Y = -\frac{km(y-b)}{r^3},\quad Z = -\frac{km(z-c)}{r^3},$$

$$r = \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2}.$$

Эти компоненты являются частными производными по x, y, z от силовой ф-ии

$$U = \frac{km}{r} = \frac{km}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2}}.$$

В дальнейшем самую ф-ию U (предположив $k = 1$) будем называть потенциалом. П. в точке M, происходящий от масс $m_1, m_2, \ldots, m_k$, расположенных в точках $A_1, A_2, \ldots, A_k$, будет равен сумме П., происходящих от каждой массы, т. е.

$$U = \sum_{i=1}^{k}\frac{m_i}{r_i},\quad \text{где } r_i = A_iM.$$

Если масса распределена непрерывно в некотором объеме Ω, имея в точке (a, b, c) плотность $\mu(a,b,c)$, то П. в точке (x,y,z) массы, занимающей элемент объема $da\,db\,dc$, имеет выражение:

$$\frac{\mu(a,b,c)\,da\,db\,dc}{\sqrt{(x-a)^2+(y-b)^2+(z-c)^2}} = \frac{\mu\,da\,db\,dc}{r},$$

а П. от всей массы выразится интегралом:

$$U(x, y, z) = \iiint_\Omega \frac{\mu\,da\,db\,dc}{r}. \qquad (1)$$

Здесь U зависит от x, y, z, входящих в качестве параметров в подинтегральное выражение. Непосредственное дифференцирование показывает, что $\frac{1}{r}$, рассматриваемая как ф-ия от x, y, z, удовлетворяет ур-ию Лапласа:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\frac{1}{r} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\frac{1}{r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\frac{1}{r} = 0 \text{ или } \Delta\frac{1}{r} = 0.$$

Всякое решение $u(x,y,z)$ ур-ия $\Delta u = 0$ называется гармонической функцией. Применяя к ф-ле (1) правило дифференцирования по параметру, находим, что если r не обращается в нуль (вне притягивающих масс), U удовлетворяет ур-ию $\Delta U = 0$, т. е. П. есть гармоническая ф-ия. Ур-ие $U(x,y,z) = C$ (C—произвольная постоянная) определяет семейство поверхностей, на к-рых П. имеет постоянное значение (эквипотенциальные поверхности). Внутри притягивающих масс, хотя подинтегральная ф-ия обращается в бесконечность при $a = x$, $b = y$, $c = z$, интеграл (1) сохраняет смысл и определяет П.; этот П. внутри объема Ω удовлетворяет уравнению Пуассона:

$$\Delta U = -4\pi\mu(x,y,z).$$

Если масса расположена на поверхности Σ с поверхностной плотностью μ, то П. элемента площади $d\sigma$ этой поверхности имеет выражение $\frac{\mu\,d\sigma}{r}$, где r — расстояние точки поверхности от точки (x,y,z); П. всей поверхности Σ:

$$U = \iint_\Sigma \frac{\mu\,d\sigma}{r} \qquad (2)$$

(П. простого слоя). П. простого слоя вне поверхности удовлетворяет ур-ию Лапласа и остается непрерывным при переходе точки (x,y,z) через поверхность; он имеет на поверхности нормальные производные $\frac{\partial U_i}{\partial n}$ и $\frac{\partial U_e}{\partial n}$ — внутреннюю и внешнюю, удовлетворяющие равенству $\frac{\partial U_i}{\partial n} - \frac{\partial U_e}{\partial n} = 4\pi\mu_0$, где μ_0 — плотность в рассматриваемой точке поверхности, т. е. нормальная производная при переходе через поверхность имеет скачок $4\pi\mu_0$; производные в касательных направлениях остаются непрерывными. Наконец если масса расположена вдоль линии L с линейной плотностью μ, то П. этой линии дается ф-лой:

$$U = \int_L \frac{\mu\,ds}{r},$$

где ds—линейный элемент.

Пример 1. П. поверхности шара радиуса R с постоянной поверхностной плотностью μ имеет выражения: внутри шара

$U = 4\pi\mu R = \frac{m}{R}$, где m—масса всей поверхности; вне шара

$$U = \frac{4\pi\mu R^2}{r} = \frac{m}{r};$$

r—расстояние точки (x,y,z) от центра шара. Внутри шара U—постоянно, его частные производные—нули, следовательно поверхность сферы не притягивает внутренней точки; выражение П. вне шара имеет такой вид, как если бы вся масса m находилась в центре шара.

Пример 2. П. однородного материального шара плотности μ имеет выражения: вне шара

$$U = \frac{4\pi\mu R^3}{3r} = \frac{M}{r};$$

внутри шара

$$U = 2\pi\mu\left(R^2 - \frac{r^2}{3}\right) = \frac{3M}{2R}\left(1 - \frac{r^2}{3R^2}\right);$$

M—масса шара, r—расстояние точки до центра.

Пример 3. П. отрезка оси Z от $-A$ до $+A$ с линейной плотностью 1, если M находится в плоскости XY. Обозначая расстояние M до начала через r, имеем:

$$U = \int_{-A}^{+A}\frac{dz}{\sqrt{z^2+r^2}}.$$

Вычислим силу притяжения: компонента по оси Z равна нулю в силу симметрии, компонента в плоскости XY равна

$$\frac{dU}{dr} = -\int_{-A}^{+A}\frac{r\,dz}{(z^2+r^2)^{3/2}} = -\frac{1}{r}\left[\frac{z}{\sqrt{z^2+r^2}}\right]_{z=-A}^{z=A} = -\frac{2A}{r\sqrt{A^2+r^2}}.$$

Если материальная линия простирается от $-\infty$ до $+\infty$, то

$$\frac{dU}{dr} = \lim_{\Delta=\infty}-\frac{2A}{r\sqrt{A^2+r^2}} = -\frac{2}{r},$$

т. е. бесконечная однородная материальная линия притягивает точку обратно пропорционально 1-й степени расстояния. Из примера 1 видно, что в случае постоянной плотности П. внутри шара постоянный; из электростатики известно, что П. от электрич. заряда проводника постоянен внутри проводника; спрашивается, каково в таком случае распределение заряда на поверхности (основная задача электростатики); т. о. требуется найти ф-ию μ на поверхности так, чтобы $U = \iint\frac{\mu}{r}d\sigma$ сохраняло постоянное значение внутри Σ. Эта задача решена Робеном приведением к интегральному уравнению.

Наряду с поверхностным П. простого слоя в математике и физике часто рассматривается П. двойного слоя. Пусть к данной поверхности Σ построена параллельная поверхность Σ' на расстоянии ε; элементу $d\sigma$ первой поверхности соответствует $d\sigma'$ на второй. На Σ расположены притягивающие массы плотности ϱ, на Σ'—отталкивающие плотности ϱ', причем выполнено условие: $\varrho\,d\sigma = \varrho'\,d\sigma'$. П. масс на этих двух поверхностях:

$$U = \iint_\Sigma\frac{\varrho\,d\sigma}{r} - \iint_{\Sigma'}\frac{\varrho'\,d\sigma'}{r'}$$

(r и r'—расстояния переменной точки поверхности до точки M). Вообразим, что поверхности неограниченно сближаются ($\varepsilon\to 0$), а плотность ϱ возрастает до ∞, но так, что $\varepsilon\varrho\to\mu$ (конечная величина). Предельное значение U_ε есть П. двойного слоя плотности μ:

$$U = \lim_{\varepsilon\to 0}\iint_\Sigma \varrho\varepsilon\cdot\frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{r'}\right)d\sigma = \iint_\Sigma\mu\frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right)d\sigma = \iint_\Sigma\mu\frac{\cos\varphi}{r}\,d\sigma$$

($\frac{\partial}{\partial n}$ обозначает производную по положительной нормали к Σ, направленной в сторону положительных масс; φ—угол между линией AM и нормалью AN к поверхности). П. двойного слоя является гармонич. ф-ией вне поверхности, при переходе через поверхность претерпевает скачок величины $4\pi\mu_0$, где μ_0—плотность в точке перехода. В случае двух независимых переменных x, y ф-ия $\frac{1}{r}\left[r = \sqrt{(x-a)^2+(y-b)^2}\right]$ не удовлетворяет ур-ию Лапласа $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$, простейшим решением этого ур-ия является ф-ия $\ln\frac{1}{r}$ или $\ln r$ (логарифмический П. точки). В этом случае сила притяжения к точке (a, b) имеет выражение $\frac{d}{dr}\ln\frac{1}{r} = -\frac{1}{r}$, т. е. обратно пропорциональна 1-й степени расстояния. Механич. интерпретацию этого закона мы имеем в ньютоновском притяжении точки $M(x, y)$ бесконечною прямою, проходящей через точку $A(a, b)$ перпендикулярно к плоскости XY с линейной плотностью $\frac{1}{2}$ (см. пример 3). Аналогично ньютоновскому П. объема определяется логарифмич. П. площади S

$$U_1 = \iint_S \mu(a, b)\ln r\,da\,db$$

и П. линии L простого слоя

$$U_2 = \int_L \mu\ln r\,dS$$

и двойного слоя

$$U_3 = \int_L\frac{\mu\cos\varphi}{r}\,dS$$

(φ—угол между AM и нормалью к кривой L). Вне притягивающих масс все эти П. удовлетворяют ур-иям Лапласа, внутри площади S удовлетворяют ур-ию Пуассона $\Delta u = 2\pi\mu\,(x, y)$; U_2 остается непрерывным на L, но его нормальная производная испытывает скачок $2\pi\mu$; U_3 при переходе через L имеет скачок $2\pi\mu$.

Ньютоновский П. в пространстве и логарифмич. П. на плоскости удовлетворяют ур-ию Лапласа. Для однозначного определения решения этого ур-ия в данной области надо добавить граничные условия. Ряд задач физики и гидродинамики (напр. распределение тепла) приводит к задаче: найти гармонич. ф-ию внутри поверхности Σ, если даны ее значения на поверхности (задача Дирихле). Эта задача сводится к нахождению ф-ии $u(x, y, z)$, к-рая при заданных значениях на поверхности Σ дает минимальное значение интегралу

$$\iiint_V\left\{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2\right\}dx\,dy\,dz;$$

V—объем, ограниченный поверхностью Σ (см. *Вариационное исчисление*). Решение задачи Дирихле для сферы радиуса R дается интегралом Пуассона:

$$u(M)=\frac{1}{4\pi R}\int\limits_{\Sigma}\int f(P)\,\frac{R^2-r^2}{(R^2+r^2-2Rr\cos\gamma)^{3/2}}\,d\sigma,$$

где $f(P)$—заданная на сфере ф-ия, $d\sigma$—элемент поверхности, $r=OM$, $\gamma=\measuredangle POM$ (O—центр сферы). Из этой ф-лы между прочим следует, что значение гармонич. ф-ии в центре сферы ($r=0$) равно среднему значению на сфере; т. о. гармоническая ф-ия не может иметь во внутренней точке ни максимума ни минимума. Для других поверхностей существование решения задачи Дирихле доказано Нейманом, Шварцем, Пуанкаре и др. Аналогично ставится и разрешается задача Дирихле для плоскости. Многие задачи гидродинамики приводят к задаче Неймана: найти гармонич. ф-ию u внутри поверхности Σ, если на границе заданы значения ее нормальной производной $\frac{\partial u}{\partial n}$; при этом заданные значения должны удовлетворять условию:

$$\int\limits_{\Sigma}\int\frac{\partial u}{\partial n}\,d\sigma=0.$$

При нахождении решения ур-ия Лапласа в различных системах криволинейных *координат* (см.) получаются специальные функции, например в цилиндрич. координатах ур-ие Лапласа пишется:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 u}{\partial\varphi^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}=0.$$

Если искать частные решения этого ур-ия в форме

$$u=e^{\pm\lambda z}\cdot\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}n\varphi\cdot v(r),$$

то для $v(r)$ получится ур-ие Бесселя:

$$v''+\frac{1}{r}v'+\left(\lambda^2-\frac{n^2}{r}\right)v=0;$$

его решения—цилиндрические функции (см. *Бесселевы функции*). Если ввести сферические координаты r, ϑ, φ и искать решения, независимые от φ в форме $r^nY_n(\vartheta)$, то для Y_n получается ур-ие:

$$\frac{1}{\sin\vartheta}\frac{d}{d\vartheta}\left(\sin\vartheta\,\frac{dY_n}{d\vartheta}\right)+n(n+1)Y_n=0,$$

или, вводя переменное $x=\cos\vartheta$ и обозначая $Y_n(\vartheta)=P_n(x)$,

$$\frac{d}{dx}\left[(1-x^2)\,\frac{dP_n}{dx}\right]+n(n+1)P_n=0,$$

ур-ие Лежандра; его решения—полиномы Лежандра, или сферич. ф-ии (см. *Лежандра полиномы*). Если ввести эллиптич. координаты, то аналогично определятся функции Ламе.

Лит.: Аппель П., Руководство теоретической (рациональной) механики, т. 3, М., 1911; Стеклов В. А., Основные задачи математич. физики, ч. 2, П., 1923; Appel P., Traité de mechanique rationnelle, t. 3, 2 éd., P., 1921, t. 4, P., 1920; Goursat E., Cours d'analyse mathématique, t. 3, 3 éd., P., 1922; Picard E., Traité d'analyse, t. 1, 3 éd., P., 1922; Mises R. u. Frank P., Differential- u. Integralgleichungen der Mechanik und math. Physik, T. 1, 7 Aufl., Brschw., 1925; Kellog O., Foundations of Potential Theory, B., 1929.

В. Степанов.

П. электрический, скалярная функция, равная работе переноса в безвихревом электрич. поле единицы положительного электрич. заряда из произвольно выбранной начальной точки в точку наблюдения. Т. о. электрич. П. определяется с точностью до произвольной постоянной. В общем случае работа переноса единицы положительного электрическ. заряда вдоль данного отрезка пути L называется электрич. *напряжением* (см.) вдоль этого отрезка и измеряется линейным интегралом вектора напряженности поля $\boldsymbol{E}$:

$$u=\int\limits_{(L)}\boldsymbol{E}\,d\boldsymbol{r}. \tag{1}$$

Электрич. напряжение, вообще говоря, зависит от пути L. Если напряжение не зависит от пути, то оно м. б. выражено как разность П. V_A и V_B в начальной точке A и конечной точке B этого пути:

$$u=V_A-V_B. \tag{2}$$

В этом случае вектор напряженности электрич. поля $\boldsymbol{E}$ является отрицательным градиентом П. V:

$$\boldsymbol{E}=-\operatorname{grad}V. \tag{3}$$

Т. о. вектор $\boldsymbol{E}$ направлен перпендикулярно к поверхностям уровня (поверхностям постоянного значения П. V) в сторону убывания П. и равен по абсолютной величине возрастанию П. при перемещении на единицу длины вдоль силовой линии. Электрич. поле характеризуется не абсолютным значением П., а разностью П. Поэтому неверно утверждение, все еще встречающееся иногда, будто П. служит мерою электрич. состояния тела. В частности расхождение листочков электроскопа зависит не от П., сообщаемого листочкам, а от разности П. между листочками и стенками электроскопа. Вычисление П. имеет большое значение для графического и аналитического определения поля. В электростатич. поле П. удовлетворяет дифференциальному ур-ию Лапласа

$$\nabla^2V=0 \tag{4}$$

во всех точках, где отсутствует электрич. заряд. В тех областях, где имеются электрич. заряды, П. удовлетворяет дифференциальному ур-ию Пуассона

$$\nabla^2V=-\frac{\varrho}{\varepsilon\varepsilon_0}, \tag{5}$$

где ϱ—плотность заряда в данной точке, ε—относительный диэлектрич. коэф. среды и ε_0—диэлектрич. коэф. вакуума. В электростатич. системе *CGS* $\varepsilon_0=\frac{1}{4\pi}$, в международной системе (V выражен в V, ϱ—в C/см^3) $\varepsilon_0=0{,}885\cdot10^{-13}$ F/см. Для интегрирования этих дифференциальных ур-ий требуется знать пограничные условия, т. е. значения V и его производных на поверхностях, ограничивающих поле. В электростатич. поле П. сохраняет постоянное значение на поверхности и внутри каждого однофазного проводника. Интегрирование ур-ий (4) и (5) при заданных П. на поверхности проводников только в простейших случаях приводит к обычным алгебраич. функциям. В более сложных случаях интегрирование ур-ий (4) и (5) представляет большие затруднения. На практике часто прибегают к графич. определению поля или к приближенным методам интегрирования. Кроме того применяется целый ряд экспериментальных методов. В случае двухмерного (плоскопараллельного) поля П. может быть определен во многих случаях методом конформных отображений.

Если известно распределение зарядов во всем пространстве, то П. определяется по формуле

$$V=\frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left\{\int\limits_{\infty}\frac{\varrho\,d\tau}{r}+\int\limits_{(S)}\frac{\sigma\,dS}{r}+\int\limits_{(S_1)}\eta\,d\Omega\right\}, \tag{6}$$

где ϱ—плотность объемного заряда в элементе объема $d\tau$, σ—плотность поверхностного заряда на элементе поверхности dS, η—момент двойного слоя (произведение из абсолютной величины плотности заряда по обе стороны поверхности двойного слоя на расстояние между этими слоями), $d\Omega$—элементарный телесный угол, под к-рым виден из точки наблюдения элемент поверхности S_1 двойного слоя, обладающий моментом η, r—расстояние от точки наблюдения до данного элемента поверхности или объема.

П. магнитный, скалярная функция, численно равная работе переноса в безвихревом магнитном поле единицы положительного (фиктивного) магнитного заряда из точки наблюдения в бесконечность. Магнитное напряжение, или разность магнитных П., между точками A и B равна линейному интегралу вектора напряженности магнитного поля

$$u_m=\int\limits_{A}^{B}\boldsymbol{H}\,d\boldsymbol{r}. \tag{7}$$

По закону полного тока (см. *Токи электрические*) ясно, что вектор $\boldsymbol{H}$ имеет П. только в тех областях, где плотность тока $\delta=0$. Там, где $\delta\neq0$, не существует магнитного П. Магнитный П.—многозначная ф-ия, т. к. магнитное напряжение вдоль замкнутой линии, охватывающей ток I, возрастает на I при каждом обходе этой линии. Разность магнитных П. измеряется при помощи пояса Роговского (см. *Электрические измерения*). Во многих случаях магнитное поле определяют при помощи векторного П., или векторпотенциала, $\boldsymbol{A}$ по ур-ию

$$\boldsymbol{B}=\operatorname{rot}\boldsymbol{A}, \tag{8}$$

причем в стационарных или квазистационарных полях на этот вектор налагают еще добавочное условие

$$\operatorname{div}\boldsymbol{A}=0.$$

Векторпотенциал удовлетворяет во всем поле векторному ур-ию Пуассона

$$\nabla^2\boldsymbol{A}=-\mu\mu_0\delta, \tag{9}$$

где δ—плотность полного тока. Если известно распределение плотности тока в пространстве, то векторпотенциал определяется по аналогии со скалярным П. при помощи интеграла

$$\boldsymbol{A}=\frac{\mu\mu_0}{4\pi}\int\limits_{\infty}\frac{\delta\,d\tau}{r}, \tag{10}$$

где μ—относительный коэф. проницаемости среды, μ_0—коэф. проницаемости вакуума. Напряженность магнитного поля определяется т. о. из ур-ия

$$\boldsymbol{H}=\frac{1}{\mu\mu_0}\boldsymbol{B}=\frac{1}{4\pi}\operatorname{rot}\int\limits_{\infty}\frac{\delta\,d\tau}{r}=\frac{1}{4\pi}\int\limits_{\infty}\frac{[\delta r]}{r^3}\,d\tau, \tag{11}$$

где вектор $\boldsymbol{r}$ берется в направлении от элементов объема с плотностью тока δ к точке наблюдения. Если поле создается линейными проводниками, для к-рых справедливо соотношение

$$I\,d\boldsymbol{r}=\delta\,d\tau,$$

где I—сила тока в проводнике, а $d\boldsymbol{r}$—элемент его длины, то выражение для магнитного поля $\boldsymbol{H}$, создаваемого n контурами K_λ, по к-рым проходят токи I_λ, принимает следующий вид:

$$\boldsymbol{H}=\sum_{\lambda=1}^{n}I_\lambda\oint\limits_{(K_\lambda)}\frac{[d\boldsymbol{r}\,\boldsymbol{r}]}{r^3}. \tag{12}$$

Элементарное выражение этой ф-лы дает известный закон Био-Савара

$$d\boldsymbol{H}=\frac{[I\,d\boldsymbol{r}\,\boldsymbol{r}]}{r^3} \tag{13}$$

или в скалярной форме

$$dH=\frac{I\,dl\sin\alpha}{r^2}, \tag{13'}$$

где dl—элемент длины проводника, α—угол между этим элементом и радиусом-вектором $\boldsymbol{r}$, соединяющим элемент длины с точкой наблюдения. При помощи векторпотенциала поток магнитной индукции определяется в виде линейного интеграла

$$\Phi=\int\limits_{(S)}\boldsymbol{B}\,d\boldsymbol{S}=\int\limits_{(S)}\operatorname{rot}\boldsymbol{A}\,d\boldsymbol{S}=\oint\limits_{(K)}\boldsymbol{A}\,d\boldsymbol{r},$$

где S—поверхность, окаймленная контуром K. В случае нестационарных явлений, когда приходится учитывать скорость распространения электромагнитного поля, обыкновенные П. заменяются запаздывающими, или ретардированными, П. (см. *Электромагнитные волны*).

Лит.: Круг К. А., Основы электротехники, 2 изд., М., 1926; Тамм И. Е., Основы теории электричества, т. 1, М.—Л., 1929; Шпильрейн Я. И., Векторное исчисление, М.—Л., 1925; Миткевич В. Ф., Физические основы электротехники, ч. 1, М.—Л., 1928; Abraham M. u. Becker R., Theorie d. Elektrizität, B. 1, Lpz.—B., 1930; Mises R. u. Frank P., Differential- u. Integralgleichungen d. Mechanik und mathematischen Physik, 7 Aufl., Band 1, Braunschweig, 1925; Hague B., Electromagnetic Problems a. Electrical Engineering, Oxford, 1929.

Я. Шпильрейн.

П. электродный, разность потенциалов, образующаяся на границе металл—раствор при погружении пластинки из металла в раствор, содержащий ионы этого металла. Согласно ф-ле Нёрста значение электродного П. металла определяется выражением

$$\varepsilon=-\frac{RT}{nF}\ln\frac{P}{p}. \tag{1}$$

где ξ—электродный П. в V, R—газовая постоянная в J, T—абсолютная темп-ра, n—валентность иона, F—число Фарадея, P—т. н. электролитич. упругость растворения металла, p—осмотич. давление ионов данного металла в растворе. Как видно из ф-лы (1), величина электродного П. при данной $t°$ зависит от химич. природы металла (последняя определяет значение электролитической упругости его растворения и валентность) и от концентрации ионов металла в растворе, так как осмотич. давление p, как известно, пропорционально концентрации. Величина электролитич. упругости растворения служит мерой стремления металла переходить в раствор; у металлов неблагородных (щелочные и щелочно-земельные, Zn, Mn) она велика, наоборот, металлы благо-

родные (Pt, Au, Ag, Cu) обладают ничтожно малой величиной упругости растворения. Величина электродного П. обычно определяется относительно какого-нибудь электрода, П. к-рого условно принимают равным нулю. Обычно таким электродом является нормальный водородный электрод, к-рый состоит из платиновой пластинки или платиновой проволоки, покрытой платиновой чернью и погруженной в раствор кислоты с нормальной концентрацией $H^{\cdot}$ ионов, через который пропускают ток водорода под атмосферным давлением. Такой электрод ведет себя так, как если бы он был сделан из металлически проводящего твердого водорода. Для экспериментального определения электродного П. какого-нибудь металла составляют цепь из исследуемого электрода и нормального водородного электрода и определяют эдс этой цепи компенсационным методом Поггендорфа; полученное значение эдс и принимают за величину электродного П. данного металла. На практике пользуются при определении электродного П. не водородным, а так наз. каломельным электродом, т. к. манипулировать с ним гораздо удобнее. Полученное значение эдс пересчитывают затем на водородный электрод. Если концентрация ионов металла в растворе равна единице (1 *г*-ион на 1 *л*), то значение электродного П. называется нормальным П. данного металла. Значение нормальных потенциалов приведено в следующей таблице.

Ряд напряжений некоторых химических элементов по отношению к нормальному водородному электроду (ε_h=0,0 V) при концентрации электролитов 1,0 *N* и *t*° 20°.

Электрод	Потенциал в V	Электрод	Потенциал в V
Катионы		**Катионы**	
$Li\|Li^{\cdot}$	−3,02	$H_2\,2H^{\cdot}$	+0,02
$K\|K^{\cdot}$	−2,92	$Cu\|Cu^{\cdot\cdot}$	+0,34
$Na\|Na^{\cdot}$	−2,71	$Cu\|Cu^{\cdot}$	+0,51
$Mg\|Mg^{\cdot\cdot}$	−1,55	$Fe\|Fe^{\cdot\cdot\cdot}$	+0,72
$Zn\|Zn^{\cdot\cdot}$	−0,76	$Ag\|Ag^{\cdot}$	+0,80
$Cr\|Cr^{\cdot\cdot}$	−0,6	$2Hg\|Hg_2^{\cdot\cdot}$	+0,8
$Cr\|Cr^{\cdot\cdot\cdot}$	−0,53	$Hg\|Hg^{\cdot\cdot}$	+0,86
$Fe\|Fe^{\cdot\cdot}$	−0,43	$Au\|Au^{\cdot}$	+1,5
$Cd\|Cd^{\cdot\cdot}$	−0,40	**Анионы**	
$Tl\|Tl^{\cdot}$	−0,33	$S''\|S$ тв.	−0,55
$Co\|Co^{\cdot\cdot}$	−0,29	$2J'\,J_2$ тв.	+0,54
$Ni\|Ni^{\cdot\cdot}$	−0,22	$2Br'\,Br_2$ ж.	+1,08
$Pb\|Pb^{\cdot\cdot}$	−0,12	$2Cl'\,Cl_2$ газ	+1,36
$Sn\|Sn^{\cdot\cdot}$	−0,10	$2F'\,F_2$ газ	+1,9
$Fe\|Fe^{\cdot\cdot\cdot}$	−0,04		

В вышеприведенной таблице указаны потенциалы не только металлов, но и нек-рых металлоидов. Приведенные выше рассуждения целиком распространяются и на них, разница заключается лишь в знаке, к-рый надо поставить перед ф-лой (1). Для потенциала металла мы пишем

$$E = -\frac{RT}{nF}\ln\frac{P}{p}; \qquad (1')$$

имея в виду, что в случае, если электролитич. упругость растворения металла больше осмотич. давления ионов в растворе, металл будет посылать свои ионы в раствор и вследствие того, что ионы металла заряжены положительно, пластинка металла зарядится отрицательно. Для металлоида мы следовательно должны написать

$$E = +\frac{RT}{nF}\ln\frac{P}{p}, \qquad (1'')$$

где все величины аналогичны таковым в ур-ии (1). Газовые электроды (напр. хлорный) осуществляются аналогично водородному. Из значения нормального потенциала легко получить значения П. металла относительно раствора любой концентрации его ионов. Действительно из ф-лы (1) имеем

$$E = -\frac{RT}{nF}\ln\frac{P}{kC}, \qquad (2)$$

ибо осмотическое давление пропорционально концентрации C ионов металла или

$$E = -\frac{RT}{nF}\ln\frac{P}{k} + \frac{RT}{nF}\ln C. \qquad (3)$$

В том случае, когда концентрация ионов металла равна единице, т. е. когда мы имеем дело с т. н. нормальным П. металла, второй член равенства (3) обращается в нуль, следовательно величина нормального потенциала металла E_0 м. б. представлена следующим образом:

$$E_0 = -\frac{RT}{nF}\ln\frac{P}{k},$$

откуда электродный П. металла относительно раствора любой концентрации ионов

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF}\ln C;$$

или, заменяя постоянные их числовыми значениями и переходя к десятичным логарифмам, имеем для комнатной t° (18°)

$$E = E_0 + \frac{0{,}058}{n}\lg C.$$

Как видно из ф-лы, электродный П. тем выше (благороднее), чем выше концентрация ионов металла в растворе, причем изменение концентрации сказывается на величине электродного П. сравнительно незначительно; при увеличении концентрации в 10 раз значение П. возрастает всего лишь на 0,058 *V* в случае 1-валентного металла и на 0,029 *V* в случае 2-валентного.

Приведенная выше таблица нормальных потенциалов известна под названием ряда напряжений. Пользуясь им, можно определить эдс любого гальванич. элемента, эдс к-рого определяется, как известно, разностью электродных потенциалов, напр. для эдс элемента Даниэля $Cu\,|\,CuSO_4\,|\,ZnSO_4\,|\,Zn$ в случае нормальных концентраций ионов $Cu^{\cdot\cdot}$ и $Zn^{\cdot\cdot}$ $E = 0{,}34 - (-0{,}76) = 1{,}1$ V. Этот ряд представляет количественную характеристику известной закономерности, по к-рой неблагородные металлы вытесняют благородные из их солей; известно, что железная пластинка при погружении в раствор медного купороса выделяет из него медь по ур-ию $Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$; возможность такого рода реакции электрохимически легко объясняется тем, что на поверхности железной пластинки в этом случае появляется коротко замкнутый гальванич. элемент, одним полюсом к-рого служит железо, другим—медь; т. к. электродный П. железа ниже (менее благородный), чем меди (−0,43 и +0,34), то железо будет в этом случае растворимым электродом (анодом), а медь—катодом, в силу чего железо будет переходить в раствор, а медь выделяться в свободном виде. Эти же соображения справедливы и

для выделения водорода. Металлы, стоящие выше водорода в ряду напряжений (менее благородные), выделяют его из к-т, стоящие же ниже (более благородные) не выделяют, а, наоборот, газообразный водород восстанавливает растворы их солей до металла. Явления, связанные с различной величиной электродного П. металлов, лежат в основе процессов разрушения, или т. н. *коррозии* (см.) металлов. Значение электродного П. принимается всегда во внимание при защите одних металлов другими, хотя в нек-рых случаях данные ряда напряжений не вполне соответствуют действительному поведению металла вследствие осложнений, вызываемых процессами окисления и *пассивирования* (см.). Последнее время в практике значением электродного П., измеренного на опыте, часто пользуются для определения концентрации; на этом основано определение *концентрации водородных ионов* (см.) и *электролитическое титрование* (см.). Во всех приведенных рассуждениях были приведены лишь относительные значения электродного П., отсчитанные от нормального водородного электрода, каковому был условно приписан П., равный нулю. Определение абсолютного значения электродного П. сопряжено с большими трудностями, и до настоящего времени нет еще достаточно надежного метода его определения. Из предложенных методов наибольшее согласие между собой дают методы электрокапиллярной кривой и ртутного капельного электрода. Согласно этим методам абсолютное значение потенциала нормального водородного электрода лежит между −0,22 и −0,27 V. Другие методы дают сильно отклоняющиеся от этих значений цифры. Напр. метод Бенневица и Шульца с серебряными электродами в растворе $AgNO_3$ дает для потенциала нормального водородного электрода значение, равное +0,485V, так что вопрос об абсолютной величине электродного П. не может считаться окончательно разрешенным, вследствие чего на практике приходится иметь дело исключительно с относительными значениями. В некоторых учебниках, правда, даются величины абсолютных значений электродного П., вычисленные по капельному электроду, но следует отметить на основании сказанного выше, что определенный таким образом электродный Р. любого металла на 0,27 V больше обычно указываемого П. относительно водородного электрода.

Лит.: Эггерт Дж., Учебник физич. химии, пер. с нем., стр. 445—489, М.—Л., 1931; Изгарышев Н. А., Электрохимия и ее технич. применение, стр. 58—102, Л., 1929; Жеблан М., Руководство по электрохимии, пер. с немецкого, стр. 190—341, М.—Л., 1930; Grube G., Grundzuge der theoretischen u. angewandten Elektrochemie, 2 Aufl., p. 65—110, Lpz., 1930; Euken A., Lehrbuch der chemischen Physik, 3 Aufl., p. 497—522, Lpz., 1930; Foerster F., Elektrochemie wasseriger Losungen, Handbuch d. angewandten physikalischen Chemie, hrsg. v. G. Bredig, B. 1, 4 Aufl., p. 147—239, Lpz., 1923. **С. Плетенев.**

П. термодинамический, термодинамическая функция $\theta(x, y)$, определяющая при заданных условиях возможность любого физико-химического процесса в данной системе, т. е. условие его необратимости, а также условие обратимости процесса, условия равновесия и его устойчивости (см. *Равновесие, Термодинамика*). П. термодинамические (θ) обладают следующими основными свойствами, весьма ценными для решения практических задач.

1) При данном выборе параметров, поддерживаемых постоянными, условие возможности процесса дается условием возрастания ($d\theta > 0$) или убывания ($d\theta < 0$) термодинамического П.

2) Условия устойчивого или неустойчивого равновесия определяются максимумом или минимумом термодинамического П. (при $d\theta = 0$; $d^2\theta \leqq 0$); условия безразличного равновесия будут $d\theta = 0$; $d^2\theta = 0$.

3) При определенных условиях (например в изотермич. или изоэнтропич. процессах) убыль термодинамич. П. измеряет максимальную работу данного обратимого процесса $A_m = (\theta_1 - \theta_2)$. Для необратимых же процессов $A_n < (\theta_1 - \theta_2)$.

4) П. термодинамич. системы дает ее полную термодинамич. характеристику. Зная термодинамич. П., можно вычислить все ее термодинамич. функции состояния и найти ур-ие состояния ее.

Из общего выражения I и II начал термодинамики (обозначения см. в таблице):

$$TdS \geqslant dU + \sum_n X\,dx \qquad (1)$$

находим, что при выборе постоянными параметрами всех x и U или всех X и ф-ии $U + \sum Xx = H$ энтропия S является ф-ией,

Таблица термодинамических потенциалов.

Параметры	Вид потенциала		Условия устойчивого равновесия
$U, v\ (x)$	Функция, определяющая равновесие и не являющаяся П.	Энтропия S	Максимум
$H, p\ (X)$			
$T, v\ (x)$	Изотермические потенциалы	$F = U - TS$—внутренний П. (свободная энергия)	Минимум
$T, p\ (X)$		$\Phi = U - TS + pv$—полный П.	Минимум
		или $\varphi = S - \frac{U + pv}{T}$ (функция Планка)	Максимум
$S, v\ (x)$	Изоэнтропические потенциалы	U—внутренний П. (полная внутренняя энергия)	Минимум
$S, p\ (X)$		$H = U + pv$—полный П. (тепловая функция, эпталь пия)	Минимум

определяющей условия возможности процессов ($dS>0$), обратимости ($dS=0$) и устойчивого равновесия ($dS=0$; $d^2S<0$; $S=max$). При этом

$$\left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_x=\frac{1}{T},\quad \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_U=\frac{X}{T}.$$

$\sum X\,dx$—сумма обобщенных работ (X может быть например некоторым напряжением, а dx—соответствующей деформацией и т. д.). В дальнейшем для ясности примем $X=p$, $x=v$ и $\sum X\,dx=pdv=$работе расширения. S не имеет размерности термодинамич. П., не обладая свойством (3), а потому выделена отдельно в таблице.

П. термодинамические м. б. разделены на 2 класса. а) Изотермические П. Одним из $(n+1)$ постоянных параметров является темп-ра T (системы T, x или T, X). В первом случае из (1)

$$T\,dS\geqslant dU+\delta A$$

находим: $\delta A\leqslant -dF_T$ и П. термодинамич. $F=U-TS$ называется свободной энергией, так как максимальная работа (в изотермическом обратимом процессе) измеряется убылью F, или внутренним изотермич. П. При этом

$$dF(v,T)=-p\,dv-S\,dT,$$

т. е. $-\left[\frac{\partial F(v,T)}{\partial v}\right]_T=p(v,T)$ (ур-ие состояния данной молекулярной системы), $-\left[\frac{\partial F}{\partial T}\right]_v=S$ (исключение энтропии заменой ее темп-рным коэф-том изотермич. П. термодинамического). Кроме того

$U=F-\frac{\partial F}{\partial T}$ (ур-ие Гиббса-Гельмгольтца).

Во втором случае (при параметрах T, X, напр. T, p) термодинамического П. является функция:

$$\Phi=U-TS+pv, \qquad (2)$$

т. к. из (1) при этом

$$d(U-TS+pv)\leqslant 0;$$

Φ называется полным изотермическим П. Из (2)

$$d\Phi(p,T)=v\,dp-S\,dT$$

находим выражения остальных ф-ий через полный изотермич. П.:

$$v(p,T)=\frac{\partial\Phi}{\partial p},\quad S=-\frac{\partial\Phi}{\partial T},$$

$$H=(U+pv)=\Phi-T\frac{\partial\Phi}{\partial T}.$$

Для теплоемкости также имеем симметричные выражения:

$$c_v=-T\left(\frac{\partial^2F}{\partial T^2}\right)_v,\quad c_p=-T\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial T^2}\right)_p.$$

Условия возможности процесса $dF<0$ или $d\Phi<0$, условия устойчивого равновесия $d^2F>0$ или $d^2\Phi>0$ (минимум П.).

б) Изоэнтропические П. Одним из $(n+1)$ постоянных параметров является энтропия S (системы S, x или S, X). В первом случае из (1) находим:

$$dU\leqslant T\,dS-\delta A;\ \delta A\leqslant -dU_S;$$

термодинамическим П. является $U=f(S,v)$. При этом

$$\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_v=T;\ \left(\frac{\partial U}{\partial v}\right)_S=-p.$$

Во втором случае

$$dH\leqslant T\,dS+v\,dp$$

и при параметрах p, S, $H=U+pv=f(p,S)$ является термодинамич. П.

$$\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_p=T;\ \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_S=v.$$

Изоэнтропические термодинамические П. обладают тем свойством, что в процессах $x=$Const и $X=$Const измеряют тепловой эффект процесса, т. е. являются тепловыми ф-ниями:

$$q_v=-(U_2-U_1)_v,$$
$$q_p=-(H_2-H_1)_p$$

(q—выделенное в процессе тепло).

Химическим П. называется производная термодинамич. П. по массе данного компонента k системы

$$\mu_k=\left(\frac{\partial\theta}{\partial m_k}\right)_{x=\text{Const}}.$$

При постоянстве остальных параметров (кроме масс m) изменение термодинамич. П. сводится при химических реакциях к одной только «химической работе»:

$$d\theta=\sum_k\mu_k dm_k.$$

Условие

$$d\theta=\sum_k\mu_k dm_k=0 \qquad (3)$$

дает общий закон динамич. равновесия всех физико-химич. и химич. процессов. При распределении данного компонента k между n фазами условие равновесия (3) сводится к $(n-1)$ условиям:

$$(\mu_k)_1=(\mu_k)_2=\ldots=(\mu_k)_n, \qquad (4)$$

ведущим к *правилу фаз* (см.). При переходе одного компонента из одной фазы (1) в другую (2) условие равновесия (4) принимает вид: $\mu_1=\mu_2$, а условие перехода $1\to 2$—вид: $\mu_1-\mu_2>0$. См. также *Окклюзия*, *Плавление*, *Пары*.

Общая зависимость между изотермическим П. θ_T и соответствующим ему изоэнтропическим П. θ_S:

$$\theta_S=\theta_T-T\frac{\partial\theta_T}{\partial T}.$$

Общая зависимость между внутренним (θ_i) и соответствующим полным θ_e термодинамическим П.:

$$\theta_e=\theta_i+\sum X_k x_k=\theta_i+\sum\frac{\partial\theta_i}{\partial x_k}x_k,$$

где $\sum X_k x_k=\theta_e$—внешний П., т. е. П. постоянных внешних сил, сводящийся в простейшем случае к П. постоянного внешнего давления p:

$$\theta_e=p\cdot v.$$

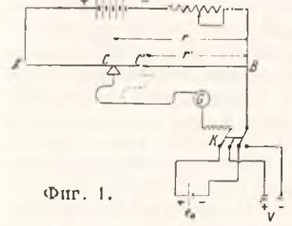
Лит.: Брандт А. А., Основания термодинамики, 4 изд., М.—Л., 1923; Планк М., Термодинамика, пер. с нем., М.—Л., 1925; Посальский Н. Т., Равновесие соприкасающихся масс, Одесса, 1895; Вознесенский С. А. и Ребиндер П. А., Руководство к лабораторным работам по физич. химии, М.—Л., 1928; Богуславский С. А., Основы молекулярной физики и применение статистики к вычислению термодинамич. потенциалов, «Научные известия», сб. 3, Физика, М., 1922; Умов Н. А., «Bull. de la Société Natural.», М., 1894, 1; Massieu, «CR», 1869, v. 69, p. 858, 1057, «Journ. de Physique», P., 1877, v. 6, p. 316; Gibbs J. W., Thermodynamische Studien, Lpz., 1892; Duhem P., Traité énergétique ou de thermodynamique générale, t. 1—2, P., 1911—12; Duhem P., Traité élémentaire de mécanique chimique, fondée sur la thermodynamique, t. 1—4, P., 1897—99; Duhem P., Le potentiel thermodynamique, P., 1886; Helmholtz H., Die Thermodynamik chemischer Vorgänge, «Sitzungsber. Preuss. Akad.», B., 1882; Helmholtz H., Abhandlungen zur Thermodynamik, Ostwalds Klassiker, B. 124, Lpz., 1921; Van-Laar J., Sechs Vorträge über d. thermodynamische Potential, Lpz., 1906; Lewis G. N., Thermodynamik, W., 1927; Schottky W., Ulich H. u. Wagner C., Thermodynamik, B., 1929; Voigt W., Lehrbuch der Kristallphysik, Lpz.—B., 1928.

П. Ребиндер.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР, см. *Индукционные машины.*

ПОТЕНЦИОМЕТР, аппарат, служащий для измерения напряжений методом компенсации. Он состоит из следующих основных частей: 1) сопротивления, посредством которого можно делить известное или искомое напряжение в любом отношении, 2) гальванометра, 3) нормального элемента. В практике часто понимают под потенциометром только сопротивление, которое позволяет делить напряжение; однако такое название не может быть признано правильным. Поэтому термин «потенциометр» следует относить ко всему аппарату в целом.

Помимо измерения эдс П. служит также для измерения силы токов и сопротивлений. Прибор основан на компенсационном методе (т. е. он работает без расхода тока от измеряемой эдс) и относится к нулевым методам *измерений* (см.), являясь наиболее простым и точным методом электрич. измерений. Здесь возможно 1) применение самых чувствительных *гальванометров* (см.) и 2) устранение погрешности от соединительных проводов. Идея метода состоит в том, что сравниваемые эдс V (неизвестная) и эдс *нормального элемента* (см.) e_0 компенсируются внешним напряжением от постороннего источника тока (батареи) E (фиг. 1). Последняя включается на внешнее сопротивление AB (падение потенциала устанавливается от точки A до точки B). Переместив переключатель K влево передвижением контакта C, устанавливают отсутствие тока в цепи гальванометра G. Вследствие этого эдс элемента e_0 будет уравновешена разностью потенциалов на участке сопротивления BC. Переместив затем переключатель K вправо, добиваются того же условия для эдс V (положение передвижного контакта C'). Отсюда для двух случаев получается



Фиг. 1.

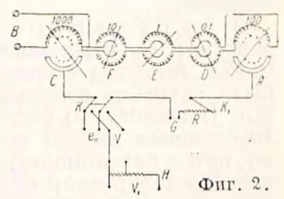
$$e_0=ir;\ V=ir'$$

или

$$V=e_0\cdot\frac{r'}{r}. \qquad (1)$$

П. применяются для измерения (по нулевому методу) эдс, силы тока и сопротивления (нормальный элемент во многих случаях может отсутствовать). Указанные приборы подразделяются на П. постоянного и переменного тока. Кроме того в зависимости от сопротивления рабочей цепи П. можно классифицировать на П. малого сопротивления (порядка 100 Ω) и П. большого сопротивления (выше 1 000 Ω). Первые применяют для измерения весьма малых разностей потенциалов порядка сотых долей V, напр. в термопарах; вторые применяются для измерения разностей потенциалов порядка 1 V.

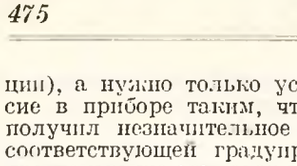
П. постоянного тока. Наиболее совершенной из современных конструкций является П. сист. Фейснера, усовершенствованный Вольфом. Схема прибора (фиг. 2) сводится к следующему. A и C — простые рычажные магазины сопротивления, состоящие из 9 катушек по 1 000 Ω в одном и по 100 Ω в другом магазине; D, E, F—двойные магазины, имеющие по 9 парных катушек по 10, 1 и 0,1 Ω соответственно. Устройство двойных магазинов таково, что при повороте рычагов D, E, F в цепь всегда введено по 9 катушек каждого двойного магазина. Все 5 магазинов введены последовательно в цепь вспомогательной батареи B. Так как сопротивление этой цепи вследствие описанного устройства магазинов D, E, F остается неизменным при любом положении рычагов, то сила тока в цепи батареи B остается постоянной. К точкам A и C прибора приключают посредством переключателя K компенсируемую ветвь; вместе с гальванометром G вводится в цепь или нормальный элемент e_0 или измеряемое напряжение V. Передвигая рычаги C, F, E, D, A, добиваются отсутствия тока в компенсируемых ветвях (передвижение контакта C на фиг. 1). Измеряемое напряжение находят по ф-ле (1), где r и r'— сопротивления той части магазинов, к-рые оказались введенными в компенсируемую ветвь при включении нормального элемента или измеряемого напряжения. На фиг. 2 R—сопротивление порядка 10 000 Ω, к-рое вводится при первоначальном включении гальванометра для предохранения нормального элемента от сильного тока в этой части цепи. При достижении близкого к равновесию положения это сопротивление выводится переключателем K_1. Эдс батареи B равна ~2 V, предел измерения при описанном устройстве П.—до 1,5 V. Для измерения более высоких сопротивлений к П. прилагается добавочный магазин сопротивлений H, к концам к-рого приключают измеряемое напряжение V_1, а напряжение V к П. берется от двух точек магазина H, уменьшенное в известное число раз. Если измеряемое напряжение незначительно превосходит эдс нормального элемента, то оно измеряется включением его на место батареи B. Для измерения весьма малых разностей потенциалов (например у термоэлементов и термоэлектрич. пирометров) пользуются П. малого сопротивления (малоомными). Относящийся сюда П. сист. Диссельгорста устроен так, что термоэлектродвижущие силы, к-рые могут возникнуть внутри П., взаимно уничтожаются и не влияют на его показания. Этот П. приспособлен для измерения разностей П. порядка сотых долей V. Для быстрой работы, но в ущерб точности наблюдений, предназначен П. сист. Брукса. Быстрота работы в этом П. достигается потому, что здесь не требуется добиваться установки гальванометра на нуль (полной компенса-



Фиг. 2.

ции), а нужно только установить равновесие в приборе таким, чтобы гальванометр получил незначительное отклонение. При соответствующей градуировке гальванометра показание его, сложенное с показанием указателя на приборе, дает измеряемую величину.

П. п е р е м е н н о г о т о к а. При компенсации на переменном токе необходимо, чтобы непосредственно сравниваемые эдс были равны по величине и имели одинаковые 1) частоту, 2) форму кривой и 3) фазу. Выполнения первых двух условий достигают, питая потенциометр через соответствующий трансформатор от того же генератора, напряжение к-рого нужно измерить. Для выполнения третьего условия необходим регулятор фаз (П. сист. Дрисдаля) или особый трансформатор без железа (комплексный П. системы Гартмана и Брауна). В виду отсутствия эталона переменной эдс для установления силы рабочего тока в П. переменного тока служат электродинамические амперметры, поэтому точность измерения величины напряжения не превосходит точности этого амперметра (0,5%). П. переменного тока применяются при всех точных измерениях в цепях переменного тока: при калибровке амперметров и вольтметров, при точном измерении емкостного и индуктивного сопротивления цепи, при определении угла сдвига фаз между токами в отдельных участках цепи. Измерение угла при помощи регулятора фаз м. б. произведено с точностью не более 0,5°, с помощью комплексного П.—до 0,25°, но измерение последним величины эдс имеет погрешность 0,5—1%. Нулевым прибором служит вибрационный гальванометр; применяют также и магнитоэлектрич. гальванометр, включенный через выпрямитель. Схема комплексного П. представлена на фиг. 3. Прибор состоит из двух калиброванных проволок M_1 и M_2, соединенных своими серединами; проволоки питаются переменными токами, равными по величине и сдвинутыми по фазе на 90°, при помощи особого трансформатора без железа T. Измеряемое напряжение V_x компенсируется напряжением от подвижных контактов K_1 и K_2, передвижением к-рых можно уравновесить отдельно как активную V_1, так и реактивную V_2 составляющие измеряемого напряжения, к-рые даются указателем на приборе, а по их величинам находят амплитуду и фазу. Переключатели S_1 и S_2 дают возможность менять число витков трансформатора T.



Фиг. 3.

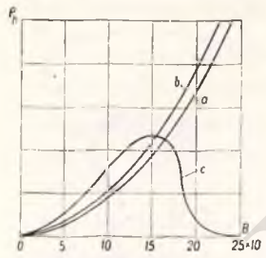
Лит.: Б а з и л е в и ч В. В., Электротехнич. измерения и приборы, Л., 1929; Справочная книга для электротехников (СЭТ), т. 1, Л., 1928; G r u h n K., Elektrotechnische Messinstrumente, 2 Aufl., B., 1923; D r y s d a l e C. a. J o l l e y A., Electrical Measuring Instruments, v. 1—2, L., 1924. **И. Мельников.**

ПОТЕРИ в э л е к т р и ч е с к и х м а ш и н а х и т р а н с ф о р м а т о р а х. Все П. в электрич. машинах можно разбить на 4 группы: 1) П. в магнитной цепи или, как их часто называют, П. в ж е л е з е, к-рые в свою очередь подразделяются на П. на гистерезис и на П. на токи Фуко. 2) П. в электрич. цепи, или джоулевы П., к-рые образуются при прохождении тока по обмоткам машины (якоря возбуждения) и через контактное сопротивление между щетками и коллектором или кольцами. 3) Механич. П., к-рые разделяются на П. на трение в подшипниках, П. на трение вращающихся частей о воздух и П. на трение щеток о коллектор или кольца. 4) Дополнительные П., не поддающиеся точному учету или измерению и состоящие из а) добавочных П. в железе якоря или других частей магнитной цепи машины, к-рые образуются вследствие механической обработки этих деталей, искажения магнитного потока и т. п.; б) П. на токи Фуко в болтах, стягивающих листы якорного железа; в) П. на токи Фуко в проводах, вызываемых насыщением в зубцах якоря вследствие искажения главного потока; г) П. на токи Фуко в проводах и коллекторных пластинах вследствие поперечных потоков, вызываемых токами при нагрузке; д) П. в коротко замкнутых секциях при коммутации тока; е) П. от уравнительных токов и в параллельно соединенных ветвях электрич. цепи.

Магнитные П. Потери на гистерезис и токи Фуко в магнитной системе машин возникают при всяком п е р е м а г н и ч и в а н и и или частичном изменении магнитного потока. Различают три вида перемагничивания: статическое, переменное и вращательное. Если перемагничивание железа, например якоря, производить медленно, а именно постепенно увеличивать напряжение намагничивающего поля до некоторого максимума, а затем так же постепенно уменьшать до нуля, изменить далее направление его и проделать вновь тот же процесс, то можно на основании измерения магнитной индукции и напряженности поля построить гистерезисную петлю, по площади к-рой и вычисляется энергия, потребная на один цикл такого перемагничивания. Этот род перемагничивания носит название с т а т и ч е с к о г о, и он имеет место гл. обр. при магнитных исследованиях различных сортов динамной стали, идущей на изготовление машин. К этому виду перемагничивания м. б. отнесен (хотя это и не вполне правильно) например процесс перемагничивания в зубцах роторов асинхронных машин, вращающихся с весьма малыми скольжениями. П е р е м е н н о е перемагничивание является наиболее распространенным видом перемагничивания в электрич. машинах, оно имеет место всюду, где магнитные поля создаются переменными токами, напр. в сердечниках трансформаторов, зубцах якорей и т. п. В р а щ а т е л ь н о е перемагничивание в чистом виде не встречается в электрич. машинах, оно проявляется одновременно с переменным перемагничиванием и бывает гл. обр. в сердечниках якорей электрич. машин. При этом вращательное перемагничивание сказывается в большей степени в тех частях тела якоря, к-рые лежат ближе к воздушному зазору.

П. н а г и с т е р е з и с. На фиг. 1 представлены результаты измерения потерь на гистерезис P_h при статическом (кривая a), переменном (кривая b) и вращательном (кривая c) перемагничивании, к-рые показывают, что первые два рода перемагничивания мало разнятся друг от друга, а потери

на гистерезис при вращательном перемагничивании значительно отличаются от потерь при статическом и переменном перемагничивании и изменяются в зависимости от магнитной индукции B (в гауссах) по иному закону. Из кривых фиг. 1 видно, что при вращательном перемагничивании потери сначала возрастают, достигают своего максимума, а затем быстро понижаются. Максимальное значение для обыкновенной динамной стали получается при $B \cong 16\,000$ гауссов, а при $B \cong 24\,000$ гауссов эти потери почти равны нулю. До $B \cong 10\,000$ гауссов потери на гистерезис при вращательном перемагничивании больше, чем при переменном, приблизительно в 1,6—2,0 раза. В сердечниках якоря магнитная индукция обыкновенно не превышает 16 000 гауссов, поэтому потери на вращательный гистерезис можно определить по кривой c фиг. 1, причем для учета влияния вращательного гистерезиса следует при вычислении вводить, как это предлагает Рихтер, поправочный коэф. $k \cong 1{,}8$. Для других же частей магнитной цепи электрич. машины определение П. на гистерезис производится для переменного перемагничивания. Впервые определение гистерезисных П. при переменном перемагничивании было произведено Штейнмецом. На основании целого ряда опытов Штейнмец установил след. ф-лу, выражающую П. на гистерезис (в эргах) для одного цикла перемагничивания:



Фиг. 1.

$$A_{1h} = \eta \cdot B_{max}^{1{,}6} V,$$

где B_{max}—максимальная магнитная индукция, V—объем в $см^3$ и η—так наз. гистерезисная постоянная Штейнмеца. Исходя из этой ф-лы, можно получить выражение для мощности П. при частоте перемагничивания f (в эрг/ск.):

$$P_h = \eta \cdot B_{max}^{1{,}6} V \cdot f,$$

или (в $W/дм^3$):

$$P_h = \sigma_{1h} \cdot \frac{f}{100} \left(\frac{B_{max}}{1000}\right)^{1{,}6},$$

где

$$\sigma_{1h} = 631\,\eta.$$

Позднейшие исследования П. на гистерезис показали, что формула Штейнмеца дает хорошие результаты вычисления П. только для небольших индукций, при повышенных же магнитных индукциях П. на гистерезис, вычисленные по формуле Штейнмеца, значительно отличаются от действительных. Кроме того ф-ла Штейнмеца не очень удобна для производства по ней вычислений, т. к. возведение B_{max} в степень 1,6 требует применения счетной линейки или логарифмич. таблиц. Более совершенная ф-ла для вычисления П. на гистерезис предложена Рихтером, к-рый на основании своих опытов пришел к выводу, что П. на гистерезис м. б. выражены так:

$$P_h = f(\alpha' B_{max} + \beta' B_{max}^2),$$

или в более удобном для практических целей виде (в $W/кг$):

$$P_h = \alpha' \cdot \frac{f}{100} \cdot \frac{B_{max}}{10\,000} + \beta' \frac{f}{100} \cdot \left(\frac{B_{max}}{10\,000}\right)^2,$$

где α', β', α и β—коэф-ты, зависящие от сорта динамной стали. Для магнитных индукций $B > 10\,000$ гауссов, что имеет место в электрич. машинах; ф-лу Рихтера можно упростить, т. к. первый член в ней по сравнению со вторым очень мал, и по предложению самого автора написать в более удобном виде:

$$P_h = \varepsilon \frac{f}{100} \cdot \left(\frac{B_{max}}{10\,000}\right)^2.$$

Здесь ε определяется т. о., чтобы при $B = 10\,000$ гауссов эта ф-ла давала результат, одинаковый с предыдущими ф-лами.

П. н а т о к и Ф у к о. Эти П. создаются токами, наводящимися в железе машины при его перемагничивании. Для уменьшения этих потерь якори электрич. машин и сердечники трансформаторов выполняются из листовой стали, причем в электрических машинах толщина листов стали берется нормально $\Delta = 0{,}5$ *мм*, а в трансформаторах $\Delta = 0{,}5 \div 0{,}35$ *мм*, в машинах же высокой частоты применяются специальные сорта листового железа, имеющего толщину $0{,}05 \div 0{,}10$ *мм*. Для электрич. машин и трансформаторов нормальной частоты, в к-рых влияние вихревых токов на основное магнитное поле очень мало, П. на токи Фуко м. б. вычислены в $W/см^3$ по следующей ф-ле:

$$P_w = \frac{4}{3\varrho} \left(\Delta \cdot \frac{f}{100} \cdot f_\varepsilon \cdot \frac{B}{10\,000}\right)^2,$$

где ϱ—уд. сопротивление листовой стали в $\frac{\Omega мм^2}{м}$, Δ—толщина листов стали в *см*, f—частота тока в пер/ск., B_{max}—максимальная индукция в гауссах, f_ε—коэф-т формы кривой эдс. Для синусоидального изменения магнитного потока аналитич. выражение П. на токи Фуко в 1 *кг* листовой стали приобретает в $W/кг$ следующий простой вид:

$$P_w = \sigma \left(\frac{f}{100} \cdot \frac{B}{10\,000}\right)^2.$$

При высокочастотном перемагничивании или при перемагничивании толстых листов необходимо учитывать обратное действие вихревых токов на основное магнитное поле машины. Тогда П. на токи Фуко, приходящиеся на единицу объема железа, следует вычислять по ф-ле (в $W/см^3$):

$$P_w = \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{\pi^3 \cdot f^3}{\varrho \cdot \Pi}} \cdot B_{max}^2,$$

где Δ — толщина железного листа в *см*, f—частота в пер/ск., ϱ—уд. сопротивление железа в Ω-*см*, Π—магнитная проницаемость железа, выраженная в $Н/см$ и равная $0{,}4\,\pi \cdot 10^{-8}\,\mu$ (μ—относительная магнитная проницаемость), B_{max} — наибольшее среднее значение магнитной индукции.

С у м м а р н ы е м а г н и т н ы е П. на единицу веса листовой электротехнич. стали м. б. определены в $W/кг$ по ф-ле, к-рая является результатом сложения отдельных потерь на гистерезис и токи Фуко, а именно:

$$P_{h+w} = P_h + P_w = \left[\varepsilon \cdot \frac{f}{100} + \sigma \left(\frac{f}{10\,000}\right)^2\right] \left(\frac{B_{max}}{10\,000}\right)^2.$$

Если в эту ф-лу подставить $f = 50$ пер/ск., то она принимает следующий вид:

$$P_{h+w} = \gamma \cdot \left(\frac{B_{max}}{10\,000}\right)^2,$$

где

$$x = \varepsilon\frac{50}{100} + \sigma\left(\frac{50}{100}\right)^2 = 0{,}5\varepsilon + 0{,}25\sigma.$$

По последней ф-ле обычно определяют магнитные П. P_{10} и P_{15} соответственно магнитным индукциям $B = 10\,000$ гауссов и $B = 15\,000$ гауссов. Полученные значения характеризуют с точки зрения П. качество динамной или трансформаторной стали. Эти П. называются удельными. Согласно стандарту (ОСТ 377) уд. П. P_{10} д. б. для обычной динамной стали толщиной в 0,5 *мм* не более 3,3 W/*кг*, а для специальной—2,3 W/*кг*; для трансформаторной стали толщиной в 0,35 *мм* до 1,3 W/*кг*. Измерение отдельных П. в готовых электрич. машинах показывает, что они всегда больше тех, к-рые получаются при испытании образцов стали. Это расхождение в значительной мере нужно отнести за счет тех механич. операций, к-рым подвергается листовая сталь во время изготовления машины. Увеличение П. на гистерезис происходит менее значительно, чем потери на токи Фуко. На увеличение П. на гистерезис влияет резка листов стали и штамповка впадин, при которых края листов закаливаются, вследствие чего и повышаются эти потери. Большое влияние на П. от *вихревых токов* (см.) оказывает процесс очистки впадин от заусенцев, появляющихся при штамповке, а также от выступающих краев отдельных листов, что особенно ощущается при плохой сборке и прессовке листовых пакетов. При вычислении П. на основании вышеприведенных формул увеличение магнитных П. вследствие механич. обработки динамной и трансформаторной стали учитывается обычно введением соответствующих поправочных коэф-тов. Ниже приводятся ф-лы, посредством к-рых можно с достаточным приближением к действительности вычислить П. для отдельных частей магнитной системы электрич. машин.

П. в сердечнике якоря P_a вычисляются в W по ф-ле:

$$P_a = (k_h P_h + k_w P_w) G_a,$$

где G_a—вес сердечника якоря в *кг*, k_h и k_w—коэфициенты, учитывающие влияние на П. неравномерного распределения магнитной индукции в поперечном сечении тела якоря, а также вращательного перемагничивания и механической обработки. Для внутренних якорей

$$k_h \simeq 2, \quad k_w \simeq 2{,}3,$$

$$G_a = 22l\left[\left(\frac{D}{2} - h\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2\right]\cdot 10^{-3},$$

а для внешних якорей

$$k_h \simeq 2, \quad k_w \simeq 1{,}8,$$

$$G_a = 22l\left[\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} + h\right)^2\right]\cdot 10^{-3}.$$

В предыдущей ф-ле P_h и P_w вычисляются по максимальному значению средней магнитной индукции в сердечнике якоря

$$B_a = \frac{\Phi_a}{S_a},$$

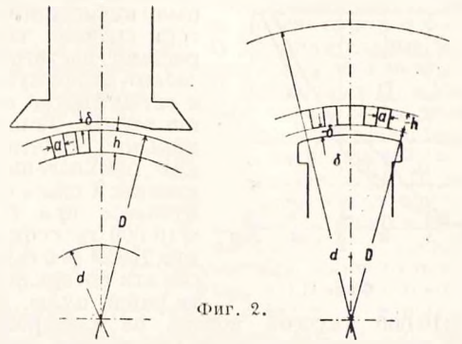
где Φ_a—поток в сердечнике якоря, а S_a—площадь поперечного сечения сердечника якоря.

При вычислении весов измеряют D, d и h в *см* (фиг. 2), l—длина железа якоря в *см*; принимают уд. в. стали равным $\gamma = 7{,}8$, а коэфициент, учитывающий толщину бумажной изоляции между листами, $k_l = 0{,}9$.

П. в зубцах якоря составляют в W:

$$P_z = (k_h P_h + k_w P_w) G_z,$$

где k_h и k_w—коэф-ты, учитывающие влияние неравномерности распределения магнитной



Фиг. 2.

индукции вдоль зубца; значения k_h и k_w таковы: для машин постоянного тока $k_h = 1{,}2$, $k_w = 3$, а для синхронных и асинхронных трехфазных машин: $k_h \cong 1{,}2$, $k_w \cong 1{,}5$. Здесь P_h и P_w определяются по средней магнитной индукции в зубцах при нагрузке машины. Вес G_z вычисляется в *кг* по ф-лам: для внутренних якорей

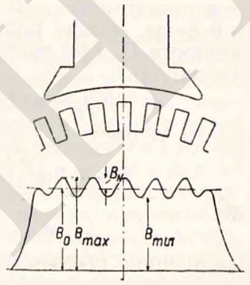
$$G_z = 7h\cdot l[(D-h)\pi - Z\cdot a]\cdot 10^{-3},$$

для внешних якорей

$$G_z = 7h\cdot l[(D+h)\pi - Z\cdot a]\cdot 10^{-3}.$$

Здесь h, a и D представляют размеры в *см*, указанные на фиг. 2, Z—число зубцов, а l—активная длина якоря в *см*.

П. в полюсных наконечниках. В зубчатых якорях поток распределяется по полюсному наконечнику неравномерно. Соответственно зубцам и впадинам получается сгущение и разрежение магнитных силовых линий (фиг. 3), т. е. максимумы и минимумы индукции. Таким образом на поле со средним значением B_0 накладывается волнистое поле с амплитудой $B_y = (k_1 - 1)B_0$. При вращении якоря максимумы и минимумы магнитной индукции перемещаются относительно полюсн. наконечников; от этой пульсации поля происходят П. на гистерезис и токи Фуко.



Фиг. 3.

Т. к. пульсация тока имеет место в наконечниках лишь на небольшой глубине, то эти потери называются поверхностными; уд. поверхностные П. выражаются в W/*см*^{2} или W/*м*^{2}. Поверхностные П. в полюсных наконечниках м. б. вычислены по ф-ле Рихтера. Для машин постоянного тока с выявленными полюсами

$$P_o = 2pk_0\left(\frac{Z\cdot n}{10000}\right)^{1{,}5}\cdot\left(\frac{B_0\cdot t_z}{1000}\right)^2 b_i l_p\cdot 10^{-4};$$

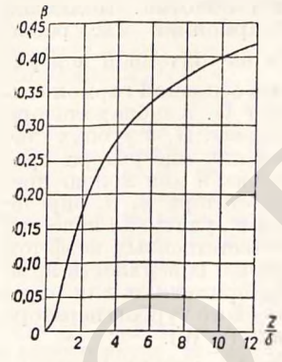
для синхронных машин

$$P_o = \frac{\pi}{2}k_0\left(\frac{Z\cdot n}{10000}\right)^{1{,}5}\cdot\left(\frac{B_0\cdot t_z}{1000}\right)^2\cdot Dl_p\cdot 10^{-4},$$

где

$$k_0 = \frac{100}{8\pi\sqrt{\mu_0}}\left(\frac{100}{6}\right)^{1{,}5} = \frac{272}{\sqrt{\mu_0}};\quad B_0 = \frac{B_{max} - B_{min}}{2} = \beta\cdot k_c\cdot B;$$

p—число пар полюсов, n—число об/м. якоря, b_i—идеальная длина полюсной дуги в *см*, l_p—осевая длина полюсного наконечника (без вентиляционных щелей) в *см*, t_z—зубцовый шаг в *см*, D—диам. цилиндрич. поверхности полюсных башмаков в *см*. Коэф. k_0 на основании экспериментальных исследований Декскеймера имеет следующие значения: для массивных полюсных наконечников из железа $k_0 = 23{,}3$, из чугуна $k_0 = 17{,}5$, для наконечников из листового железа толщиною в 2 *мм* $k_0 = 8{,}6$, толщиною в 0,55 *мм* $k_0 = 2{,}8$. Приведенные значения коэф-тов k_0 получены из опыта, а потому учитывают и имеющиеся в полюсных наконечниках П. на гистерезис. Коэф. β, являющийся ф-ней отношения $\frac{Z}{\delta}$, м. б. взят по кривой (фиг. 4) или вычислен по ф-ле:



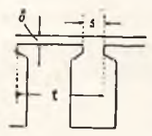
Фиг. 4.

$$\beta = \frac{1 + u^2 - 2u}{2(1+u^2)},$$

где

$$u = \frac{s}{2\delta} + \sqrt{1 + \left(\frac{s}{2\delta}\right)^2}.$$

Если поверхности полюсных наконечников имеют прорезы (напр. в машинах постоянного тока с компенсационной обмоткой, в синхронных, имеющих неявно выраженные полюса, и в асинхронных двигателях), то



Фиг. 5.

поверхностные П. получаются меньше, т. к. образование вихревых токов при наличии прорезов б. или м. нарушается и кроме того сама поверхность, в к-рой наводятся токи Фуко, по сравнению с гладкой поверхностью полюсных наконечников имеет меньшие размеры. Влияние прорезов в концах полюсов м. б. приблизительно учтено посредством коэф-та, представляющего собой отношение площадей поверхности с прорезами и сплошной, т. е.

$$\frac{O'}{O} = \frac{t_z - s}{t_z},$$

где t_z—шаг зубцов, s—ширина прореза (фиг. 5). Так напр., для асинхронных машин с синусоидальным распределением магнитной индукции в воздушном зазоре поверхностные П. в W в одной части (статоре) вычисляются след. обр.:

$$P_{o_1} = \frac{\pi}{2}\cdot p_{o_1}\cdot lD\cdot\frac{t_{z_1} - s_1}{t_{z_1}}\ \text{ватт};$$

здесь p_{o_1}—уд. поверхностные потери в W/*м*^{2}, вычисляемые по ф-ле:

$$p_{o_1} = k_0\left(\frac{Z_2\cdot n}{10000}\right)^{1{,}5}\left(\frac{t_{z_2}\cdot\beta_2\cdot k_c\cdot B_l}{1000}\right)^2,$$

где B_l—магнитная индукция в воздушном зазоре, k_c—коэф-т Картера, который м. б. выражен по ф-ле (фиг. 5):

$$k_c = \frac{t_z}{t_z - \delta - \frac{3}{4}s}.$$

Для ротора поверхностные потери в W равны:

$$P_{o_2} = \frac{\pi}{2}\cdot p_{o_2}\cdot lD\cdot\frac{t_{z_2} - s_2}{t_{z_2}},$$

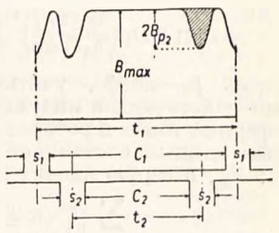
где

$$p_{o_2} = k_0\left(\frac{Z_1\cdot n}{10000}\right)^{1{,}5}\left(\frac{t_{z_1}\cdot\beta_1\cdot k_c\cdot B_l}{1000}\right).$$

П., вызываемые пульсацией магнитного потока в зубцах. В электрич. машинах, в к-рых внутренняя (ротор, якорь) и внешняя (статор, полюсы) части имеют прорезы, или пазы, магнитная индукция в зубцах зависит от относительного положения внутренней или внешней частей. При относительном перемещении этих частей происходят колебания магнитного потока в зубцах, например внутренней части ротора, с частотой, к-рая пропорциональна числу зубцов внешней части (статора), а в зубцах внешней части—с частотой, пропорциональной числу зубцов внутренней части. Т. о.

$$f_1 = Z_2\cdot n,\ f_2 = Z_1\cdot n,$$

где n—относительная скорость вращения обеих частей. Эти колебания магнитного потока особенно заметны в машинах (напр. в асинхронных), имеющих малые воздушные зазоры. Эти колебания зубцовых полей вызывают в зубцах дополнительные потери гл. обр. на токи Фуко, причем эти потери возрастают с увеличением частоты f и амплитуды колебания индукции относительно средней магнитной индукции в зубцах B_p и м. б. вычислены в W по ф-ле Рихтера для одной части машины:



Фиг. 6.

$$P_{pz_1} \cong 0{,}14\left(\frac{Z_2\cdot n}{10000}\cdot\frac{B_{p_1}}{1000}\right)^2 G_{z_1},$$

а для другой части:

$$P_{pz_2} \cong 0{,}14\left(\frac{Z_1\cdot n}{10000}\cdot\frac{B_{p_2}}{1000}\right)^2 G_{z_2},$$

где G_{z_1} и G_{z_2}—веса зубцов в *кг*, а Bp_1 и Bp_2—амплитуды колебаний магнитной индукции (фиг. 6), определяющиеся из соотношений:

$$B_{p_1} \cong \frac{\gamma_2\cdot\delta}{2l_{z_1}}\cdot B_{m_1},\ \gamma_2 = \frac{\left(\frac{s_2}{\delta}\right)^2}{5 + \frac{s_2}{\delta}};$$

$$B_{p_2} \cong \frac{\gamma_1\cdot\delta}{2l_{z_2}}\cdot B_{m_2},\ \gamma_1 = \frac{\left(\frac{s_1}{\delta}\right)^2}{5 + \frac{s_1}{\delta}},$$

где Bm_1 и Bm_2—средние значения магнитной индукции в зубцах. Вышеприведенные формулы учитывают также и П. на гистерезис от пульсации зубцовых полей, а также и увеличение их вследствие механической обработки пазов.

Пульсационные П. в статорном железе и на поверхности ротора, вызванные высшими гармониками мдс статора вследствие укладки обмоток в пазах. Индукция, вызываемая в междужелезном пространстве n-ой гармоникой мдс статорной обмотки, может быть выражена в виде

$$B_n = 0{,}4 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{t_p}{k_1\delta} \cdot AS_1 f_{wn}.$$

Здесь n—порядок гармоники мдс, t_p—полюсное деление по расточке статора (в *см*), $k_1\delta$—эфф. зазор, учитывая коэф. Картера (в *см*), AS_1—линейная загрузка статора в *А/см*, f_{wn}—обмоточный коэф. для n-ой гармоники мдс статорной обмотки. Полюсное деление для n-ой гармоники мдс составляет $\frac{t_p}{n}$, а число периодов на роторной поверхности $(n\pm1)\cdot f$, где f—частота основной гармоники (знак $\pm$ зависит от порядка гармоники): для 5, 11, 17 и т. д. знак +, для 7, 13, 19 и т. д. знак −. Если обозначить величину роторной поверхности через O_2 в $м^2$, то, пользуясь ф-лами Рихтера и Рюденберга, получают для добавочных П. на роторной поверхности, напр. при 3 000 об/м., следующее выражение (в W):

$$P_{o_2} = \sum_n k\, O_2 \left(\frac{k_d B_n\, 2t_p}{n\ 1\,000}\right)^2 \left[\frac{(n\pm1)\ 3\,000}{10\,000}\right]^{1,5} =$$

$$= 0{,}164 k\, O_2 \sum_n \left(\frac{k_d 0{,}4\sqrt{2}t_p\ AS_1 f_{wn} 2\ t_p}{n^2 k_1\delta\ 1\,000}\right)^2 \cdot (n\pm1)^{1,5} =$$

$$= 0{,}21\, k\, O_2 \left(\frac{k_d AS_1 t_p^2}{k_1\delta\, 1\,000}\right)^2 \sum_n \frac{f_{wn}^2}{n^4} (n\pm1)^{1,5}.$$

Здесь k_d—коэф., учитывающий уменьшение действующей индукции вследствие демпферных токов в роторе; этот коэф. по опытным данным составляет $k_d \cong 0{,}6$. Ф-ла для П. P_{o_2}, в к-рую входит множитель

$$\sum_n \frac{f_{wn}^2}{n^4} (n\pm1)^{1,5},$$

показывает, какое большое значение имеет подбор статорной обмотки с возможно малой суммой $\sum \frac{f_{wn}^2}{n^4}$ (n=5,7,11,13,...). Для обмоток с диаметральным шагом эта сумма составляет около $11 \cdot 10^{-1}$, а для обмоток с сокращением шага в 80 % она м. б. доведена до $0{,}8 \cdot 10^{-4}$, между тем как в обмотках с невыгодно пропущенными пазами и диаметральным шагом сумма эта может возрасти до $30 \cdot 10^{-4}$. Индукция, вызываемая ступенчатостью мдс статорной обмотки, вследствие укладки обмотки статора в пазах с делением t_{z_1}, выражается по Рюденбергу в виде

$$B_{z_2} = 3{,}55 \cdot \frac{AS_1}{\sin h \frac{\delta}{t_{z_1}}}.$$

Соответственные потери составляют, при числе зубцов статора Z_1 на пару полюсов,

$$P_{z_2} = \frac{1}{2} k O_2 \left(\frac{B_{z_2} \cdot t_{z_1}}{1\,000}\right)^2 \left(\frac{Z_1 \cdot 3\,000}{10\,000}\right)^{1,5}.$$

Здесь $^1/_2$ учитывает распределение B_{z_2} по роторной поверхности. Коэф. потерь k в ф-лах для P_{o_2} и P_{z_2} по Рихтеру для сплошной стальной поверхности ротора м. б. принят равным 23,3. Индукция, вызываемая в междужелезном пространстве n-ой гармоники мдс роторной обмотки, м. б. выражена в виде

$$B'_n = 0{,}8 \frac{1}{n} \cdot \frac{t_p}{k_c\delta} \cdot AS_2 \cdot f'_{wn},$$

где n—порядок гармоники мдс ротора, t_p—полюсное деление в *см*, $k_c\delta$—эфф. зазор в *см*, AS_2—линейная загрузка ротора в *А/см*, f'_{wn}—обмоточный множитель для n-ой гармоники мдс роторной обмотки. Полюсное деление для n-ой гармоники мдс равно $\frac{t_p}{n}$, а число периодов на статорной поверхности nf, где f—частота основной гармоники. Индукция B'_n вызывает П. в зубцах статора и ярме статорного железа. П. в зубцах статора от высших гармоник мдс ротора сравнительно незначительны и ими можно пренебрегать. П. в ярме статора м. б. определены как поверхностные, учитывая качество листового железа соответственным коэф-том ф-лы Рихтера. Обозначая поверхность ярма за зубцами через O_1, применяют для определения П. двухполюсного турбогенератора следующее выражение (в W):

$$P_{p_1} = \sum_n k O_1 \left(\frac{B'_n \cdot 2t_p}{n \cdot 1\,000}\right)^2 \left(\frac{n \cdot 3\,000}{10\,000}\right)^{1,5} \cdot \frac{k_{mn}\xi_n}{3} =$$

$$= 0{,}164 k O_1 \sum_n \left(\frac{0{,}8\tau \cdot AS_2 \cdot f'_{wn} \cdot 2t_p}{n^2\, k_1\delta \cdot 1\,000}\right)^2 \cdot n^{1,5} \cdot \frac{k_{mn}\xi_n}{3} =$$

$$= 0{,}42 k O_1 \left(\frac{AS_2 \cdot t_p^2}{k_1\delta \cdot 1\,000}\right)^2 \sum_n \frac{f'^2_{wn}}{n^{2,5}} \cdot \frac{k_{mn} \cdot \xi_n}{3}.$$

Здесь ξ_n означает величину $2\pi\sqrt{\mu \frac{50n}{10^8 \varrho}} \cdot \Delta$, где Δ—толщина листовой стали в *см*, μ—магнитная проницаемость, ϱ—уд. сопротивление в $\frac{\Omega\, мм^2}{м}$. Для легированной листовой стали толщиною 0,5 *мм* коэф. $k = 1{,}4$. Ф-ла для потерь P_{p_1} показывает, что для уменьшения добавочных потерь следует обращать особое внимание на применение роторных обмоток с возможно малым значением

$$\sum \frac{f'^2_{wn}}{n^{2,5}} \cdot \frac{k_{mn} \cdot \xi_n}{3}.$$

Индукция B_{z_1}, вызываемая ступенчатостью мдс роторной обмотки, вследствие укладки обмотки ротора в пазах с делением t_{z_2} выражается в виде

$$B_{z_1} = \frac{\pi}{5} \cdot \frac{t_{z_2}}{k_1\delta} \cdot \frac{AS_2}{\gamma},$$

где γ—отношение дуги, занятой обмоткой ротора, к его окружности (обычно $\gamma = 0{,}7 \div 0{,}75$). Индукция B_{z_1} так же, как и индукция B'_n, вызывает потери в зубцах статора и в ярме статорного железа, а также на поверхности зубцов. Пульсационные потери в зубцах статора можно рассчитать по ф-ле Рихтера, принимая однако во внимание применение легированной стали, а также учитывая, что эфф. индукция пульсации в зубце B_{pz_1} несколько выше индукции B_{z_1}, т. к. сечение зубца Q_z в статоре дает нек-рое сужение по сравнению с сечением Q_r междужелезного пространства при большом делении роторных зубцов. В первом приближении

$$B_{pz_1} \cong 1{,}5 B_{z_1}.$$

Обозначая вес зубцов в *кг* через G_{pz}, получают П. от пульсации в статорных зубцах (в W):

$$P_{pz_1} = 0{,}03\, k_m \left(\frac{Z_2 \cdot 3\,000}{10\,000}\right)^2 G_{pz}.$$

П. в ярме статорного железа (на поверхности за зубцами) и на поверхности зубцов м. б. с достаточной точностью определены по ф-ле Рихтера:

$$P_{po_1} = 1{,}4\gamma O_1 \left(\frac{B_{z_1} \cdot t_{z_2}}{1\,000}\right)^2 \left(\frac{Z_2 \cdot 3\,000}{10\,000}\right)^{1,5} \cdot \frac{k_{mn}\xi}{3};$$

Z_2—число зубцов ротора на пару полюсов.

П. в электрической цепи. Электрич. токи, проходя по обмоткам, вызывают так наз. джоулевы П., пропорциональные квадрату силы тока и омич. сопротивлению обмотки R, т. е.

$$P_j = RI^2,$$

если проходящий по обмотке ток равномерно распределяется по поперечному сечению провода и если на провод не действуют посторонние переменные магнитные поля. Омическое сопротивление (сопротивление постоянному току) может быть вычислено следующим образом:

$$R = \frac{\varrho \cdot l_m \cdot w}{c \cdot q}, \qquad (a)$$

где ϱ—уд. сопротивление, l_m—средняя длина одного витка, w—число витков, c—число параллельных ветвей обмотки, q—поперечное сечение провода. Уд. сопротивление ϱ зависит от $t°$; если через ϱ_{20} обозначить уд. сопротивление при $t° = 20°$, то для $t° = \vartheta$ уд. сопротивление ϱ_ϑ м. б. с достаточной точностью выражено посредством

$$\varrho_\vartheta = \varrho_{20}\,[1 + \alpha\,(\vartheta - 20)].$$

Обычно обмотки электрич. машин выполняются из электролитич. меди, уд. сопротивление ϱ_{20} к-рой согласно нормам д. б. не более 0,01784 $\frac{\Omega\, мм^2}{м}$, а $t°$-ный коэф. α сопротивления д. б. равным:

$$\alpha = \frac{1}{234{,}5 + \vartheta}.$$

П. в якорных обмотках. Омическое сопротивление якорных обмоток машин постоянного тока представляется в следующем виде:

$$R_a = \frac{\varrho \cdot l_m \cdot N}{(2a)^2 \cdot q},$$

где l_m—средняя длина провода, N—число проводов якоря, q—сечение проводника, $2a = c$—число параллельных ветвей якоря. При прохождении переменного тока по обмотке плотность тока вследствие образования токов Фуко распределяется неравномерно по площади поперечного сечения проводника, от этого П. на нагревание в обмотке увеличиваются. В этом случае джоулевы потери равны:

$$P_j = R_e \cdot I^2,$$

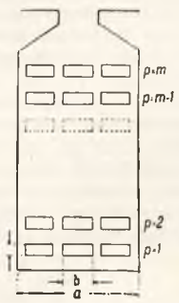
где R_e—т. н. эфф. сопротивление, к-рое для диамагнитных материалов при постоянной $t°$ провода и неизменяющейся частоте тока почти не зависит от эфф. значения силы тока. Эфф. сопротивление R_e больше омич. сопротивления R. Увеличение сопротивления проводника при прохождении по нему переменного тока выражается коэф-том k_e, представляющим собой отношение эфф. сопротивления к омическому:

$$k_e = \frac{R_e}{R};\ k_e > 1.$$

Если магнитные поля, к-рые образуются при прохождении переменного тока по обмотке, наводят в соседних металлич. частях вихревые токи, то количество тепла, развиваемого этими вихревыми токами при постоянной частоте и одной и той же форме кривой тока, также пропорционально квадрату эфф. силы тока I, протекающего по обмотке. Т. о. все джоулевы П., к-рые имеют место при прохождении переменного тока по проводнику, м. б. определены, как

$$P_j = R_w \cdot I^2,$$

при этом $R < R_r < R_w$. Для уменьшения дополнительных П. в соседних металлич. частях обычно головки обмоток удаляют на возможно большие расстояния от металлич. частей, в этих случаях $R_w \cong R_e$. Кроме того на увеличение R_w оказывают влияние: 1) колебания коэф-та самоиндукции якорной обмотки, если машина имеет явно выраженные полюса, 2) токи высших гармоник, 3) токи, наводимые инверсными полями (напр. при несимметричной нагрузке или несимметричных многофазных системах), 4) токи двойной частоты в однофазных машинах и пр. Определение R_e для якорных обмоток производится на основании вычислений П. на токи Фуко в этих обмотках. П. на токи Фуко в проводниках зависят при постоянном значении I гл. образом от частоты, устройства обмотки и размеров проводников. П. на токи Фуко проводников, заложенных в пазы, зависят от высоты проводника (размера по радиусу якоря). Для каждой обмотки, по к-рой протекает переменный ток и заложенной в пазы, существует определенная высота проводника, т. н. критическая, при к-рой увеличение эфф. сопротивления получается наименьшим. Если в пазу размещены друг под другом несколько проводников, то проводники, ближайшие к прорезу паза, лежат в более сильном поле, чем проводники, находящиеся внизу паза, вследствие чего П. в них больше. На П. от вихревых токов оказывает влияние отношение ширины проводника к ширине паза. Если проводник разбит на полоски, параллельные основанию паза, причем эти полоски спаиваются своими выступающими из паза концами, то П. на токи Фуко зависят от отношения длины части проводника, утопленной в пазу, к длине части его между местами спайки полосок. В частях проводников, лежащих вне пазов, распределение плотности переменного тока нормальной частоты в 50 пер/ск. происходит в большинстве случаев более или менее равномерно. Лишь в машинах большой мощности, имеющих большие головки обмоток и большие сечения проводов, увеличение сопротивления в лобовых частях может достигать весьма значительных размеров. Для токов нормальной частоты средний коэффициент увеличения сопротивления последовательно соединенных проводников, заложенных в пазы и имеющих прямоугольное сечение, может быть вычислен по следующей ф-ле:



Фиг. 7.

$$k_N = 1 + \frac{m^2 - 0{,}2}{9} \cdot \xi^4,$$

где m—число рядов проводов, лежащих

друг под другом (фиг. 7), ξ—отвлеченное число, т. н. приведенная высота провода, равная

$$\xi = a \cdot h,$$

где

$$a = 2\pi \sqrt{\frac{n \cdot b}{a} \cdot \frac{f}{\varrho \cdot 10^5}}\ см^{-1},$$

где n—число проводов в каждом горизонтальном ряду, b—глубина провода, a—ширина паза. Для проводников с круглым сечением

$$k_N = 1 + \frac{m^2-0{,}2}{15{,}25} \cdot \xi^4.$$

При этом для вычисления значения ξ принимается $h = b = d$, где d—$\varnothing$ жилы провода. Коэф-ты увеличения сопротивления последовательно соединенных проводников в части, находящейся вне пазов, определяются по ф-лам: для проводников с прямоугольным сечением

$$k_\varrho = 1 + \frac{m^2-0.8}{36} \cdot \xi^4;$$

для проводников с круглым сечением

$$k_s \cong 1 + \frac{n-3}{122} \cdot \xi^4;$$

при больших значениях числа проводников n

$$k_s \cong 1 + \frac{n}{122} \cdot \xi^4;$$

для медных проводников в виде кабеля и для 50-периодного переменного тока

$$k_s = 1 + \frac{\varepsilon^2 \cdot D^4}{132} \cdot \frac{d}{d_1} \cdot \frac{1}{n},$$

где

$$\varepsilon = n \cdot \frac{d^2}{D^2}$$

(D—наружный диаметр проводника, d—диам. жилы).

Добавочные П. в медных лобовых частей статорной обмотки. В турбогенераторах и машинах переменного тока увеличение джоулевых П. в лобовых частях при наиболее употребляемой двухплоскостной обмотке вызывается, с одной стороны, полями рассеяния аксиальными (т. е. с направлением силовых линий параллельно оси машины), с другой стороны, полями рассеяния радиальными. В зависимости от типа обмотки (витковая или стержневая с массивными вилками) преобладают потери от аксиальных или соответственно радиальных составляющих поля. Для определения П. в обмотках инженер Рикли рекомендует учитывать преимущественно П. от аксиальных составляющих полей, рассматривая лобовые части с окружающими магнитными материалами нажимной плиты, статора и щитов, как паз, обращенный отверстием к ротору. На основании вышеприведенных ф-л средний коэф. увеличения сопротивления k для всей обмотки определяется так:

$$k = \frac{k_N \cdot l + k_s \cdot l_s}{l + l_s} = \frac{kN + k_s\lambda}{1 + \lambda},$$

где l—длина якоря, l_s—средняя длина головки витков

$$\lambda = \frac{l_s}{l}.$$

В машинах постоянного тока при коммутации тока в коротко замкнутых витках создаются П. на токи Фуко. Увеличение сопротивления этой части обмотки якоря м. б. охарактеризовано коэфициентом k, вычисляемым по формуле:

$$k = 1 + \frac{0{,}07}{1+\lambda} \sqrt{\frac{\tau_k}{b + (u-1)\, t_k}} \cdot m^2 \xi^3,$$

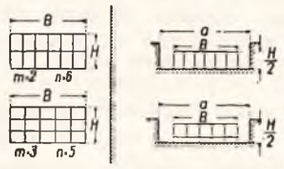
где m, λ и ξ имеют прежние значения, τ_k—длина полюсной дуги, приведенная к окружности коллектора, t_k—коллекторный шаг, b—ширина щеток, u—число сторон катушек или секций, заложенных в одном пазу, при критич. высоте провода $k_0 = 1{,}5$. В трансформаторах увеличение сопротивления проводников помимо прочих факторов зависит также от устройства обмоток и сечения провода. Для дисковых обмоток трансформаторов средние коэфициенты увеличения сопротивления равны: для проводников с прямоугольным сечением

$$k_\square = 1 + \frac{m^2-0{,}8}{36} \cdot \xi^4,$$

для проводников с круглым сечением

$$k_\bigcirc = 1 + \frac{m^2-0{,}8}{61} \cdot \xi^4.$$

Здесь m означает число рядов в каждой катушке в осевом направлении, а вычисление ξ производится по вышеприведенной ф-ле, в которой в качестве n берется число рядов рядом лежащих проводников катушки в радиальном направлении, а для a принимается $a = B + 0{,}6H$ (фиг. 8).



Фиг. 8.

$$k_\square = 1 + \frac{m^2-0{,}2}{9} \cdot \xi^4,$$

$$k_\bigcirc = 1 + \frac{m^2-0{,}2}{15{,}25} \cdot \xi^4.$$

При вычислении ξ за n принимается число рядов проводов, лежащих в осевом направлении, а за $a \cong B + 2H$.

Водноякорных преобразователях по обмотке якоря протекает разность токов переменного и постоянного. Джоулевы П. в этом случае вычисляются по сопротивлению якоря со стороны постоянного тока с введением поправочных коэфициентов, вычисляемых по нижеприведенной ф-ле. Т. о. выражение для джоулевых П. в якорных обмотках можно написать так:

$$P_j = \nu R_a \cdot I^2,$$

где ν— коэф., учитывающий прохождение по обмоткам якоря результирующего тока. Значение коэф-та ν для m-фазного преобразователя вычисляется по ф-ле:

$$\nu = 1 + u_i^2 + v_i^2 - 4\sqrt{2}\, \frac{u_i}{\pi^2}\, m \sin\frac{\pi}{m}$$

или для синусоидального тока

$$\nu = 1 + u_i^2 + v_i^2 - \frac{16}{\pi^2}.$$

Здесь $u_i = \frac{2\, I_{wa}}{I_g}$ и $v_i = \frac{2\, I_{wr}}{I_g}$, где в свою очередь

$$I_{wa} = I_w \cos\psi \text{ и } I_{wr} = I_w \sin\psi$$

суть активная и реактивная составляющие переменного тока, а ψ — внутренний угол сдвига фаз; индекс g при I означает постоянный ток. Значения коэф-та ν в зависимости от $\cos\psi$ и m приведены в таблице.

Значения коэфициента ν.

Число фаз m	2	3	4	6	12
$\cos\psi = 1$; $I_{wa} = I_w$ . .	1.38	0.567	0.38	0,267	0,207
$\operatorname{tg}\psi = 0{,}3$; $I_{wr} = 0{,}3 I_{wa}$	1.56	0,68	0.47	0,345	0,285
$\operatorname{tg}\psi = 0{,}5$; $I_{wr} = 0{,}5 I_{wa}$	1,88	0,87	0,63	0,485	0,420

Из таблицы видно, что потери на нагревание уменьшаются с увеличением числа фаз, причем также лучше компенсируется реакция якоря. С увеличением угла сдвига фаз возрастают и П. на нагревание, т. к. возбуждение приходится устанавливать таким, чтобы сила тока во внешней цепи была минимальной.

П. в цепях возбуждения. 1) В шунтовой. Шунтовая цепь возбуждения состоит из двух частей: из самой намагничивающей обмотки R_m и регулирующего реостата r_m. Ток в цепи возбуждения равняется

$$I_m = \frac{E_k}{R_m + r_m}.$$

Полные джоулевы П. могут быть поэтому представлены либо в виде

$$P_{jm} = E_k \cdot I_m$$

либо в виде

$$P'_{jm} = I_m^2 (R_m + r_m).$$

Часть мощности, равная

$$P'_{jm'} = I_m^2 \cdot R_m,$$

теряется в самой обмотке возбуждения. 2) В сериесной, компенсационной и добавочных полюсов. П. в сериесной обмотке возбуждения вычисляются по ф-ле:

$$P_{js} = I_s^2 \cdot R_s$$

Здесь в случае сериес-генератора ток I_s равен току якоря I_a; для компаундных генераторов в зависимости от того, имеется ли в них короткий или длинный шунт, I_s вычисляется так: $I_s = I_a - I_m = I$—при коротком шунте; $I_s = I_a = I + I_m$—при длинном шунте. Для П. в обмотках компенсационной и добавочных полюсов служат ф-лы:

$$P_{jk} = I_a^2 \cdot R_k, \quad P_{jw} = I_a^2 \cdot R_w.$$

Сопротивления R_m, R_s, R_k и R_w вычисляются по ф-ле (a). Они м. б. определены также след. обр.:

$$R = \frac{w \cdot l_m \cdot [1 + a_{20}(\vartheta - 20)]}{5\,700 q}.$$

П. в щетках. П. энергии в контактах щеток вычисляются по падению напряжения в контактах. Т. к. сопротивление самих щеток очень невелико, то П. энергии даже при значительных плотностях тока бывают очень малыми, и ими обычно пренебрегают. П. в щетках образуются гл. обр. в контакте щеток с металлич. поверхностью колец или коллектора. Падение напряжения в контактах щеток зависит в значительной мере от материала щетки. Ниже приводятся для различных сортов щеток средние значения E_u падения напряжений для (+) и (−) щеток, представляющие интерес в смысле указания предельных падений напряжений на одном контакте щетки.

Сорт щеток	ΔE_u
Твердые угольные	1,1
Мягкие угольные	0,9
Графитовые	0.5—0.8
Металло-графитовые	0,15—0,5

Зная падение напряжения в одном контакте щетки ΔE_u, можно выразить потери на нагревание P_u след. ф-лой:

$$P_u = m \cdot \Delta E_u \cdot I_1,$$

где m—число контактных колец, I_1—сила тока, проходящего через контакт щеток. В коллекторных машинах при прямолинейной коммутации П. мощности в W вычисляются по ф-ле:

$$P_u = 2 \Delta E_k \cdot I_a.$$

Появляющиеся в случае коммутации дополнительные токи короткого замыкания вызывают увеличение П., а потому П. в контактах щеток коллекторных машин в W можно в общем виде выразить т. о.:

$$P_b = 2 f_b \cdot \Delta E_b \cdot I_a.$$

Коэф. f_b в среднем принимается равным 1,1÷1,3. В качестве нормальных принимаются следующие значения падения напряжения в одном контакте: 1,0 V—для угольных и графитовых щеток, 0,3 V—для щеток, содержащих металлы.

Т. к. ΔE_u остается почти постоянным при изменении нагрузки в пределах от $^1/_3$ до $^5/_4\, I_n$, то можно приблизительно считать, что П. P_u в этих условиях изменяются пропорционально току I_1.

Механические П. Механич. П. слагаются из потерь на трение в подшипниках, на вентиляцию и на трение щеток о коллектор или контактные кольца. П. на трение в гладких подшипниках зависят от отношения длины подшипника к диаметру шейки вала, от окружной скорости шейки вала v_z, $t°$ нагрева подшипника ϑ, от количества смазывающего вещества, от вязкости масла β, от зазора между подшипником и валом и от уд. давления на подшипник p. Эти П. могут быть вычислены (в W) по формуле:

$$P_\varrho = 9{,}81 \cdot F_\varrho \cdot v_z,$$

где F_ϱ—сила трения в $кг$, равная μQ, а v_z—окружная скорость шейки вала в $м/сек$. Для электрич. машин небольшой мощности Тоуером и Детмаром установлены следующие законы трения в подшипниках: 1) П. на трение в подшипниках не зависят от давления на подшипник, если последнее не превосходит 30 $кг/см^2$ ($p\mu = \text{Const}$, где p—уд. давление, μ—коэф-т трения); 2) при постоянном удельном давлении p и постоянной окружной скорости v_z П. на трение изменяются обратно пропорционально $t°$ нагрева подшипника ϑ_z, если $t°$ подшипника находится в пределе 16÷55°; 3) П. в подшипниках при прочих одинаковых условиях возрастают пропорционально площади проекции шейки вала и 1,5 степени скорости вращения. Для небольших и средних машин П. на трение в подшипниках с кольцевой смазкой при применении обычных сортов масла и для окружных скоростей вращения шейки вала 0,5÷4 $м/сек$ м. б. вычислены по ф-ле:

$$P_\varrho = \frac{26}{\vartheta_z} \cdot d \cdot l \cdot v_z^{1{,}5};$$

для $\vartheta = 50°$

$$P_\varrho \cong 0{,}52\, d \cdot l \cdot v_z^{1{,}5},$$

где d и l выражаются в $см$, а v_z—в $м/сек$. В больших машинах с хорошо сконструированными подшипниками, в к-рых имеется надлежащим образом подобранный зазор и обильная смазка, П. получаются меньше,

чем это дает предыдущая ф-ла. В этом случае П. определяются ф-лой, предложенной Гюмбелем (в W):

$$P_\varrho = 2{,}3\, l \sqrt{\beta \cdot p \cdot d \left(1 + 4\,\frac{d}{l}\right)}\, v_z^{1{,}5},$$

где p—в *кг/см²*, d и l—в *см*, v_z—в *м/сек*, β—в *кг·сек/м²*. Для машинных масел при 50° вязкость $\beta_{50} = 0{,}0015 \div 0{,}002$ *кг·сек/м²*, для других $t°$ вязкость β приблизительно равна

$$\beta = \beta_{50} \left(\frac{50}{\vartheta}\right)^2.$$

П. на трение в шариковых подшипниках можно вычислить в W по ф-ле:

$$P_\varrho \cong 0{,}015\, \frac{Q}{D} \cdot v,$$

где Q—нагрузка на кольцо в *кг*, D—диам. окружности, проведенной через центр шариков, v—окружная скорость цапфы в *м/сек*.

П. на трение о воздух и на вентиляцию. Определение П. на трение теоретич. путем представляет большие затруднения; эти потери зависят не только от скорости вращения якоря, но и от конструкции его, а также от числа, размеров и устройства вентиляционных каналов. Работа трения о воздух приблизительно пропорциональна третьей степени скорости. При малых окружных скоростях до 20 *м/сек* П. на трение о воздух составляют небольшую часть П. на трение в подшипниках (ок. 10% от них), тогда как при больших скоростях, как это имеется напр. в турбогенераторах, они могут в несколько раз превосходить П. в подшипниках. Такое увеличение этих П. обусловливается в значительной мере вентиляционными приспособлениями в быстроходных машинах. Затрата мощности, необходимая для вентиляции электрич. машины, зависит от количества подаваемого воздуха, а также от окружной скорости вращения вентилятора и м. б. вычислена в W по ф-ле:

$$P_L = 1{,}1 \cdot V \cdot v^2,$$

где V—количество доставляемого воздуха в *м³/сек*, а v—скорость в *м/сек*. Количество необходимого для вентиляции воздуха определяется по теплоотдаче:

$$V = \frac{Q_p}{1{,}1\,(\vartheta_L - \vartheta_0)},$$

где Q_p—количество тепла, отводимое в ск. и выраженное в kW, ϑ_L и ϑ_0—темп-ра в °C воздуха при выходе и входе в машину. Если электрич. машина снабжена отдельным вентилятором, то мощность, необходимая для приведения в движение последнего, вычисляется по ф-ле (в W):

$$P_L = 9{,}81\, \frac{H}{\eta} V,$$

где H—необходимое давление в *мм* вод. ст., η—кпд вентилятора ($\eta = 0{,}3 \div 0{,}5$), V—объемная скорость воздуха в *м³/сек*. Давление H возрастает пропорционально квадрату количества доставляемого воздуха, мощность же увеличивается пропорционально третьей степени секундного объема подаваемого вентилятором воздуха. Значения необходимых давлений H лежат в следующих пределах: для тихоходных машин ($v \cong 15$ *м/сек*), H 30÷50 *мм* вод. ст.; для быстроходных машин ($v \cong 80$ *м/сек*) 50÷100 *мм* вод. ст.

П. на трение щеток. П. на трение щеток о контактные кольца м. б. определены по ф-ле (в W):

$$P_b = 9{,}81\, \mu_b \cdot p_b \cdot F_b \cdot v_k,$$

где μ_b—коэф. трения щеток, p_b—уд. нажатие щеток в *кг/см²*, F_b—площадь поверхности соприкосновения всех щеток в *см²*, v_k—окружная скорость контактного кольца в *м/сек*. Для медных щеток

$$p_b = 0{,}10 \div 0{,}30 \text{ кг/см}^2;\ \mu_b = 0{,}25 \div 0{,}3.$$

Для угольных щеток

$$p_b = 0{,}12 \div 0{,}15 \text{ кг/см}^2;\ \mu_b = 0{,}20 \div 0{,}30.$$

Коэф. трения μ_b несколько уменьшается с возрастанием окружной скорости v_k. Эти данные относятся к щеткам, скользящим по контактным кольцам. Для коллекторов, у к-рых трущаяся поверхность менее гладка, чем у контактных колец, коэф. больше приблизительно на 20%. В машинах, подвергающихся сотрясениям, как напр. в тяговых двигателях, уд. нажатие щеток почти в два раза больше, чем у машин, работающих в обычных условиях.

Суммарные П. на трение по данным Паршаля (Parschall) и Хобарта в электрических машинах составляют: а) в тихоходных, мощностью 50÷500 kW,—от 0,8 до 2% номинальной мощности машины; б) в тихоходных, мощностью до 1 000 kW, непосредственно соединенных с паровыми машинами,—от 0,5 до 1,0% номинальной мощности машины; в) в быстроходных, с ременным приводом, мощностью 60÷4 000 kW и скоростью вращения 360÷1 500 об/м.,—от 1 до 3% номинальной мощности машины; г) в быстроходных машинах, напр. турбогенераторах и т. п.,—больше 2% номинальной мощности машины.

Дополнительные П. Кроме вышеперечисленных П. в электрических машинах имеет место целый ряд добавочных П., к-рые не поддаются точному учету. К числу этих П. можно отнести: 1) увеличение магнитных П. вследствие несовершенства механич. обработки и сборки частей магнитной системы, 2) П. на токи Фуко в неизолированных болтах, стягивающих якорное железо, 3) П. от токов Фуко, наводимых в проводах, вследствие проникновения магнитного потока в пазы, 4) П. в железе, вызываемые искажением основного магнитного потока, 5) П. в металлич. магнитных массах вблизи обмоток (напр. лобовых частей обмоток в турбогенераторах, в кожухах трансформаторов и пр.), 6) П. на токи Фуко в коллекторных пластинах, образующиеся при пересечении их полем рассеяния, 7) П. на коммутацию при коротком замыкании секций, 8) П. в обмотках от уравнительных токов между отдельными параллельными ветвями, получающиеся вследствие несимметричности самой обмотки, эксцентричности расположения якоря в магнитном поле, несимметричности магнитного поля, 9) П. вследствие вибрации машины, 10) П. на диэлектрич. гистерезис. Нек-рые из этих П. включаются в общую сумму основных П., другая же часть, совершенно не поддающаяся точному учету и определяемая экспериментально с большим трудом, при подсчете всех П. прибавляется к последним в виде определенной части, а именно (согласно нормам V. D. E.) для компенсированных машин постоянного тока $^1/_2$%, для некомпенсированных машин постоянного тока с дополнительными полюсами и без них—1%, для одноякорных преобразователей—$^1/_2$%, для асинхронных машин—$^1/_2$%, для каскадных преобразователей—1%, для коллекторных моторов переменного тока—2%. Указанные проценты берутся для генераторов относительно поглощаемой мощности при номинальной нагрузке, для одноякорных преобразователей—относительно номинальной мощности на стороне постоянного тока, при этом принимается, что дополнительные П. изменяются пропорционально квадрату силы тока.

Изменение П. с нагрузкой электрических машин и трансформаторов. Магнитные П. в электрич. машине, составляющиеся из П. на гистерезис и токи Фуко, зависят гл. обр. от магнитной индукции в отдельных частях магнитной системы и частоты перемагничивания. В машинах постоянного тока и синхронных при постоянной скорости вращения П. на гистерезис и токи Фуко в сердечнике якоря и полюсных наконечниках весьма мало зависят от нагрузки, а потому могут считаться постоянными. П. на гистерезис и токи Фуко в зубцах якоря с увеличением нагрузки возрастают почти пропорционально последней. П. в электрич. цепи возрастают пропорционально квадрату силы тока. Поэтому П. в обмотках якорей, а также в контактах щеток возрастают с нагрузкой от нуля до нек-рого максимума. П. в обмотках возбуждения также возрастают с увеличением нагрузки от нек-рого постоянного минимума до определенного максимума. Механич. П., слагающиеся из П. на трение в подшипниках, П. на трение щеток о коллектор и контактные кольца, в продолжение постоянства скорости вращения, остаются без изменения при различных нагрузках машины. Т. о. в машинах, работающих с постоянной скоростью вращения, все П. могут быть разбиты на три группы, а именно: П., не зависящие от нагрузки, П., изменяющиеся пропорционально первой степени нагрузки, и П., зависящие от второй степени нагрузки. При принятом постоянстве напряжения на зажимах машины можно т. о. написать:

$$\Sigma P = C_0 + C_1 I + C_2 I^2.$$

Здесь C_0 представляет собой П., которые имеют место в машине при холостом ходе, П. $C_1 I$, пропорциональные первой степени тока, слагаются гл. образом из увеличения магнитных П., связанного с возрастанием нагрузки, и из П. на коллекторе. П., пропорциональные квадрату силы тока I, слагаются гл. обр. из джоулевых П. в обмотках якоря, добавочных полюсов, сериесной и компенсационной. Для машин, работающих при переменной скорости и при изменяющемся напряжении на зажимах, зависимость П. от нагрузки получается более сложной. В трансформаторах П. слагаются из магнитных П. и джоулевых П. в обмотках. Магнитные П. при постоянном напряжении на зажимах изменяются незначительно с возрастанием нагрузки, джоулевы П. увеличиваются пропорционально квадрату силы тока нагрузки. Т. о. здесь можно принять, что

$$\Sigma P \cong C_0 + C_2 I^2.$$

В электрич. машинах при нагрузке, когда постоянные П. становятся равными той части общих П., которые изменяются пропорционально квадрату нагрузки, кпд достигает наибольшего значения.

Лит.: Кулебакин В. С., Испытание электрических машин и трансформаторов, Москва—Ленинград, 1928; Лютер Р. А., Электромашиностроение, выпуск 2, Ленинград, 1930; Richter, Elektrische Maschinen, Bände 1, 2, Berlin, 1924—1930; Vidmar M., Die Transformatoren, Berlin, 1925; Linker A., Elektromaschinenbau, Berlin, 1925.

В. Кулебакин.

ПОТОЛКИ, см. *Полы и потолки*.

ПОЧВА, поверхностный слой земной коры, существенное свойство к-рого, отличающее его от горной породы, из к-рой он произошел,—плодородие. Плодородие почвы—способность обеспечивать растения во все время их развития водой и элементами зольной и азотной пищи; горные породы этой способностью не обладают. Эволюция П. из горной породы совершается под влиянием процессов, протекающих одновременно на земной поверхности,—*выветривания* (см.) и почвообразования. При выветривании горная порода приобретает способность пропускать в себя воду, необходимую для растений. Порода вследствие своей малой теплопроводности и денных и ночных колебаний темп-ры растрескивается, лишается массивности и превращается в рухляк термич. выветривания. Такой рухляк, слагающийся из остроугранных обломков, обладает только проницаемостью, но лишь в ничтожной степени влагоемкостью. По мере измельчания горной породы увеличивается поверхность ее соприкосновения с атмосферой и прогрессирует процесс ее химического выветривания—взаимодействия между элементами атмосферы и горной породы. Азот атмосферы никакого прямого химического воздействия на породу не оказывает. Кислород может только окислять минералы породы, содержащие закисные соединения, преимущественно железа. Вода как таковая никакого прямого действия на минералы горных пород не оказывает, но ее роль очень велика, потому что всякое химическое воздействие на элементы породы при термодинамич. условиях поверхности земли может совершаться только в присутствии воды. Главная роль при выветривании принадлежит углекислоте, к-рая в виде раствора в атмосферной воде вносится в рухляк термич. выветривания геологическим круговоротом воды, промывающей рухляк сверху вниз. Из элементов горной породы кварц, или кристаллич. кремневая к-та, на поверхности земли никаким химич. изменениям не подвергается, он только измельчается. Углекислый кальций, входящий в состав многих горных пород (см. *Известняк*), под влиянием углекислоты переходит в кислую соль, к-рая сравнительно легче растворима в воде и вымывается из рухляка промывающей его водой. Из силикатов—солей кремневой к-ты, составляющих значительную часть горных пород, свободная углекислота в присутствии воды вытесняет кремневую к-ту и становится на ее место, образуя с основаниями силикатов карбонаты. Вытесненная нерастворимая в воде кремневая к-та отлагается в массе рухляка в аморфной форме в виде пылеватых частиц крупностью 0,01—0,001 *мм*. Образующиеся из оснований силикатов карбонаты одновалентных металлов все легко растворимы в воде и вымываются из породы; также вымываются и карбонаты двухвалентных металлов, образующие с углекислотой кислые

соли. Карбонаты трехвалентных металлов—железа и марганца—тотчас по образовании диссоциируют на свободную углекислоту и гидраты окисей железа и марганца, к-рые, как нерастворимые в воде, остаются в рухляке. По той же схеме протекает разложение под влиянием углекислоты и алюмосиликатов, или солей алюмокремневой к-ты, с той разницей, что вместо кремневой к-ты выделяется и остается в рухляке свободная алюмокремневая кислота ($H_2Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O$), или каолин, в форме частиц мельче 0,001 *мм*. Каолин вместе с такой же крупности частицами окисей железа и марганца образует то, что называется глиной.

Кроме перечисленных главных составных минералов в состав всех пород в самых незначительных количествах входят трехосновный фосфат кальция и сернистое железо, содержащие элементы пищи растений—фосфор и серу. Фосфат кальция растворим в воде, содержащей углекислоту, и легко вымывается из рухляка. Сернистое железо под влиянием кислорода окисляется, образуя серную к-ту и сернокислую закись железа—железный купорос, который дальше распадается на серную к-ту и окись железа. После окончания химич. выветривания остается рухляк, обогащенный пылеватыми и глинистыми частицами, к-рые придают ему характер сплошной бесструктурной волосной массы, неспособной накопить большой прочный запас воды, и все элементы пищи растений из него выщелачиваются. Очевидно, что путем одного выветривания не может обособиться существенное свойство П.—обеспечения растений большим прочным запасом воды и таким же запасом азотной и зольной пищи, к-рая из конечного продукта выветривания горной породы, т. н. материнской породы П., может быть совершенно вымыта; азота же в горных породах не содержится. Тот сложный комплекс процессов, в результате к-рых обособляются водный и пищевой режимы П., характеризующие ее плодородие, носит название почвообразовательного процесса. Из предыдущего ясно, что почвообразовательный процесс должен протекать одновременно с процессом выветривания, иначе по окончании процесса выветривания из рухляка будут выщелочены все элементы зольной пищи растений и не будет в состоянии осуществиться сосредоточение их в верхнем горизонте рухляка, т. е. осуществиться т. н. избирательная поглотительная способность почвы.

Фактором, который накладывает основной отпечаток на общий характер и биологич. смысл почвообразовательного процесса, является крайняя ограниченность на земной поверхности биологически важных элементов, из к-рых построено органич. вещество и к-рые в общей сложности едва составляют 1,5% веса земной коры. Вместе с тем геологический круговорот воды беспрерывно стремится вымыть все эти элементы из толщ рухляка суши в бассейн океана. Поэтому сохранение элементов пищи растений в пределах суши требует обращения их в абсолютно нерастворимую в воде форму. Этому требованию отвечает живое органич. вещество. Но вместе с тем необходимо ежегодно образование нового поколения живого органич. вещества, обусловливаемое тем, что продолжительность жизни растительного органич. вещества в среднем меньше одного года. Т.к. растение усваивает элементы своей пищи только из форм окисленных минеральных соединений, а эти элементы вследствие своей количественной ограниченности находятся на поверхности суши преимущественно в форме ежегодно отмирающего органического вещества, то очевидна необходимость наличности категории процессов разрушения органич. вещества и перевода его элементов в минеральные окисленные соединения. Это превращение при термодинамич. условиях земной поверхности м. б. совершено только биологич. путем. Необходимо установление биологического круговорота элементов пищи растений. Этот круговорот в большей своей части протекает в верхних слоях рухляка выветривания и лежит в основе почвообразовательного процесса. Очевидно, что вследствие отсутствия азота в горных породах и необходимости в минеральных формах связанного азота для питания растений первой стадией развития П. должно быть обогащение рухляка связанным азотом. Этот процесс осуществляется низшими, свободно живущими в рухляке растительными организмами — хемотрофными бактериями. Только после появления в рухляке связанного азота наступает дальнейшее развитие П. под воздействием деревянистой растительности. Деревья своими многолетними корнями глубоко пронизывают рухляк и перехватывают элементы пищи, вымываемые нисходящим током воды. На основе усвоенной пищи деревья образуют листья и побеги. Ежегодно все листья и $^9/_{10}$ побегов отмирают, отлагаются и разлагаются на поверхности рухляка в виде лесной подстилки. Мертвое органическое вещество деревянистых растений разлагается только грибами, так как оно пропитано дубильными веществами, обладающими кислой реакцией, и потому совершенно недоступно воздействию бактерий. Грибы выделяют при своей жизнедеятельности креновую к-ту, вымываемую в массу рухляка. В рухляке креновая к-та растворяет углекислый кальций, после него свободные окиси железа и марганца, и рухляк теряет свой красный цвет, зависевший от окиси железа. Далее креновая к-та расщепляет каолин на окись алюминия, к-рую растворяет, и на нерастворимую кремневую к-ту, к-рая остается в рухляке. Т. о. под влиянием креновой к-ты из рухляка выщелачивается все кроме кварца и аморфной кремневой к-ты, нерастворимых в креновой к-те, и кроме того в нем откладывается новое количество аморфной кремневой к-ты. Обособившийся таким путем на поверхности рухляка беловатый мучнистый бесструктурный слой носит народное название подзола. При всех вышеупомянутых реакциях кальций и окиси железа, марганца и алюминия вымываются из рухляка в форме растворимых в воде солей креновой к-ты и поэтому характерная для рухляка, покрытого лесом, кислая реакция верхнего горизонта с глубиной затухает. На той глубине, где реакция рухляка становится нейтральной, возможна жизнь бактерий. Источником энергии для бактерий служит здесь креновая к-та кренатов, к-рую они разрушают,

освобождая связанные с ней основания. Эти основания здесь и задерживаются в форме углекислого кальция и окисей железа, марганца и алюминия. Пищей для бактерий служат минеральные продукты разрушения грибами лесной подстилки. Анаэробные бактерии усваивают кислород в качестве пищи, отнимая его от всех элементов окружающей их среды, способных восстанавливаться. Здесь легче всего восстанавливается креновая к-та неразрушенных еще кренатов, причем она переходит в апокреновую к-ту. Образовавшиеся апокренаты кальция и окисей железа, марганца и алюминия в воде нерастворимы и оседают в этом горизонте в виде аморфной массы, цементирующей рухляк, обогащенный осевшими ранее углекальциевой солью и окисями железа, марганца и алюминия. Цементированный или сплошь или отдельными желваками и зернами слой рухляка называется рудяковым (ортштейновым) горизонтом, т. к. он часто служит в качестве железной руды.

Продукты грибного разложения лесной подстилки состоят из минеральных соединений всех зольных элементов пищи растений, и в то время как они проходят при своем вымывании из рухляка через рудяковый горизонт, они в большом количестве обволакиваются оседающими апокренатами и поглощаются их коллоидальными осадками. Особенного внимания заслуживает фосфат кальция. Фосфор усваивается глубокими корнями деревьев из огромных толщ рухляка, переносится в надземные органы и при их опадении и разложении лесной подстилки выделяется в форме фосфата кальция, растворимого в креновой кислоте, но трудно растворимого в воде. Поэтому в рудяковом горизонте, где креновая кислота нейтрализована, большая часть фосфата кальция оседает и облекается осадками апокренатов. Характерная особенность рудякового горизонта и железных руд, образовавшихся подобным биологич. порядком в течение прошедших геологич. эпох, это значительное содержание фосфора, к-рый приходится удалять во время металлургич. процессов (напр. при основном процессе по способу Томаса и Гилькрайста). Проникающие глубже рудякового горизонта элементы пищи растений служат основой жизни анаэробных бактерий до той глубины, пока бактериям хватает источника энергии—креновой к-ты кренатов. Но так как здесь вся креновая кислота разрушается, то для получения кислорода как пищи анаэробные бактерии принуждены восстанавливать другие окисные соединения, способные восстанавливаться. Такими прежде всего являются апокренат окиси железа, восстанавливаемый в апокренат закиси железа, и в дальнейшем окись железа рухляка и сернокислые соли, проникающие в этот горизонт в качестве продуктов разложения подстилки. Новый горизонт, называемый глеевым, отличается серым цветом вследствие отсутствия в нем окиси железа и ее апокрената. Апокренат закиси железа значительно растворим в воде и, встречаясь с раствором фосфата кальция, образует нерастворимый фосфат закиси железа—*вивианит* (см.), к-рый часто накопляется большими толщами в пониженных элементах рельефа. Тот же апокренат закиси железа, выступая с ключевой водой в долинах рек, окисляется железобактериями в окисную железную соль железной к-ты—охру. Совокупность горизонтов подзола, рудякового и глеевого, называется подзолистой П., и весь комплекс их образующих процессов составляет первую фазу почвообразовательного процесса, называемую подзолообразовательным процессом.

Первая фаза почвообразовательного процесса не обусловливает полного обособления признака плодородия почвы. Она представляет лишь подготовительный процесс задержания элементов пищи растений в рухляке и частично осуществляет свойство избирательной поглотительной способности почвы. Но бесструктурный подзолистый горизонт не способен обусловить прочного большого запаса воды. Почти одновременно с первой фазой обособляется и вторая фаза почвообразования — дерновый процесс. Он протекает под покровом растений луговой травянистой растительности, существенное свойство к-рой то, что она неизбежно накопляет в рухляке органич. остатки и перегной. Ее стебли ежегодно отмирают со всей корневой системой при наступлении зимы, и разложение их может осуществиться лишь с наступлением весны. Ранней весной подзолистый горизонт сплошь пропитан водой, и разложение корневых остатков может быть только анаэробное. По мере высыхания почвы разложение густой корневой сети мертвых корней поверхностного горизонта совершается аэробным путем, и оно перехватывает весь кислород, и в массе П. разложение корневых остатков продолжается анаэробным путем. Анаэробное разложение совершается очень медленно, бо́льшая часть органич. остатков сохраняется, и выделяемый анаэробами перегной также сохраняется. Дерновый процесс ярко обособляется, когда деревянистая растительность уже завоевала территорию, и развивается в форме сообщества—леса. Молодой лес образует сомкнутый полог и под его тенью травянистая растительность отсутствует; П. покрыта только лесной подстилкой и под ней протекает только подзолообразовательный процесс. Но с возрастом лес осветляется, и П. покрывается луговой растительностью, к-рая ежегодно оставляет в П. свои корневые остатки. Под пологом леса мертвые корни трав совсем не разлагаются—реакция почвы кислая благодаря постоянному притоку креновой к-ты из лесной подстилки, и бактерии не могут в ней существовать; грибы тоже не могут в ней развиваться как организмы аэробные и потому, что креновая к-та, как выделение грибов, для грибов ядовита. По этой причине органич. остатки в П. быстро накопляются, т. к. процесс их накопления в П. периодически повторяется при каждой фазе осветления леса, а в течение фазы сомкнутого леса мертвые корни трав сохраняются креновой к-той. Накопленное органич. вещество сильно увеличивает влагоемкость П., и все количество осадков задерживается верхним слоем П., поэтому приток воды к древесным корням прогрессивно ухудшается. В массе мертвых корней трав задерживается все количество элементов пищи растений, освобождающихся при разложении лесной подстилки, и питание деревьев также прогрес-

сивно ухудшается. Густой покров трав прогрессивно затрудняет возобновление леса семенами, и лес постепенно заменяется лугом. Наступает в чистой форме дерновая фаза почвообразовательного процесса.

Но и под лесом дерновая фаза протекает одновременно с подзолистой фазой, и поэтому П. под лесом всегда является дерново-подзолистой и область страны в этой стадии почвообразования носит название л е с о-л у г о в о й з о н ы. Под влиянием корней трав верхний горизонт П. механически разбивается на сплошную массу комков. Под влиянием анаэробного процесса, начинающегося тотчас по разложении лесной подстилки и протекающего в массе П. под влиянием аэробного разложения корневых остатков поверхностного горизонта, масса комков пропитывается перегноем—ульминовой кислотой и приобретает прочность. Одновременно верхний дерновый горизонт П. приобретает темнобурый цвет и под влиянием все продолжающегося накопления корневых остатков прогрессивно обогащается элементами зольной пищи растений. В этой стадии эволюция существенного свойства почвы, ее плодородия, достигает своего апогея. Дерновая фаза почвообразования из своей луговой стадии постепенно переходит в стадию черноземную. Этот переход связан с развитием нескольких периодов процесса в зависимости от свойств материнской породы, на фоне которой протекает почвообразовательный процесс. На бедной элементами пищи растений, грубоскелетной кислой алюмосиликатной морене в процесс перехода луговой стадии в черноземную вклинивается б о л о т н а я с т а д и я, после к-рой обособляется разность сев. черноземов. На более обеспеченной элементами пищи растений лёссовидной карбонатной морене этот переход совершается через лесостепь в обыкновенный чернозем, и на богатой глинистой красной пермской морене переход к т у ч н о м у ч е р н о з е м у совершается через березовую степь. Черноземная стадия дернового процесса представляет неизбежное диалектич. следствие накопления элементов степной фазы почвообразовательного процесса. Как отступление леса было результатом накопления свойств дерновой почвы, так отсутствие леса неминуемо приводит к прогрессивн. накоплению результатов процессов, ранее подавлявшихся преобладанием процессов противоположной значимости.

Отсутствие леса вызывает признак степного климата—д р у ж н о с т ь в е с н ы. Огромная влагоемкость П., переполненной мертвыми корневыми остатками и богатой перегноем, вызвавшая исчезновение леса, обусловливает и медленность проникновения воды в П. Все количество весенней воды, не сдерживаемой в быстроте своего движения отсутствующей лесной подстилкой, стремительно скатывается в реки, размывая территорию оврагами и создавая огромные разливы рек. После сбега весенней воды в П. остается только запас воды, сделанный ею зимой за счет перегонки грунтовой воды, сгущающейся в верхнем замерзшем слое. Грунтовые воды, ежегодно не возобновляющиеся и ежегодно расходуемые на сгущение в почвенном горизонте, постепенно исчезают. Питавшиеся ими реки летом пересыхают, обращаясь в балки, несущие воду только весной. Остаются лишь мелеющие летом реки, питающиеся верховьями в лесной зоне или в ледниках. П. быстро иссушается луговой растительностью, что влечет два порядка последствий. Очевидно, что растения луговой флоры с вегетационным периодом, тянущимся до наступления зимы, будут по мере сгущения условий степного климата уступать место таким разновидностям их, к-рые успеют принести зрелые семена к моменту наступления летней засухи, под влиянием к-рой их плодоносившие побеги отомрут со всей корневой системой. Отмершие летом корни этих растений окажутся в сухой П., в которой место воды занял воздух, и разложение их пойдет под влиянием аэробных бактерий. Аэробное разложение протекает очень быстро, и в течение 2—3 недель все элементы органических веществ обращаются в формы минеральных окисленных соединений. Это—существенное свойство степной флоры, которая отмирает летом и не может накопить в П. органич. остатков. Т. о. луг постепенно эволюционирует в л у г о в у ю с т е п ь, в которой прогрессируют элементы степной флоры и регрессируют элементы луговой флоры.

Под влиянием нарастающего летом в П. луга аэробного процесса в П. образуется ч е р н а я г у м и н о в а я кислота и ее растворимая аммиачная соль, к-рая, растворенная в воде, образующейся при том же аэробном процессе, жадно впитывается комками почвы и проникает в их анаэробную зону. Здесь аммиак гуминовоаммиачной соли разрушается анаэробным процессом, и освобождающийся нерастворимый гумин сохраняется в условиях а н а э р о б и о з и с а, окрашивая в черный цвет комки П., называемой в этой фазе эволюции черноземом. Регрессивное развитие луговых элементов луговой флоры и прогрессирующее преобладание степной флоры неминуемо влекут за собой два последствия. Прежде всего очевидное прогрессивное уменьшение содержания в П. перегноя и органич. остатков под влиянием затухания ежегодного их прироста и неуклонного преобладания условий а э р о б и о з и с а в течение вегетационного периода. Вторым следствием прогрессирующего аэробного разложения в течение всего периода летней засухи будет непрерывное за все время засухи накопление минеральных солей в дернов. горизонте, т. к. аэробный процесс, раз начавшись, не прекращается засухой, он беспрерывно сам себя снабжает водой, непрерывно образующейся в процессе аэробного разложения. Соли, образовавшиеся летом, промываются осенними дождями до предела промокания П.

При наступлении летней засухи и выгорания растительности луговой степи прекращается испарение воды из массы почвы при посредстве корневой системы растений. Остается только непосредственное испарение поверхностью П., обычно увеличенной трещинами при ее высыхании. Это испарение вызывает в П., переполненной органич. веществом, восходящий волосный ток воды. Восходящий ток воды не может вынести наверх углекислого кальция и гипса вследствие особенностей их растворимости в воде и, постепенно скопляясь на границе природного промокания П., они образуют типичные для степных почв горизонты—карбонатный и гипсовый. Проникший в поверхностный слой дернового горизонта раствор, лишенный солей кальция, создает в нем резкий перевес солей одновалентных металлов, к-рые постепенно вытесняют поглощенный перегноем катион кальция, замещая его преимущественно катионом натрия. Выпадающие дожди всегда содержат в растворе соли аммиака, к-рые также замещают вытесненный ими катион кальция катионом аммония. Разрушенный нитрификацией аммоний замещается поглощенным водородом, т. к. соли одновалентных металлов дождем вынесены глубже и еще не успели возвратиться вверх. Свободный анион гидроксила придает степной П. характерную щелочную реакцию. *Перегной* (см.), в к-ром поглощенный кальций замещен одновалентным натрием или водородом, получает способность образовывать в воде коллоидальный раствор, тогда перегной лишается своей прочности, и склеенные им комки расплываются в воде. Сначала это свойство распространяется только на поверхность комков, и они при высыхании склеиваются между собой, что характерно для ю ж н ы х ч е р н о з е м о в. При дальнейшем развитии процесса потери прочности перегноя комки чернозема совершенно расплываются в бесструктурную массу, вязкую во влажном состоянии и твердую при высыхании, сильно уменьшающуюся при этом в объеме и поэтому в сухом состоянии разорванную вертикальными трещинами на столбчатые отдельности. С поверхности столбчатые отдельности покрыты нетолстым горизонтом распыленной П., которая почти не содержит перегноя и обогащена аморфным кремнеземом, выносимым после аэробного разложения лугово-степных злаков в пониженные элементы рельефа, где преимущественно и сосредоточиваются все процессы, определяющие обособление этих образований, носящих название с о л о н ц о в. Повышенные элементы рельефа покрыты П., настолько сильно утратившими свое первоначальное содержание перегноя, что в окраске их начинает уже преобладать цвет материнской породы. В областях, где П. развивалась на карбонатной морене, получаются бурые П., там же, где П. развивалась на красной пермской морене, образуются каштановые П. Комплекс бурых и каштановых П. и солонцов характеризует зону п о л у п у с т ы н и.

Уже по мере развития солонцов и уменьшения количества органич. вещества в окружающих П., в солонцах все больше увеличивается содержание свободных минеральных солей, освобождающихся при аэробном разрушении органич. вещества. Наступает наконец время, когда все количество органич. вещества, ранее накопленного П., оказывается разрушенным, когда П. достигла последней степени деградации и по своим свойствам приближается вновь к материнской породе, но отличается от нее тем, что сохраняет один элемент существенного свойства П.—ее плодородия—и з б и р а т е л ь н у ю п о г л о т и т е л ь н у ю с п о с о б н о с т ь. Элементы пищи растений находятся в этих П. в состоянии беспрерывного круговорота, завершающегося в течение года. Они переходят последовательно то в форму живого органич. вещества степной флоры то, после отмирания ее, в форму минеральных соединений, к-рые не выщелачиваются из П. вследствие полного господства волосного водного режима и следовательно отсутствия сквозного промывания П. После разрушения всего перегноя мельчайшие глинистые элементы поглощают окись кальция, образующуюся в П. вследствие гидролитич. диссоциации раствора кислой углекальциевой соли. При этом глинистые элементы свертываются в агрегаты ок. 0,1—0,01 *мм* в диаметре, и вся масса П. приобретает лёссовидный характер с исключительно волосным водным режимом. Осенние дожди только насыщают влагоемкость совершенно высохшей за бездождное лето П. Зимой замерзшая П. вполне пополняет свой запас воды конденсацией паров воды из горизонта грунтовых вод. Только весной начинается движение почвенной воды по уклону рельефа. В это время бурно развивающаяся растительность э ф е м е р о в и степной флоры поглощает минеральные элементы своей пищи, и в понижения рельефа вымываются преимущественно соли, не составляющие пищи растений, гл. обр. хлористый натрий и сернокислый натрий. На повышенных элементах рельефа приток минеральных солей поддерживается растениями с глубокими корнями, напр. полынями, питающимися гл. обр. из грунтовых вод. Т. о. обособляются бесперегнойные, бесструктурные, лёссовидные, солеиосные почвы зоны сухих степей. Соли, вымываемые постепенно током почвенной воды в понижения рельефа, остаются там вследствие отсутствия сквозного промывания П. и летом после высыхания П. выцветают на поверхность налетами, корками и кристаллами, образуя солончаки. Весной солончаки покрываются растительностью с о л я н о к. В горных областях (Закавказье, ДВК) местами получают преобладание основные горные породы, не содержащие свободного кварца. Рухляк выветривания этих пород также не содержит грубых песчаных элементов, отличается значительным содержанием аморфного кремнезема, глины и окисей железа, марганца и алюминия и носит название ж е л т о з е м а и к р а с н о з е м а. Развивающаяся на таком рухляке под покровом горных лесов фаза подзолообразования дает в результате мягкий подзол, состоящий из почти чистой аморфной кремнекислоты. Вследствие резко выраженного горного рельефа рудяковый горизонт здесь развивается далеко ниже по склону, обыкновенно отличается большой мощностью и яркокрасным цветом и вследствие большой глинистости рухляка залегает совсем близко к поверхности. Эти П. получили название л а т е р и т о в. В СССР они хорошо представлены в Черноморском побережьи Закавказья, представляя наши чайные почвы.

Плодородие П. Под плодородием П. разумеют способность ее обеспечивать растения одновременно и беспрерывно во все время их развития полным количеством необходимой им воды и пищи. Степень плодородия П. измеряется ее урожайностью. Т. к. величина урожайности определяет степень производительности труда в с.-хоз. произ-

водстве, то очевидно, что плодородие П. представляет один из важнейших моментов производства. Степень плодородия почвы зависит от ее структуры. Почва м. б. б е с с т р у к т у р н о й, или раздельночастичной, распыленной, когда все ее частицы залегают одной сплошной массой, равномерно прилегая всей поверхностью одна к другой. В таком состоянии все промежутки между частицами П., вследствие своих ничтожных размеров, обладают волосными свойствами, и вся масса П. представляет сплошное волосное тело, в котором частичные силы притяжения, вследствие тесного соприкосновения ее частиц между собою всей поверхностью, очень сильно развиты. В такой П. очень сильно выражена сила сцепления, или с в я з н о с т ь, т. е. сопротивление силам, стремящимся разъединить ее частицы.

С т р у к т у р н о й П. называется такая П., в к-рой вся масса пахотного или почвенного горизонта разделена на комки от 2 до 10 *мм*. В каждом комке частицы П. залегают сплошной плотной бесструктурной массой. Во всем же объеме пахотного горизонта комковатой структурной почвы комки залегают рыхлой массой, соприкасаясь между собой лишь небольшими площадками. Поэтому при обработке комковатой П. не приходится иметь дело со связностью П., а только с одним весом массы П., к-рую приходится поднимать и передвигать при обработке, тогда как в случае бесструктурной П. при обработке приходится преодолевать и связность П. Поэтому обработка бесструктурной П. требует в среднем в 7 раз больше затраты энергии, чем обработка той же П. в комковатом—структурном—состоянии. Не меньшей противоположностью отличаются и водный и пищевой режимы П. при различном ее структурном состоянии. В П. бесструктурной движение воды только волосное, и направление волосного тока воды определяется только разницей величины напряжения (потенциала) влажности. Вода движется всегда в направлении от большей влажности к меньшей. Когда поверхность бесструктурной П. смачивается, то тотчас возникает нисходящий ток воды от более влажной поверхности почвы к более сухим, глубже лежащим слоям П. Скорость этого тока, прогрессивно замедляющаяся, и нисходящее движение практически скоро затухают. Замедляющееся движение воды препятствует быстрому проникновению воды в П., и непроникающая в П. вода стекает по уклону. В бесструктурную П. проникает в среднем 30% летних осадков. Весенняя снеговая вода на 100% стекает с поверхности П., обусловливая огромное весеннее половодье, потому что в течение всей зимы пары воды перегоняются из нижних более теплых слоев почвы в верхние, где они замерзают, и весной вся П. с поверхности заполнена водой и больше воды вместить не может. Хотя зимой выпадает ок. 50% всех годовых осадков, но проникнуть в массу П. может только ок. 15% их. Запас воды в бесструктурной почве м. б. только очень малым. Проникнувший в П. запас воды очень непрочен. По окончании дождя тотчас начинается испарение воды с поверхности П., и весь запас воды в П. сплошной массой устремляется к сухой поверхности, а т. к. вода беспрерывно продолжает испаряться, то восходящее движение продолжается до тех пор, пока не испарится весь ее небольшой запас. Поэтому необходимый для растений запас воды в бесструктурной П. может поддерживаться только частыми летними дождями, и величина урожая будет зависеть только от стихийной причины—ч а с т о т ы д о ж д е й. Это и приводит к огромным ежегодным колебаниям величины урожаев, характерным для бесструктурных почв.

Пища растений находится в П. в форме органич. вещества, но растение может усвоить только минеральные окисленные соединения элементов своей пищи. Поэтому в П. должен поддерживаться процесс аэробного бактериального разложения органич. вещества. При анаэробном разложении бо́льшая часть органического вещества сохраняется, а элементы разрушенной части его освобождаются в форме минеральных восстановленных соединений, не усвояемых растением. Когда в бесструктурной П. много воды, она заполняет все ее волосные промежутки и вытесняет воздух; в П. создаются условия анаэробиозиса, причем растение имеет много воды, но ему не хватает усвояемой пищи. В сухой бесструктурной П. много воздуха, в ней условия аэробиозиса образуют много усвояемой пищи, но растение не может ею воспользоваться—ему недостает воды. Поэтому урожаи на бесструктурной П. не только подвержены сильным колебаниям, но и средняя урожайность таких П. очень низка и определяется таким состоянием П., когда в ней еще не вся вода испарилась и в П. проникает воздух, благодаря чему в ней совмещаются и условия влажности и содержание удобоусвояемой пищи. В бесструктурной почве такие условия скоропроходящи, и повторяемость их зависит только от частоты выпадения дождей. На бесструктурных П. урожай и все хозяйство будут с т и х и й н ы м и, т. е. средний урожай будет очень невысок при огромных ежегодных его колебаниях, не поддающихся ни в какой мере регулированию и следовательно исключающих самое понятие о плановости производства.

В структурной к о м к о в а т о й П. вода атмосферных осадков мгновенно и целиком проникает в массу П. по широким неволосным промежуткам между комками. Также проникает и все количество снеговой воды, т. к. зимой перегоняющийся из незамерзших слоев П. водяной пар сгущается и замерзает в комках П., оставляя промежутки между комками свободными. Проникшая в структурную П. вода мгновенно впитывается огромною поверхностью комков и в подпахотный горизонт. Избыток воды, не поместившийся в комки и подпахотный горизонт, стекает по уклону поверхности подпахотного слоя в массе П. Это движение совершается чрезвычайно медленно вследствие сопротивления массы П., и медленно стекающая вода служит как бы запасом для питания растений. Проникшая в массу П. вода испаряется только из верхнего слоя комков, но передвижение воды из нижних комков в высохшие верхние неосуществимо, т. к. промежутки между комками шире, чем промежутки между частицами П. в комках.

Испарением из верхнего слоя комков теряется ок. 15% воды, проникшей в структурную П., и в комковатой почве накопляется запас воды, равный приблизительно 85% годового количества осадков, к-рый м. б. использован только растением, обеспеченным в комковатой почве большим и прочным запасом воды. Т. к. в структурной П. запас воды помещается в комках, а между комками циркулирует воздух, то аэробный процесс разложения органич. вещества в ней не прекращается, и растения на такой П. беспрерывно пользуются одновременно большими количествами и воды и пищи. Кроме того аэробный процесс, протекающий на поверхности каждого комка, поглощает весь кислород, проникающий к комку, и поэтому внутри комка сосредоточиваются условия анаэробиозиса, благодаря чему органич. вещество в нем сохраняется, все его количество не м. б. быстро разрушено, и зольные элементы его не м. б. быстро переведены в формы минеральных соединений, легко вымещелачиваемых по уклону рельефа весенним и осенним максимумами содержания воды в П. Вследствие такой особенности комковатая П. способна совмещать одновременно в своей массе взаимно исключающие друг друга условия и процессы, а именно обусловить одновременную наличность в максимальных количествах двух антагонистов—воды и воздуха—и друг друга исключающих процессов—аэробного и анаэробного разложения органич. вещества. Поэтому такая структурная П. в состоянии обеспечить растению максимальный и прочный запас воды при одновременном беспрерывном снабжении растений усвояемой пищей. На таких структурных почвах, получивших название к у л ь т у р н ы х П., характер урожаев совсем иной, чем на бесструктурных П. Средняя урожайность их в несколько раз выше, чем на бесструктурных П., и при этом колебания урожаев по годам отличаются очень малой величиной, урожаи приобретают чрезвычайную устойчивость—основное условие плановости производства. Величина ежегодных колебаний урожаев на структурных П. определяется неизбежными колебаниями притока двух к о с м и ч е с к и х факторов жизни растений—света и тепла, приток которых лежит совершенно вне возможности производственного контроля и регулирования. Амплитуда же ежегодных колебаний притока света и тепла сравнительно невелика.

Значение структурности почвы в определении степени производительности труда в с.-хоз. производстве подчеркивается в еще большей степени тем, что чрезвычайное абсолютное увеличение средней урожайности и придача устойчивости урожаям достигаются на структурных П. приложением в среднем в 7 раз меньшего количества энергии для обработки структурной П. по сравнению с П. бесструктурной и уменьшением числа обработок в среднем в полтора раза. Кроме того культурные растения, вполне обеспеченные на структурной П. полным количеством необходимой им воды, наиболее полно отзываются на все улучшения производства. Только на структурной П. достигают своей полной эффективности применения высокосортного селекционного семенного материала и минеральных удобрений. Поддержание условий плодородия П., т. е. ее комковатой структуры, достигается применением системы *обработки почвы* (см.), а регуляция условий питания производится системой *удобрения* (см.).

В производственном отношении наиболее практически важным свойством почвы представляется ее п р о ч н о с т ь, под которой понимается способность комков почвы не расплываться в бесструктурную массу под влиянием воды, с которой комки почвы неизбежно приходят в соприкосновение при проникновении атмосферной воды в П. и при распределении по ее массе. Прочность П. зависит от нерастворимости в воде перегноя, склеивающего ее комки. В условиях с.-хоз. культуры прочность П. постепенно утрачивается, и для поддержания ее как главного условия плодородия П. существует ряд мероприятий, слагающих так наз. с и с т е м у з е м л е д е л и я (см. *Земледелия системы*), т. е. систему восстановления условий плодородия П.

Лит.: В и л ь я м с В. Р., Почвоведение, ч. 1 и 2, 3 изд., М.—Л., 1926; е г о ж е, Общее земледелие, ч. 2, Естественно-научные основы луговодства или луговедение, М., 1922; е г о ж е, Общее земледелие с основами почвоведения, 2 изд., М., 1931. **В. Вильямс.**

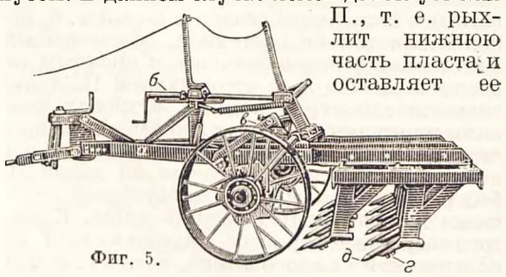
ПОЧВОВЕДЕНИЕ, см. *Почва.*

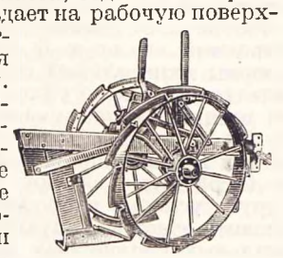
ПОЧВОУГЛУБИТЕЛИ, орудия для углубления почвы без выворачивания ее наружу. Пахотный слой бывает иногда настолько тонок, а подпочва может настолько резко от него отличаться по своему составу и физич. свойствам, что выворачивать ее наружу обыкновенным плугом нельзя, а между тем некоторые растения, напр. корнеплоды, пускают корни значительно глубже пахотного слоя и требуют рыхления подпочвы. В других случаях на небольшой сравнительно глубине залегают плотные и твердые водонепроницаемые слои (тяжелая глина, ортштейны), к-рые не только не пропускают корней растений, но и воду, и она, скопляясь, заболачивает земли, пригодные для культуры. Слои эти требуют своего разрушения, после которого вода опускается ниже, и пахотный слой освобождается от избытка влаги. В США глубокое рыхление применяют и в засушливых местностях с целью увеличить емкость подпочвенного резервуара для накопления весенних и дождевых вод, к-рые затем м. б. легко использованы корнями растений из разрыхленного слоя. При заложении фруктовых садов и виноградников, а также и в период развития и плодоношения плодовых деревьев и кустарников америк. плантаторы применяют также глубокое рыхление. Для более мелкого рыхления с давних пор применяли П., приводимые в действие тягою упряжных животных. Эти П. представляли собою или специальные орудия или же являлись добавочным органом к обыкновенному плугу. Такой П. вообще работает одновременно с плугом: плуг идет впереди, а по открытой им борозде проходит П. и рыхлит дно борозды на глубину 10—20 *см*. При следующем проходе плуг заваливает пластом разрыхленное дно, а почвоуглубитель рыхлит дно соседней, вновь открытой борозды.

Типичным представителем конного П. является гогенгеймский П. (фиг. 1). Его корпус состоит из длинной подошвы *а*, что уве-

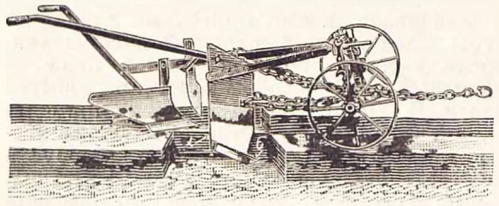
личивает его устойчивость в работе, несущей на своем переднем конце лемех-рыхлитель *б*. Впереди с подошвой соединен в одно целое нож *в*, а сзади подошва скреплена со стойкой *г* из полосовой стали, поставленной узким ребром по движению орудия. Нож и стойка скреплены наглухо с деревянным грядилем *д* гайками, навернутыми на оттянутые и нарезанные верхние концы стойки и ножа. Позади грядиля прикреплена ручка, а впереди упряжной крюк, регулятор глубины и одноколесный передок или полозок. Форма лемеха м. б. весьма разнообразной. На фиг. 2 почвоуглубитель Эккерта (марка МР) имеет стальное долото, простой нож и одноколесный передок. Рабочий орган П. сист. Бишпарта (фиг. 3) состоит из прочной вертикальной стальной пластины *а* и перпендикулярно к ней поставленной наклонной пластинки *б*, которая и производит собственно рыхление дна борозды почти по всей ее ширине. Еще более равномерное рыхление дает П. сист. Дейля (Deyl). Его рабочий орган состоит из 3 одинаковых лап, поставленных в косой ряд одна за другой и соединенных в одно целое на общей рамке. Рамка м. б. поставлена позади плужного корпуса и при помощи подъемного рычага и зубчатого сектора лапы П. могут быть поставлены на ту или иную глубину. На фиг. 3 изображен П., поставленный вместо переднего корпуса на раме двухкорпусного плуга. П. этого рода требуют для своей работы 1—2 лошади. Оригинальную конструкцию представляет собою корпус плуга-почвоуглубителя Кляузинга (фиг. 4), в к-ром П. соединен с обыкновенным плужным корпусом. В данном случае лемех действует как П., т. е. рыхлит нижнюю часть пласта и оставляет ее невывернутой на поверхность, для чего нижняя часть отвала на корпусе вырезана. Верхняя же часть пласта, отделенная кромкой отвала *аб*, попадает на рабочую поверхность отвала, дробится и выбрасывается обычным порядком. С такими же корпусами Кляузингом делаются П. и для конной тяги. Вообще же глубокое рыхление производится при помощи механич. тяги и требует значительной прочности как от рабочих органов, так и от всей конструкции П., т. к. в различных случаях приходится работать с тракторами мощностью от 10 до 100 HP. На фиг. 5 изображен 11-лапчатый П. сист. Таунера, работающий с трактором в 25 HP. Он состоит из рамы *а* на двух коленчатых осях колеса, регулятора глубины *б*, автоматич. подъемника *в* и со-

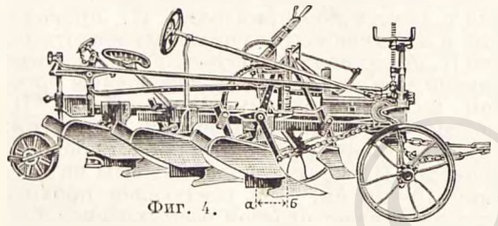

Фиг. 1.


Фиг. 5.


Фиг. 6.


Фиг. 2.


Фиг. 3.


Фиг. 4.

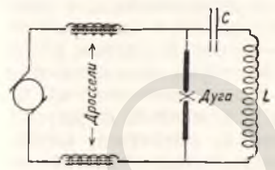

Фиг. 7.

бранных на общей раме рабочих органов—л а п. Они представляют собою наклонные долота *г* со сменными стальными носками *д* и посажены они на прочные стальные стойки *е*. Глубина рыхления этого П. доходит до 30 *см* при общем весе орудия в 0,9 *т*. Для особенно глубокого рыхления, до 1 *м*, Таунер строит П. с одной лапой, но очень сильной конструкции (фиг. 6 и 7). Вес такого П. равен 1,6 *т*, и он требует для себя трактора мощностью до 100 HP.

Лит.: Ш и л о в с к и й К. П., Инвентарь современного механизированного хозяйства, Москва, 1931; Полная энциклопедия русского сельского хозяйства, т. 8, СПБ.

П. Сладков.

ПОЮЩАЯ ДУГА, вольтова дуга, включенная параллельно в настроенный на звуковую частоту контур (фиг.), состоящий из самоиндукции L и емкости C, начинающая при известном режиме издавать звуки. П. д. открыта Дудделем [1] в 1900 г., к-рый показал, что звуки, издаваемые дугой, зависят от возникновения электрич. колебаний; поющая дуга подробно исследована Симоном [2] и его учениками. Как показал Симон, возникновение колебаний происходит благодаря тому, что дуга имеет падающую характеристику, или отрицательное сопротивление, т. е. при увеличении напряжения ток через дугу падает. Если к дуге присоединен колебательный контур LC, то период колебаний будет $T = 2\pi\sqrt{LC}$, где L выражено в H, C—в F; число колебаний дуги $N = \frac{159,2}{\sqrt{LC}}$. Наилучшая генерация колебания получается, если импеданц колебательного контура (включая и дугу) мал по сравнению с сопротивлением в цепи источника питания.



Для того чтобы получить П. д., необходимо, чтобы N было меньше 20 000 колебаний в ск., в виду чего приходится брать катушки самоиндукции и емкости значительной величины. Причина звучания дуги заключается в том, что благодаря прохождению через дугу переменного тока объем раскаленных газов периодически изменяется, что и вызывает возникновение звуковых волн. Можно принять, что через дугу проходит ток формы: $I_0 + i\sin\omega t$, где I_0—постоянная составляющая, а i—амплитуда переменного тока в контуре. Нагревательное действие тока, а следовательно и сила звука, будет пропорционально квадрату полной силы тока:

$$I_0^2 + 2I_0 i\sin\omega t + i^2\sin^2\omega t.$$

Если $i \ll I_0$, то главную роль при возбуждении звука играет второй член, и появляется звук, частота к-рого равна частоте переменного тока. Если i велико, то третий член, содержащий $\sin^2\omega t$, играет бо́льшую роль, и т. к.

$$\sin^2\omega t = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\cos 2\omega t,$$

то появляется сильный звук двойной частоты, т. е. октава от основного тона. При помощи П. д. легко получить очень высокие звуки, лежащие выше предела слуха, т. е. ультразвуки. Палайологос [3] получал ультразвуки до 2 000 000 колебаний в ск.

Г о в о р я щ а я д у г а. Дугу можно заставить звучать, присоединив к ее зажимам переменную эдс звуковой частоты. Можно напр. токи микрофона через трансформатор наложить на дугу и заставить дугу «говорить» (Симон, 1897 г.).

Если на дугу падает извне звук, то ее сопротивление периодически изменяется, и она становится источником переменного напряжения звуковой частоты, т. е. является микрофоном. Кпд дуги в качестве источника звука, равно как и в качестве микрофона, очень незначительны, почему большого практич. значения П. д. не имеет.

Лит.: 1) D u d d e l W., «Electrician», L., 1900, v. 46, p. 269, 310; 2) S i m o n H., «Phys. Ztschr.», Leipzig, 1901, B. 2, p. 253, 1902, B. 3, p. 278; 3) P a l a i o l o g o s K., «Ztg f. Phys.», Berlin, 1923, B. 12, p. 375.—B a r c k h a u s e n H., Das Problem d. Schwingungerzeugung, Leipzig, 1907; W a g n e r K., Der Lichtbogen als Wechselstromerzeuger, Leipzig, 1910.

С. Ржевкин.

ПОЯСНОЕ ВРЕМЯ. Каждое место земной поверхности имеет свое собственное *время* (см.), определяемое географич. долготой. В виду неудобств, связанных с этим обстоятельством, большинство культурных стран ввело П. в. Весь земной шар разделен меридианами на 24 полосы одинаковой ширины, обнимающие каждая по 15° долготы. В пределах каждой полосы, или пояса, считается одно время, соответствующее среднему солнечному времени для среднего меридиана данной полосы. Средний меридиан основного—н у л е в о г о—пояса совпадает с гринвичским меридианом. Дальнейшая нумерация поясов идет с запада на восток. Т. о. в пределах всего нулевого пояса считается гринвичское время, в первом поясе—гринвичское время плюс 1 ч., во втором поясе—гринвичское время плюс 2 ч. и т. д. Очевидно на всем земном шаре в каждый данный момент имеется только 24 различных показания времени, отличающиеся между собой на целое число ч., причем показание мин. и ск. для данного момента одинаково во всех поясах.

Долготы границ поясов от Гринича определяются ф-лой $7{,}5° + 15°\,n$, где n есть целое число. Однако для удобства в населенных местах границы поясов проводят не строго по меридианам, но с нек-рыми отступлениями, придерживаясь административных границ или других местных линий, как то рек, ж. д. и т. п. В СССР П. в. введено декретом Совнаркома от 8 февраля 1919 г. [1], определяющим и точные границы поясов в пределах Союза. Всего через территорию Союза проходят 11 поясов: со 2-го, в к-ром находятся Москва и Ленинград, по 12-й включительно (Чукотский полуо-в). Из европейских стран не введено П. в. лишь в одной Голландии.

Лит.: 1) «Сборник узаконений РСФСР», М., 1919, *6*, стр. 59, *28*, стр. 314.—Б я л о к о з Е., Международный счет времени в течение суток, П., 1919; А х м а т о в В., Поясное время, П., 1919; Систематич. собрание действующих законов СССР, кн. 2, стр. 657, М., 1926.

А. Михайлов.

ПРАВИЛО ФАЗ, единственное широкое обобщение в учении о равновесии гетерогенных систем, оказавшее химии неисчислимые услуги, позволившее исследовать и классифицировать чрезвычайно обширный и сложный комплекс явлений химич. равновесий. П. ф. в настоящее время вышло из стадии теоретич. интереса и вплотную вошло в ряд прикладных наук: галургию (изучение солей в широком смысле этого слова), металлургию, технику перегонок и т. д.

П. ф. было открыто И. В. Гиббсом и опубликовано им в Transactions of the Connecticut Academy в 1876–1878 гг. в знаменитой статье, посвященной равновесию в гетерогенных системах. Изложенная в высшей степени абстрактно, эта работа Гиббса впервые была истолкована Ван-дер-Ваальсом и приложена к опытным явлениям Розебумом в 1887 г. В 1897 г. появилась монография Банкрофта «Правило фаз» и первое систематич. изложение как самого П. ф., так и его приложений. Знаменитые работы Вант-Гоффа по химии стассфуртских отложений открыли П. ф. путь в прикладные науки.

Понимание П. ф. и практич. пользование им требует ознакомления с рядом предварительных понятий. Состоянием системы называется совокупность всех ее свойств; свойства же системы на математич. языке называются ее переменными. Каждая система имеет строго определенное число независимых переменных; остальные переменные (свойства) являются ф-иями избранных независимых переменных. Сколькими независимыми переменными определяется состояние системы—показывает опыт. Выбор же свойств в качестве независимых переменных определяется удобством при решении задачи; с математич. точки зрения любое свойство системы м. б. взято за независимое переменное; с опытной же точки зрения удобнее брать для этой цели те свойства, к-рые легко измерять. В большинстве случаев выбор падает на абс. темп-ру $T°$, давление p (или объем V) и концентрации веществ c_1, c_2, c_3, ..., составляющих систему. Из обширной группы свойств системы мы выделяем группу термодинамич. свойств; это те свойства, которые являются ф-иями $T°$, давления (или объема), концентраций и теплосодержания (и только этих величин). К термодинамическим свойствам принадлежат термич. и калорич. коэф-ты, внутренняя энергия, энтропия, потенциалы и т. д. Такие свойства, как диэлектрич. постоянная, показатель преломления, вращение плоскости поляризации, являются физическими, а не термодинамич. свойствами. Изменение всякого вида энергии м. б. представлено произведением интенсивности (силы в обобщенном смысле) на изменение фактора емкости, напр. работа расширения pdV есть произведение интенсивности (давления) на изменение фактора емкости (объема); прирост электрич. энергии $Ed\eta$ выражается произведением интенсивности (электрического потенциала E) на изменение фактора емкости (количества электричества η) и т. д. При составлении общей системы из нескольких систем всегда можно поставить опыт так, что фактор емкости общей системы будет суммой факторов емкости отдельных составляющих систем (напр. $V = V_1 + V_2 + \ldots$, $\eta = \eta_1 + \eta_2 + \ldots$); факторы же интенсивности не складываются, а при достижении равновесия выравниваются (так, при составлении системы выравниваются давления, электрич. потенциалы и т. п.). Это выравнивание интенсивностей есть следствие второго принципа энергетики. Прирост тепловой энергии dQ мы также с формальной точки зрения можем представить в виде произведения Xdx, где X—интенсивность, способная выравниваться в составной системе, а x—фактор емкости; в данном случае $X=T°$, фактор емкости—энтропия системы S; тогда $dQ=TdS$. Энтропии систем при их составлении в общую систему могут складываться (обратимые процессы). Энтропия с опытной точки зрения обладает тем крупным неудобством, что она не поддается прямому измерению подобно объему или количеству электричества. Очевидно, что изменение запаса химич. энергии также м. б. представлено произведением Xdx, причем здесь массы m веществ являются факторами емкости, т. к. они складываются при составлении общей системы из частных; фактор же интенсивности химич. энергии нам неизвестен; мы называем его химическим потенциалом μ, и тогда изменение химич. энергии можно представить в виде произведения μdm. Химический потенциал обладает с опытной точки зрения тем крупным неудобством, что мы не умеем его измерять подобно давлению, электрич. потенциалу, $T°$. Большие трудности, к-рые встречаются при понимании, усвоении и применении химич. термодинамики, в значительной степени коренятся в экспериментальном неудобстве—нашем неумении измерять такие важные факторы, как энтропия и химич. потенциал; вследствие этого мы не можем их оставлять в конечных формулах (подобно объему, массе, электрич. потенциалу и т. п.); мы пользуемся этими понятиями в ходе рассуждений, но последние мы должны вести до тех пор, пока эти понятия не исчезнут в конечном результате.

Рассмотрим систему, состоящую из насыщенного раствора соли, твердой соли, лежащей на дне сосуда, и пара над раствором. Каждая часть системы, отделенная друг от друга видимой поверхностью раздела, называется телесным комплексом. Пар, раствор, каждый отдельный кристаллик соли—телесные комплексы. Телесные комплексы, обладающие одинаковым химич. составом и одинаковыми термодинамическ. свойствами, называются фазой системы. В данном примере для пара и раствора понятия телесных комплексов и фаз совпадают, все же кристаллики соли образуют одну твердую фазу (донную, лежащую на дне); т. о. наша система состоит из трех фаз: парообразной, жидкой и твердой. Если система представляет раствор, насыщенный винной к-той, пар и на дне—смесь право- и левовращающих кристаллов винной к-ты, то здесь мы имеем четыре фазы: парообразную, жидкую и две твердых. Винная к-та вращает плоскость поляризации как в твердом виде, так и в растворенном; это вращение есть свойство самой молекулы винной к-ты, т. е. химич. свойство; право- и левовращающие кристаллы винной к-ты отличаются химически, а потому они д. б. отнесены к разным фазам. Но если взять раствор, насыщенный хлорноватонатриевой солью, пар и на дне—смесь право- и левовращающих кристаллов этой соли, то здесь имеем только три фазы: парообразную, жидкую и одну твердую. Дело в том, что хлорноватонатриевая соль вращает плоскость поляризации только в твердом состоянии, но не в растворенном. Это вращение не есть свойство молекулы, а результат укладки молекул в кристаллич. ячейке; это не химич. свойство, но и не термодинамическое; следовательно оба вида кристаллов д. б. отнесены к одной твердой фазе.

Составляющими веществами системы называются те вещества ее, к-рые м. б. выделены из системы и могут

существовать вне ее в изолированном виде. Если система представляет раствор хлористого натрия в воде, то здесь мы имеем два составляющих вещества: хлористый натрий (NaCl) и воду. Ионы Na^+ и Cl'—не составляющие вещества, т. к. они порознь не м. б. выделены из раствора. Вода—равновесная смесь троякого рода молекул: H_2O, $(H_2O)_2$ и $(H_2O)_3$, но эти виды воды не м. б. выделены порознь, между ними чрезвычайно скоро устанавливается равновесие; составляющим веществом называется равновесная смесь этих молекул, называемая просто водой и обозначаемая символом H_2O. В растворе хлористого натрия оба составляющие вещества—вода и NaCl—независимы друг от друга: изменение количества одного из них не изменяет количества другого. Такие системы, в которых составляющие вещества независимы друг от друга, называются системами первого класса; в них протекают физич. и физико-химич. процессы, но не химические. Возьмем систему, состоящую из H_2O, NaCl, KCl, Na_2SO_4 и K_2SO_4. Здесь 5 составляющих веществ, но они не независимы друг от друга, т. к. в силу реакции

$$2NaCl + K_2SO_4 \rightleftarrows 2KCl + Na_2SO_4$$

изменение количеств одного из этих веществ влечет за собою изменение количеств и трех других веществ; мы имеем пять составляющих веществ и одну связь между ними, следовательно независимых составляющих веществ — четыре. Если в этой системе при определенных $t°$ появится новое вещество $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, то тогда будет 6 составляющих веществ, но налицо новая связь, даваемая ур-нем превращения декагидрата:

$$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O \rightleftarrows Na_2SO_4 + 10H_2O,$$

следовательно независимых составляющих веществ попрежнему четыре. Системы, в которых протекают химич. реакции и в к-рых общее число составляющих веществ больше числа независимых составляющих веществ, называются системами второго класса. Независимые составляющие вещества в системе называются ее компонентами. Число компонентов определяется числом составляющих веществ минус число связей между последними. С помощью компонентов м. б. выражен состав любой фазы системы, находящейся в равновесии. Поэтому числом компонентов называют также наименьшее число веществ, при помощи которых можно выразить состав фаз системы. Определить число компонентов обыкновенно очень нетрудно. Какие вещества взять в качестве компонентов, по существу безразлично; выбор определяется удобством: выбирают такие вещества, при помощи к-рых состав любой фазы м. б. выражен без применения отрицательных количеств. Напр. в системе, в к-рой возможна реакция

$$CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2,$$

два компонента и три фазы ($CaCO_3$, CaO и газообразная CO_2); если в качестве компонентов возьмем CaO и CO_2, то третья фаза выразится суммой компонентов $CaO + CO_2$, если же в качестве компонентов возьмем $CaCO_3$ и CO_2, то состав третьей фазы

$$CaO = CaCO_3 - CO_2.$$

Не всегда однако возможно избежать применения отрицательных количеств, так, в приведенном выше примере это невозможно.

В ы в о д П. ф. требует предварительного установления ограничительных условий. Мы принимаем, что телесные комплексы не настолько малы, чтобы нельзя было говорить о постоянстве их $T°$ и давления со статистич. точки зрения и что их поверхностная энергия не оказывает заметного влияния на свойства системы; этим мы исключаем коллоидные растворы из области, к к-рой применимо П. ф. Далее, мы исключаем действие различных сил, кроме давления, и рассматриваем системы таких размеров, что можно не считаться с различиями в действии силы тяжести в различных ее местах. В этих условиях факторы емкости (объем, энтропия и массы компонентов) всей системы равны суммам соответствующих факторов емкости отдельных фаз. Как следствие второго принципа термодинамики и постулатов о равновесии вытекает условие равновесия гетерогенных систем: равенство факторов интенсивности фаз в системе. Берем указанные выше обозначения для давления, темп-ры и химич. потенциала компонента; индекс вверху символа указывает номер фазы, индекс внизу—номер компонента; пусть всех фаз в системе—k, компонентов—n. Тогда условия равновесия выразятся так:

$$\left.\begin{aligned} p' &= p'' = \ldots = p^{(k)} \\ T' &= T'' = \ldots = T^{(k)} \end{aligned}\right\}, \qquad (1a)$$

$$\left.\begin{aligned} \mu_1' &= \mu_1'' = \ldots = \mu_1^{(k)} \\ \mu_2' &= \mu_2'' = \ldots = \mu_2^{(k)} \\ &\ldots\ldots\ldots \\ \mu_n' &= \mu_n'' = \ldots = \mu_n^{(k)} \end{aligned}\right\}. \qquad (1б)$$

т. е. для равновесия гетерогенной системы необходимо равенство давлений, темп-р и химич. потенциалов компонентов в ее фазах. В качестве независимых переменных берем давление, $T°$ и концентрации; след. условия (1а) суть тождества, а условия (1б) дают $n(k-1)$ ур-ий, т. к. $\mu = f(p, T°, c_1, c_2, \ldots, c_{n-1})$. В каждой фазе подлежат определению $n-1$ концентраций, так как n-я концентрация по смыслу понятия о концентрации м. б. найдена из выражения

$$c_1 + c_2 + \ldots + c_{n-1} + c_n = 1.$$

Т. о. число всех концентраций, подлежащих определению, равно $k(n-1)$. Рассматривая независимые переменные как неизвестные, мы получаем всех неизвестных (концентрации, давления и темп-ры) $k(n-1)+2$, а число ур-ий, решением к-рых эти неизвестные м. б. найдены, равно $n(k-1)$. Т. к. для получения определенного решения ур-ия число ур-ий должно или равняться или быть меньше числа неизвестных, то

$$n(k-1) \leq k(n-1) + 2,$$

или

$$k \leq n + 2, \qquad (2)$$

т. е.: число фаз в гетерогенной системе, находящейся в равновесии, равно или меньше числа компонентов плюс два. Это и есть знаменитое правило фаз Гиббса. Чтобы уничтожить знак неравенства, выражение (2) можно переписать так:

$$F = n + 2 - k. \qquad (2a)$$

Величина F, равная разности между $n+2$ и числом фаз, называется числом степеней свободы данной системы.

Если $n+2=k$, то $F=0$, система не имеет степеней свободы, она и н в а р и а н т н а: это значит, что мы не можем изменить значения ни одной из независимых переменных (p, $T°$, c_i) без того, чтобы не изменилось число фаз в системе. Если $n+2>k$, то системы имеют степени свободы; при $k=n+1$, $F=1$, это значит, что одну из независимых переменных, например $T°$, мы можем менять по произволу (в определенных пределах), без того чтобы число фаз в системе изменилось; такая система называется м о н о в а р и а н т н о й. При $k=n$, $F=2$ система д и в а р и а н т н а,—две ее независимые переменные мы можем менять по произволу без изменения числа фаз в системе, и т. д. При выводе П. ф. мы предполагали, что все вещества системы находятся во всех фазах ее; следовательно в системе, в которой идет реакция восстановления окиси железа окисью углерода ($FeO+CO \rightleftarrows Fe+CO_2$), мы допускаем, что в газообразной фазе присутствуют, хотя бы и в ничтожнейших количествах, не учитываемых опытом, такие вещества, как железо и окись железа. Против такого допущения можно возражать; поэтому лучше дополнить вывод П. ф. простым соображением, по которому отсутствие тех или иных компонентов в тех или иных фазах влечет за собой одновременное выпадение одинакового числа как неизвестных (концентраций), так и ур-ий (равенств химических потенциалов), а поэтому их выпадение не влияет на решение системы ур-ий. Особый интерес представляет случай, когда две фазы в системе имеют одинаковый состав, напр. в случае диссоциации типа $NH_4Cl \rightleftarrows NH_3+HCl$, когда в газообразной фазе отношение NH_3 и HCl то же, что и в твердой. Опыт показывает, что такая система ведет себя как однокомпонентная; однако стоит только ввести в систему избыток NH_3 или HCl, как система становится типично двухкомпонентной. Между тем в случае диссоциации $CaCO_3 \rightleftarrows CaO+CO_2$ мы имеем при всех условиях двухкомпонентную систему. В первой системе мы имеем две фазы одинакового состава, во второй—три фазы, следовательно нет фаз одинакового состава. Если в системе две фазы имеют одинаковый состав, то к прежним условиям прибавляются новые—равенство концентраций компонентов в двух фазах:

$$c'_1 = c''_1,$$
$$c'_2 = c''_2,$$
$$c'_{n-1} = c''_{n-1},$$

т. е. к числу ур-ий $n(k-1)$ прибавляется еще $n-1$ ур-ий, число же неизвестных остается прежним, следовательно в этом случае

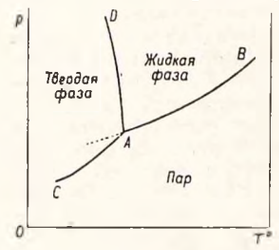
$$n(k-1)+n-1 \leqslant k(n-1)+2,$$

или

$$k \leqslant 3,$$

т. е. всякая система, независимо от числа компонентов, ведет себя как однокомпонентная, если в ней две фазы имеют одинаковый состав. Во втором случае с диссоциацией $CaCO_3$ мы имеем всегда двухкомпонентную систему, потому что смесь $CaCO_3$ и CaO рассматриваем как две твердые фазы. Если бы мы сочли такую смесь за одну фазу, то получили бы полную аналогию со случаем диссоциации NH_4Cl. Но смесь двух веществ в твердом состоянии образует одну фазу только тогда, когда это твердый раствор. С термодинамич. точки зрения определение твердого раствора базируется на П. ф., следовательно однозначно вопрос решен быть не может. Однако строение кристаллов подтверждает, что в данном случае мы имеем дело с двумя твердыми фазами, а не с одной (твердым раствором). П. ф., вводя строго определенные понятия компонента и степеней свободы, позволяет классифицировать бесчисленное многообразие равновесных систем в химии и дает возможность далекого и глубокого проникновения в область сложных физико-химич. свойств. Принято в основу классификации класть в первую очередь понятие компонента, во вторую—степени свободы.

О д н о к о м п о н е н т н ы е с и с т е м ы состоят химически из одного индивидуального вещества ($n=1$). По данным опыта в однокомпонентных системах м. б. одна газовая, одна жидкая и несколько твердых фаз, но по правилу фаз одновременно в равновесии м. б. не больше трех фаз. Т. к. понятие о концентрации у однокомпонентных систем отпадает, то для определения их состояния достаточны лишь две независимые переменные: давление и $T°$; следовательно для графич. изображения свойств однокомпонентных систем достаточно плоскости. Если на оси абсцисс станем откладывать $T°$, а на оси ординат—давления, то система из трех фаз—инвариантная (фиг. 1)—представится точкой A, т. к. такая система может существовать лишь при строго определенных значениях p и $T°$. Напр. в случае воды три фазы—лед, жидкая вода и пар—находятся в равновесии при температуре $+0{,}0078°$ и $4{,}579$ *мм* давления. Из числа трех данных фаз можно составить три системы по две фазы, напр. системы вода—пар, лед—пар и лед—вода. Двухфазная система моновариантна, а потому графически она в диаграмме представляется кривой, в нашем примере кривая AB показывает изменения давления с $T°$ в системе вода—пар, кривая CA—в системе лед—пар, DA—в системе лед—вода. Все эти три кривые пересекаются в точке A, которая называется поэтому т р о й н о й т о ч к о й. Известно, что в системе вода—пар давление пара зависит только от $T°$, но не от объема. Заметим, что это положение справедливо для всех моновариантных систем независимо от числа компонентов. В случае однофазной системы ($n=1$), напр. в случае воды, льда и пара по-



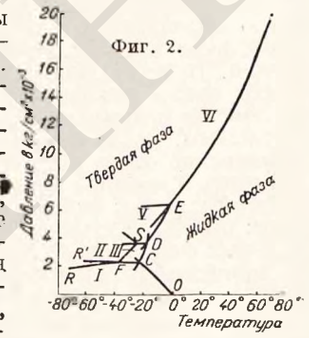
Фиг. 1.

розь, имеем две степени свободы, т. е. можем изменять по произволу обе переменные p и $T°$ без того, чтобы изменилось число фаз. Графически таким дивариантным системам отвечают части плоскости между кривыми на фиг. 1. Это же явление отображается в уравнении состояния вещества: $f(V, p, T)=0$. Изучение моно- и дивариантных однокомпонентных систем составляет одну из основных задач физики (учения о газах, жидкостях, твердом веществе, агрегатных состояниях). Так как вещество может проявляться в виде нескольких твердых фаз (модификаций, см. *Полиморфизм*), то у каждого вещества м. б. несколько тройных точек; число тройных точек определяется опытом. Примером может служить вода с 5 видами льда (фиг. 2); координаты тройных точек здесь следующие.

Тройная точка на фиг. 2	Фазы	$t°$	Давление
O	Лед I—вода—пар	$+0{,}0078$	4,579 *мм*
C	Лед I—вода—лед III	-22	2,115 *кг/см²*
D	Лед III—вода—лед V	-17	3,530 »
E	Лед V—вода—лед VI	$+0{,}16$	6,380 »
F	Лед I—лед II—лед III	$-34{,}7$	2,170 »
S	Лед II—лед III—лед V	$-24{,}3$	3,510 »

Лед IV, на существование к-рого указывал Тамман, повидимому не существует; вопрос о существовании разновидных фаз, напр. льдов III и III′ (см. *Лед*), остается совершенно открытым. Лед VI прослежен до давлений около 20 000 *кг/см²* и до $t°$ около 80° («горячий» лед).

Д в у х к о м п о н е н т н ы е с и с т е м ы характеризуются тремя независимыми переменными: p (или V), $T°$ и концентрацией одного из компонентов; если масса одного компонента m_1, второго m_2, то концентрация первого $c=\frac{m_1}{m_1+m_2}$, второго $1-c=\frac{m_2}{m_1+m_2}$; графически свойства таких систем изображаются в пространстве. Максимальное число фаз, к-рые м. б. одновременно в равновесии, равно четырем. Инвариантная система ($n=2$, $k=4$) существует при строго определенных значениях p, $T°$ и c, т. е. графически представляется точкой в пространстве. Эта точка является точкой пересечения четырех кривых моновариантных систем ($n=2$, $k=3$) и называется ч е т в е р н о й т о ч к о й. Пример: система, состоящая из воды и соли; в инвариантном состоянии она может состоять из фаз раствора L, твердой соли S, льда E и пара V. Из этих фаз можно составить четыре трехфазные системы: 1) L, S, V; 2) L, S, E; 3) L, E, V; 4) S, E, V, с одной степенью свободы; в таких моновариантных системах давление не зависит от объема (см. выше); им отвечают четыре кривые. Инвариантных систем ($n=2$, $k=2$) может быть шесть: V—L, V—S, V—E, L—S, L—E, S—E. Число возможных систем значительно возрастает, если принять во внимание полиморфизм твердых фаз и то, что в двухкомпонентных системах возможны две жидкие фазы (напр. вода и эфир). Двухкомпонентные системы изучены достаточно полно (см. *Спр. ТЭ*, тт. V, VI, VII, «Равновесие фаз»). Из их числа следует указать на системы, в к-рых протекает диссоциация (напр. $CaCO_3 \rightleftarrows CaO+CO_2$, диссоциация кристаллогидратов), растворы индивидуальных веществ в различных растворителях, системы из двух несмешивающихся жидкостей, бинарные твердые растворы, бинарные сплавы, смеси двух летучих жидкостей (см. *Перегонка*), системы с динамич. и оптич. изомерой.

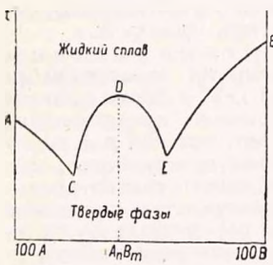


Т р е х к о м п о н е н т н ы е с и с т е м ы характеризуются четырьмя независимыми переменными: p (или V), $T°$ и двумя концентрациями c_1 и c_2; полное их представление графически невозможно, так как для этого требуется четырехмерное пространство, следовательно мы можем давать только проекции в трехмерном пространстве, принимая одну из независимых переменных постоянной. Очевидно, что в инвариантной трехкомпонентной системе пять фаз; ей отвечает точка в четырехмерном пространстве, в ней пересекаются пять кривых моновариантных систем. Очевидно также, что число систем при $n=3$ весьма сильно возрастает и изучение их усложняется, а между тем практич. ценность трехкомпонентных систем огромна. Растворы двух солей в различных растворителях, двойные соли, тройные сплавы, смеси трех жидкостей (см. *Перегонка*) и т. д. являются трехкомпонентными системами. В тех случаях, когда два компонента резко отличаются по своим свойствам от третьего (напр. две соли и вода), можно применять обычные прямоугольные координаты, напр. откладывая на двух осях концентрации c_1 и c_2, на третьей—$T°$ (p—постоянное). В других случаях, при изучении сплавов трех жидкостей и т. п., наиболее удобными являются треугольные координаты. О применении их см. *Спр. ТЭ*, т. VI и VII. В таких координатах мы имеем дело не с двумя концентрациями компонентов, а с тремя концентрациями составляющих веществ; следовательно для изображения свойств системы при разных $T°$ (p—постоянно) или разных давлениях ($T°$—постоянно) мы должны использовать треугольную призму.

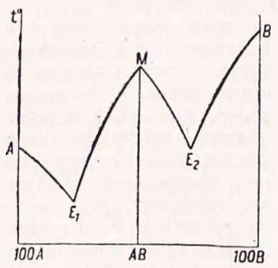
Еще сложнее системы четырехкомпонентные и выше; они изучены слабо и только в виде отдельных конкретных примеров; между тем большое значение их станет ясным, если примем во внимание, что их изучение—непременная предпосылка к рациональной разработке вопросов об отложениях морских солей (Стассфуртские, Соликамские и другие отложения). Графич. методы для изображения свойств таких систем в известной степени условны; о них см. *Спр. ТЭ*, т. VII.

В основе применений П. ф. лежат два принципа: п р и н ц и п н е п р е р ы в н о с т и и п р и н ц и п с о о т в е т с т в и я, или к о р р е л я ц и и. Первый принцип утверждает, что свойства фазы изменяются непрерывно при непрерывном изменении переменных, определяющих ее состояние, т. е. $T°$, давления (или объема) и концентраций компонентов; в случае гетерогенной системы ее свойства также изменяются непрерывно при непрерывном изменении указанных переменных до тех пор, пока число и характер фаз, входящих в состав системы, постоянны. Второй принцип относится к графич. представлению свойств системы и утверждает, что в случае диаграмм на плоскости каждой фазе соответствует особая

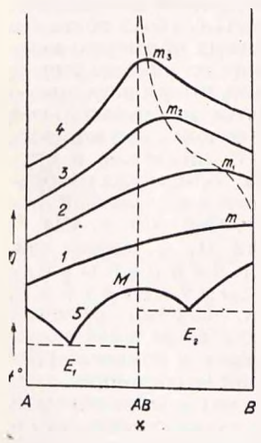
ветвь диаграммы, и обратно — числом ветвей ее определяется число существующих фаз в равновесной системе: в случае пространственных диаграмм каждой фазе отвечает своя поверхность. На фиг. 3 показана обычная диаграмма плавкости смесей двух веществ A и B; на оси абсцисс отложены %-ные содержания A и B в смеси, на оси ординат $t°_{пл}$ или $t°_{отв.}$. В данной системе вдоль кривых всегда имеется жидкая и твердая фаза; ветвь AC отвечает тем случаям, когда твердой фазой является A, ветвь BE—отвечает твердой фазе B, ветвь же CDE—твердой фазе—химич. соединению A_nB_m (n и m—целые числа). С точки зрения принципа корреляции CDE—непрерывная кривая, D—ее максимум; абсцисса точки D показывает состав соединения A_nB_m. В точке D можно провести только одну касательную к кривой CDE, и эта касательная параллельна оси состава. Можно подойти к вопросу с другой точки зрения. Допустим, что компонентами системы являются A и соединение AB (см. фиг. 4); как прибавление AB к A, так и прибавление A к AB понижает $t°_{пл.}$ A, и соответственно AB; мы получим две ветви: AE_1—отвечающую твердой фазе A, и ME_1—отвечающую твердой фазе AB. Пусть теперь в качестве компонентов взяты AB и B; в такой системе опять получим две ветви: ME_2 — отвечающую соединению AB, и E_2B—отвечающую твердому компоненту B. Очевидно, что в точке M должны брать начало две различные кривые ME_1 и ME_2, пересекающиеся в точке M. В ней можно провести две касательные. Между тем с опытной точки зрения в подавляющем большинстве случаев кривая плавкости соединения непрерывна и только проходит через максимум. Мы найдем объяснение, если станем изучать не только плавкость, но и другие свойства системы, напр. внутреннее трение, электропроводность и т. д. На фиг. 5 в верхней части даны схематически кривые внутреннего трения при различных $t°$ жидкой фазы в системе, диаграмма плавкости к-рой, состоящая из трех ветвей, показана в нижней части фиг. Кривые внутреннего трения также показывают максимумы, но положения этих максимумов не совпадают с положением максимума плавкости M и различны при разных $t°$. Этот факт вполне объясняется соответствующим ходом с темп-рой диссоциации соединения AB в жидкой фазе. Эта же причина объясняет, почему кривая плавкости соединения на фиг. 5 только проходит через максимум, оставаясь непрерывной: кривая из двух ветвей ME_1 и ME_2 может иметь место только в тех случаях, когда нет диссоциации соединения в жидкой фазе. Остается еще вопрос, почему абсцисса максимума плавкости M отвечает составу соединения, а абсциссы максимумов внутреннего трения—нет. Если бы соединение AB не диссоциировало в жидкой фазе, то кривая плавкости и кривые внутреннего трения должны были бы иметь вид, показанный на фиг. 6; здесь все максимумы отвечали бы одной и той же абсциссе—составу соединения. Опыт показал, что такие системы действительно существуют. Примеры таких систем были изучены академ. Н. С. Курнаковым и его учениками; к ним принадлежат системы из анилина, $C_6H_5NH_2$, и аллилового горчичного масла, $CSN \cdot C_3H_5$, которые образуют аллилфенилтиомочевину, $CS \cdot NH(C_3H_5) \cdot NH(C_6H_5)$: далее, система: уксусный ангидрид и вода (соединение—уксусная кислота), серный ангидрид и вода (соединение—H_2SO_4). Таким образом опытом доказано существование таких систем, в к-рых одной и той же твердой фазе отвечают две различные кривые, что противоречит принципу корреляции. Н. С. Курнаков и С. Жемчужный показали, что это противоречие устраняется, если мы примем, что две ветви ME_1 и ME_2 (фиг. 6), пересекающиеся в точке M, являются не различными кривыми, а ветвями одной и той же аналитическ. кривой. Точка M, как и точки m_1, m_2, m_3, ..., с математич. точки зрения суть особые сингулярные точки непрерывных кривых; они м. б. или узловыми точками (фиг. 7, a), или точками возврата (фиг. 7, $б$), или точками остановки—угловыми (фиг. 7, $в$). С изменением параметров ур-ия кривой может произойти разрешение особой точки и переход от сингулярных кривых к обыкновенным.



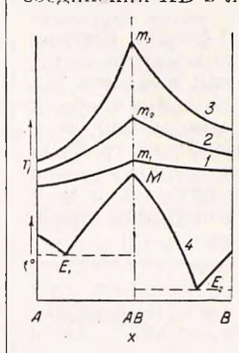
Фиг. 3.



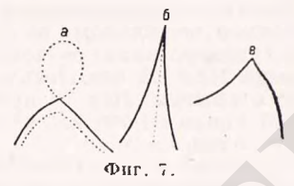
Фиг. 4.



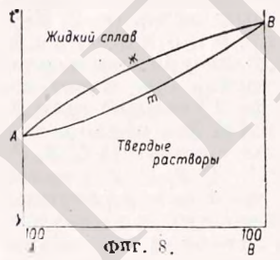
Фиг. 5.



Фиг. 6.



Фиг. 7.

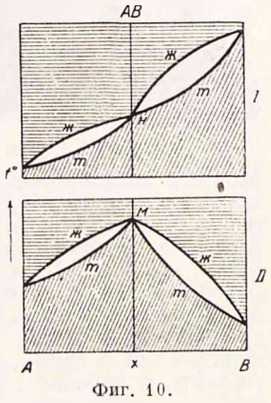


Фиг. 8.

A или B или химич. соединения A_nB_m. Но далеко нередки случаи, когда из жидкой фазы выделяются твердые растворы обоих компонентов или компонентов с химич. соединением. В данных случаях характерно то, что состав кристаллов твердого раствора, выделяющихся из этого сплава, различен; мы получаем две кривые: кривую затвердевания жидкого сплава и кривую плавления твердого раствора. На фиг. 8 изображена диаграмма таких сплавов в простейшем случае, когда оба компонента смешиваются во всех отношениях как в жидком ($ж$), так и в твердом ($т$) состоянии. Фиг. 9 отвечает случаю прохождения кривых через максимум M, в к-ром обе кривые соприкасаются, что указывает на одинаковый состав жидкого сплава и твердого раствора. Существование максимума указывает на образование соединения; если это соединение диссоциировано в обеих фазах, жидкой и твердой, то обе кривые непрерывны; в максимуме они соприкасаются и имеют одну общую касательную, параллельную оси состава; однако абсцисса точки максимума не отвечает составу соединения, она смещается под влиянием изменения условий (давления третьего вещества) опыта. Если соединение AB не диссоциирует ни в жидкой ни в твердой фазе, то получим второй крайний случай, диаграмма которого показана на фиг. 10. Кривые обоего рода ($эж$ — жидкости, $т$—твердых растворов) не проходят через максимум, а пересекаются в точке M, сингулярной точке ветвей $эж$ и ветвей $т$, обе ветви $эж$ принадлежат различным кривым, так же как и обе ветви $т$. Здесь абсцисса точки M отвечает определенному соединению AB.

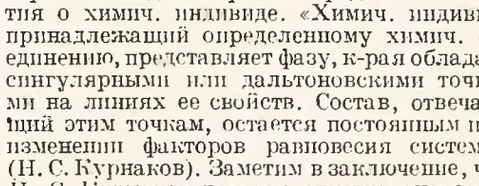


Фиг. 9.



Фиг. 10.

Средние случаи—очень многочисленные—имеют место, когда соединение AB диссоциировано в жидкой фазе, но не в твердой. Тогда кривая жидкости $эжэж$ состоит из одной ветви, проходящей через максимум, а кривая твердых растворов $тт$ состоит из двух ветвей, пересекающихся в точке максимума первой кривой (фиг. 10, II). На фиг. 11 диаграмма a отвечает фиг. 10, а диаграмма b—только-что описанному случаю. Т. к. состав соединения определяется составом твердой фазы, то точка M—точка пересечения ветвей $эжэж$—показывает состав соединения; а так как точка M одновременно является точкой максимума на кривой жидкости, то очевидно, что состав соединения можно определять также и по точке максимума плавления. Часть плоскости между ветвями $эжэж$ м. б. по величине весьма разнообразной, в пределе сойти на нет (диаграмма c фиг. 11). Эта фигура дает ответ на вопрос, почему точка максимума плавкости бинарной системы (фиг. 5) определяет состав соединения в том случае, когда соединение диссоциировано в жидкой фазе, не инвариантно и не отвечает постоянному составу соединения. Ответ ясен: потому что точка M на фиг. 5 совпадает с точкой пересечения ветвей твердых растворов, в пределе совпадающих друг с другом. Диаграмма d фиг. 11 относится к случаю, когда соединение диссоциировано в обеих фазах; точка M—точка соприкосновения двух кривых—не определяет собою точного состава соединения, т. к. она смещается в зависимости от изменений внешних условий вместе со степенью диссоциации соединения. Изложенная здесь теория приводит нас к особому взгляду на химич. индивидуум, т. е. на химически чистое вещество (соединение). Диаграмма b фиг. 11 показывает, что опытные кривые дают нам указания на определенное химич. соединение, но что в общем случае твердая фаза обладает переменной концентрацией, и только в предельных случаях (диаграмма c фиг. 11) мы можем выделить чистое соединение в виде твердой фазы. Следует однако заметить, что общеизвестная трудность получения химически чистого вещества во многих случаях объясняется не только указанной здесь принципиальной причиной, но и чрезвычайной трудностью отделения твердой фазы от жидкой на практике.



Фиг. 11.

Особенный интерес представляет случай, иллюстрируемый диаграммой d фиг. 11. Здесь максимум кривых не соответствует соединению, подчиняющемуся закону кратных отношений Дальтона; сингулярные точки отсутствуют не только у кривых плавкости, но и у кривых различных свойств твердой фазы. Мы получаем твердую фазу переменного состава благодаря диссоциации соединения и в твердом состоянии. На такую фазу можно смотреть как на соединение в духе учения Бертолле (б е р т о л л и д ы, бертоллидный тип соединений по Н. С. Курнакову); они повидимому весьма нередки среди металлич. сплавов и силикатов. Ряд примеров таких соединений найден Н. С. Курнаковым и его сотрудниками. Т. о. теперь можно дать строгое определение понятия о химич. индивиде. «Химич. индивид, принадлежащий определенному химич. соединению, представляет фазу, к-рая обладает сингулярными или дальтоновскими точками на линиях ее свойств. Состав, отвечающий этим точкам, остается постоянным при изменении факторов равновесия системы» (Н. С. Курнаков). Заметим в заключение, что Н. С. Курнаков реально отметил аналогию между изменениями физич. состояний, выражаемых диаграммами «свойство—состав»,

систем и изменениями положения фигур, изучаемыми в особом отделе геометрии—т. н. геометрии положения, или топологии. Очевидно, что этот отдел математики может оказать существенную помощь химии при изучении равновесных систем.

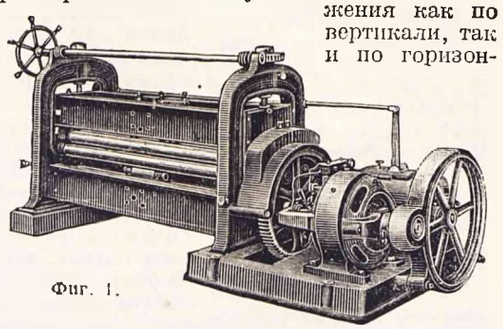
Лит.: Млодзеевский А. Б., Термодинамика и правило фаз, М., 1922; Курнаков Н. С., Растворы и силавы, в книге Менделеева Д., Основы химии, т. 2, стр. 503—556, 9 изд., М.—Л., 1928; Курнаков Н. С., Введение в физико-химич. анализ, 2 изд., Л., 1928; Findley A., The Phase Rule a. Its Applications, 5 ed., L., 1925 (русский перевод печатается); Tammann G., Aggregatzustände, 2 Aufl., Lpz., 1923; Tammann G., Lehrbuch d. heterogenen Gleichgewichte, Brschw., 1924; Roozeboom H. W., Bakhuis u. Schreinemakers F. A., Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte d. Phasenlehre, Brschw., 1901—13; Van-der-Waals-Kohnstamm Ph., Lehrbuch d. Thermostatik, T. 1, Leipzig, 1927. **А. Раковский.**

ПРАВИЛЬНЫЕ И ЗАГИБОЧНЫЕ МАШИНЫ. Первые—машины-орудия, выполняющие операцию выпрямления (правки) различных профилей и сортов прокатного металла; вторые—машины-орудия, назначение к-рых производить изгибание различных профилей и сортов прокатного металла.

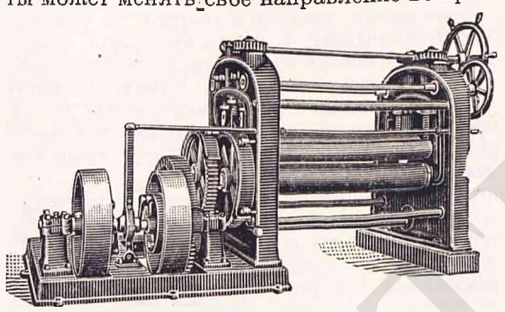
Правильные машины. Правильные машины относятся к оборудованию заготовительных цехов металлообрабатывающих заводов и весьма часто используются в заводских складах металла. П. м. правят или рихтуют металл до раскроя и пуска его в дальнейшую обработку в тех случаях, когда поступающий на склад металл (напр. листы, полосы или прутья железа, красной меди, латуни) имеет неправильную поверхность или изогнут. Такого рода явления неправильной поверхности или искривления ее имеют место вследствие неравномерного нагревания и остывания металла, особенно листового, в прокатных цехах в процессе производства или в результате применения специфических методов упаковки металла на прокатных заводах. Так, листовая красная медь транспортируется в свернутом в пакеты виде, то же относится к стальной проволоке (бухты) и т. п. Сюда же относятся и дефекты при транспортировании. Правильные машины применяются также для восстановления бывшего уже в употреблении металла для повторного использования его, напр. использование проволоки стержневых каркасов в литейных цехах. Т. о. правильные машины находят применение в цехах железо- и меднокотельных, металлич. конструкций, механических (правка прутков круглого металла для револьверных станков и автоматов), в литейных (как в самих цехах, так и в складах металла при них) для правки проволоки стержневых каркасов и на прокатных з-дах (правка изготовленных листов, прутков и т. д.).

Типы правильных машин: многовалковые машины для листового металла, многовалковые машины для сортового металла, прессы вертикального и горизонтального типов для сортового металла.

Многовалковые машины. Правильная машина для правки листов распространенной конструкции имеет семь горизонтальных валков, вращающихся в подшипниках, расположенных в двух боковых литых стойках; последние скреплены между собой поперечными траверсами из двутавровых балок (фиг. 1). Валки в одном или двух местах по длине (как расположенные вверху машины, так и расположенные внизу) поддерживаются от прогибания опорными свободно вращающимися роликами. Из семи валков четыре расположены в нижней части машины, их оси вращения строго фиксированы и не могут менять своего положения как по вертикали, так и по горизонтали. Эти валки осуществляют рабочее движение подачи обрабатываемого листа и имеют принудительное движение от трансмиссии или непосредственно от электромотора через систему зубчатых передач и переборов. Движение валков помощью фрикционной муфты может менять свое направление во время

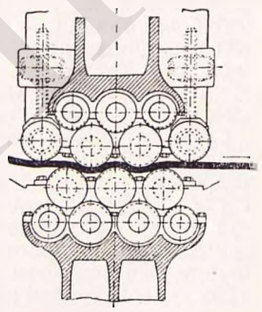


Фиг. 1.



Фиг. 2.

рабочего хода машины. Остальные три валка расположены над нижним рядом из четырех валков и имеют возможность перемещаться в вертикальном направлении и свободно вращаться. Их движение создается силой трения о двигающийся в машине обрабатываемый лист. Перемещение валков по вертикали устанавливается в зависимости от неровностей и толщины листа. В машинах для правки более толстых листов (фиг. 2 и 3) иногда применяют обратное расположение валков; в этом случае обычно два средних валка при помощи горизонтального валка с штурвальным колесом, расположенного над станиной, через червячную передачу получают вертикальные перемещения. Два валка из четырех верхних, расположенные с наружных сторон машины, получают вертикальные перемещения, каждый самостоятельно через два горизонтальных валка с маховиками в верхней части станины.



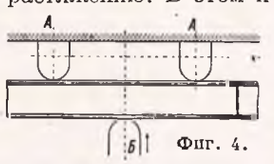
Фиг. 3.

Шестеренные передачи, фрикционные и зубчатые переборы обычно заключены в чугунную коробку скоростей на чугунной фундаментной плите. Обе чугунные стойки машины и фундаментные плиты закрепляются на фундаменте. Материал валков—прокованная сименс-мартеновская сталь. Все шестерни тщательно механически обработаны. Правильные семивалковые машины строятся для правки листов различной толщины и ширины: толщина листов 0,5—12 *мм*. Практически правке подвергаются листы железа до 8 *мм* и меди до 12 *мм*. Листы указанных толщин чаще прочих имеют неправильные поверхности. Расстояние между боковыми стойками определяет ширину обрабатываемых листов или полезную длину валков, которая колеблется в пределах от 1 050—3 050 *мм* и обычно не превышает 2 500 *мм*. Уместно отметить, что по нашим стандартам (ОСТ 19) ширина листов стандартного железа не превышает 1 850 *мм*, для правки которого выбирают правильную машину с полезной длиной валков в 1 900 *мм*. Длина листа, подлежащего правке, не влияет на размер и мощность машины. Мощность машины определяется исключительно максимальной толщиной листа металла и его максимальной шириной. В табл. 1 приведены данные завода Maschinenfabrik Weingarten о потребной мощности правильных машин, где *a*—толщина, *b*—ширина листа в *мм*, а *N*—мощность в Hp.

Табл. 1.—Потребная мощность семивалковых машин для правки листового железа.

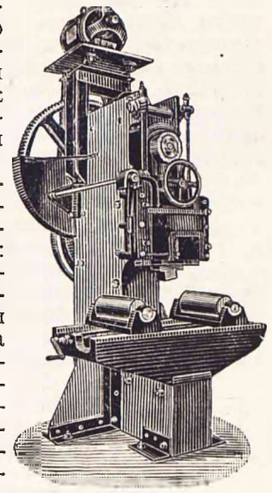
a	*b*	*N*	*a*	*b*	*N*
0,5—2	1 050—1 550	4	3—8	1 550—1 750	14
0,5—3	1 050—1 550	5	3—7	2 550	16
1—4	1 300—1 560	6	4—12	1 500	18
1—4	2 050	8	4—10	2 000	18
1—5	1 650	8	4—8	2 500	18
2—6	1 300—1 650	10			

Процесс правки на много-(семи-) валковой машине. Лист, подлежащий правке, по всей ширине своей направляется меж валков машины во время рабочего хода машины. Валки, вращаясь, захватывают лист металла и прокатывают его. Машина производит полезную работу независимо от прямого или обратного хода. Металл во время одного прохода в одном направлении испытывает последовательно три перегиба (фиг. 3). При этом металл в конечном итоге получает остаточную деформацию и подвергается растяжению. В этом и заключается процесс правки, к-рый производится на семивалковой машине. Операция правки на машине как правило относится к методам холодной обработки металла, т. е. подогрева металла не производят. Листы, искусственно и грубо изогнутые (напр. материал демонтированного изделия), искривление к-рых нельзя рассматривать как следствие неравномерного остывания в прокатных цехах, до правки на машине надлежит предварительно выправить ручным способом; при этом поверхность листа доводится до состояния обычно искривленных листов, после чего следует машинная правка. Длительная правка листа сопровождается явлениями, свойственными наклепыванию, или гартованию, металла в холодном состоянии, что приводит к понижению относительного удлинения. Однако с этим приходится мириться как с неизбежным злом, ибо применение отжига, как средства борьбы с указанным явлением, безусловно неприемлемо, т. к. снова приведет к искривлению поверхности листа. Единственное правило, соблюдение к-рого следует рекомендовать во избежание нежелательных последствий правки, сводится к максимальному сокращению времени правки.

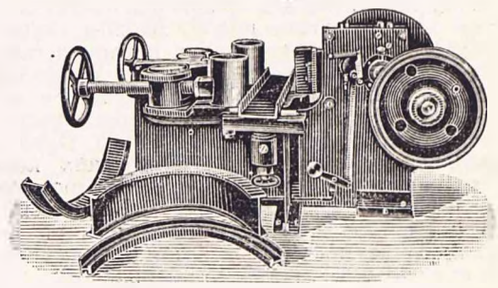


Фиг. 4.

Правка профильного железа производится на двоякого рода машинах: прессах и вальцах. Принцип работы пресса для правки профильного железа схематически изображен на фиг. 4. Участок стержня, подлежащий правке, помещается между упорами *A* и *A*. Долбняк пресса *Б*, осуществляющий рабочее движение, действует на место правки, изгибая его в направлении, противоположном его выпуклости. При этом достигается остаточная деформация металла, необходимая для получения прямолинейности полосы металла. На фиг. 5 изображен вертикальный пресс, действующий по указанному принципу. Он имеет применение



Фиг. 5.

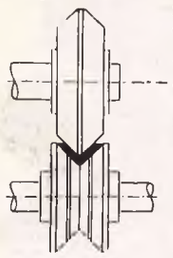


Фиг. 6.

гл. образом для правки балок различных профилей, двутавровых, тавровых, швеллерных и т. п. Аналогичные прессы строятся и горизонтальные (фиг. 6). Отмеченные на схеме (фиг. 4) упоры *A* и *A* в прессах (как горизонтальных, так и вертикальных) подвижные, расстояние между ними устанавливается в зависимости от радиуса искривления полосы, балки и т. п. Долбняк пресса *Б* может легко заменяться в зависимости от профиля балки, полосы и т. п. Расстояние между упорами сокращается по мере выпрямления полосы. Эта операция производится при холостом ходе машины. Прессы для правки строятся как с литыми станинами, так и со станинами из сименс-мартеновских стальных плит. Общее устройство видно из приведенных рисунков. Мощность пресса и

его размеры определяются из расчета размера и профиля балок, полос и т. п., подлежащих правке. Прессы указанных типов строятся для правки различного профильного железа, напр. двутавровые балки до № 45 по нормальному сортаменту, швеллера до № 30 и иные профиля с моментом сопротивления до 2 000 *см*³. Число ходов долбняка принято в 32—60 в мин. Потребная мощность для привода пресса 4—12 HP, в зависимости от нагрузки. Вес пресса 3—10 *т*. Недостаток работы прессов при правке—наличие смятых мест в металле от действия долбняка. Прессы рекомендуются для правки тяжелых сортов профильного железа, напр. двутавровых балок от № 20 и выше.

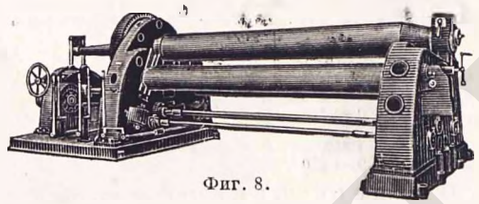
Для более легких сортов сортового железа и стали применяют вальцы. На фиг. 7 изображены валки для правки углового железа. Машины последнего типа обладают рядом преимуществ перед прессами для правки: 1) простота в обслуживании: машина может обслуживаться двумя рабочими, в то время как работа пресса требует постоянного присутствия трех рабочих; 2) подача материала в процессе правки производится от привода во время рабочего хода машины, в то время как на прессе эта операция производится во время холостого хода—вручную или помощью крана; 3) невысокая квалификация рабочих, обслуживающих машину; 4) безусловно высшее качество правки; 5) неизменность профиля металла, подвергающегося правке; 6) большая производительность (25—120 *п. м/мин* длины выпрямляемого прута, полосы и т. п.); 7) вальцы м. б. применяемы для правки как изогнутых, так и скрученных полос. Вальцы открытого типа применяются для правки легких профилей. Для более тяжелых профилей применяют закрытую конструкцию, т. е. валок вращается в двух подшипниках, расположенных в двух стойках станины. Привод вальцов осуществляют в последних конструкциях непосредственно от электромотора через шестеренные передачи. Валки обычно составные, могут быть сменными, в зависимости от профиля железа, стали. Стоимость правки листов устанавливается из расчета стоимости правки 1 *м*² листа данной толщины металла. То же для полос, балок, прутков устанавливается из расчета стоимости правки 1 *п. м*.


Фиг. 7.

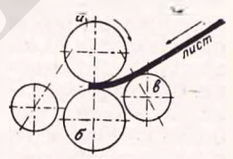
Техника безопасности. Все движущиеся части (валы), зубчатые передачи, за исключением рабочих валков, заключены в металлич. кожухи. Место движения листа или прута огорожено от остальной части цеха. Обслуживание машин ведется на прессах тремя рабочими, на валках—двумя, с тем чтобы один рабочий находился на месте расположения пусковых рукояток и приборов. Что касается предупредительных мероприятий в области техники безопасности по отношению к вращающимся рабочим валкам и движущемуся металлу, то и здесь проводятся общепринятые правила—те же, что и во время работы на машинах-орудиях с поступательным и вращательн. движением.

Загибочные машины. Загибочные машины производят изгибание железа как в холодном, так и в нагретом состоянии. Изгибание железа, в отличие от правки,—производственная операция. Цель изгибания—придать металлу ту или иную форму в соответствии с конструкцией изделия (цилиндр, конус, изгиб на определенный угол и т. д.). Изгибанию на машинах можно подвергать все виды прокатанных металлов как черных, так и цветных. Загибочные машины находят применение в металлообрабатывающих заводах и цехах: медно- и железокотельных, металлических конструкций, аппаратурных и т. п. В зависимости от характера загибочных операций применяются отдельные типы загибочных машин.

Типы загибочных машин: 1) четырехвалковая загибочная машина; 2) то же, но трехвалковая (вертикальные валки); 3) пресс для изгибания кромок котельных листов; 4) машина для универсального изгибания листового металла; 5) загибочная машина для откладывания бортов в кругах листового металла; 6) фланжировочная машина; 7) пресс для откладывания бортов в кругах листового металла; 8) машина для изгибания балок всех профилей; 9) машина для изгибания сортового металла. Четырех- и трехвалковые загибочные машины служат обычно для изгибания листов по цилиндрич. и конич. поверхностям. Четырехвалковая гибочная машина (фиг. 8) имеет 4


Фиг. 8.

валка, расположенные в подшипниках между двумя литыми стойками станины. Схема расположения валков видна из фиг. 9. Два средних валка *а* и *б* имеют принудительное вращение и совершают движение подачи листа. Нижний валок *б* может устанавливаться по высоте в зависимости от толщины изгибаемого листа. Движение производится помощью маховичка, червячной передачи и шпинделя. Верхний валок *а* снабжен специальным устройством, приводимым в движение от главного привода, помощью к-рого один из его подшипников м. б. откинут. Это приспособление позволяет снимать с верхнего вала свальцованный цилиндр, передвигая его помощью мостового крана вдоль оси валка. Два боковых валка совершают изгибание листов. Эти валки могут перестанавливаться по высоте и менять положение своих осей, оба одновременно или каждый порознь, параллельно или наклонно по отношению к оси верхнего валка. Положение валков, параллельное оси верхнего валка, применяется для изгибания цилиндрич. обечаек и наклонные положения—для изгибания конич. поверхностей. Их передвижение производится через зубчатые и червячные



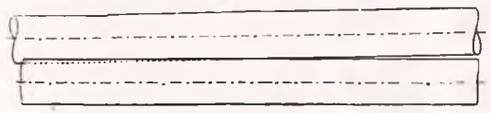
Фиг. 9.

передачи от главного привода машины. Машина имеет передний и задний ход—оба рабочие. Реверсивность осуществлена фрикционными муфтами. Все управление машиной централизовано и осуществляется из одного места. Характеристика машины определяется толщиной и шириной листа, подвергающегося изгибанию, и минимальным диаметром свальцованного из листа цилиндра. Последний не может быть меньше диаметра верхнего валка. Потребная мощность привода четырехвалковой машины для изгибания листов (по данным з-да Maschinenfabrik Weingarten) дана в табл. 2, где *a*—толщина листа в *мм*, *l*—полезная длина валков в *мм* и *N*—мощность в HP.

Табл. 2.—Потребная мощность привода четырехвалковой машины для изгибания листов.

a	*l*	*N*	*a*	*l*	*N*
3	3050	5	12	4550	20
3,5	2550	5	14	4050	20
4	2050	5	16	3550	20
5	4050	8	18	3050	20
6	3550	8	16	5050	30
7	3050	8	18	4550	30
8	2550	8	20	4050	30
10	2050	8	22	3550	30
9	4050	12	25	3050	30
10	3550	12	22	5050	50
13	3050	12	25	4550	50
15	2550	12	28	4050	50
18	2050	12	30	3550	50
10	5050	20	32	3050	50

Процесс работы. Изгибаемый лист, зажатый между средними валками, катают взад и вперед, постепенно производя одновременный нажим на него двумя боковыми валками. При этом лист может быть доведен до желаемого радиуса кривизны цилиндра. Если лист должен получить конич. поверхность, то для изгибания его на четырехвалковой машине боковым валкам придают наклонное положение по отношению к верхнему валку (фиг. 10). При этом между верхним валком и листом имеет место не только трение катания, но и трение скольжения, т. к. различные точки по образующей конуса будут двигаться с различными окружными скоростями при одной и той же скорости

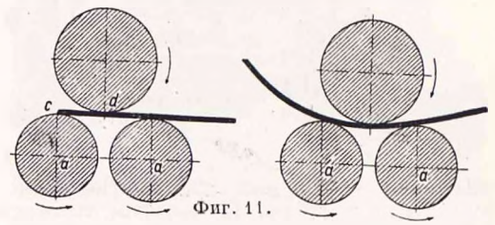

Фиг. 10.

на поверхности валка. Для получения безукоризненно правильной цилиндрич. поверхности необходимо произвести предварительную операцию до вальцевания цилиндра из листа, называемую подведением концов или кромок листа. Эта операция заключается в том, что кромки от края листов подвергаются загибанию по радиусу изготовляемого цилиндра. Эта операция производится на четырехвалковой машине (фиг. 9). Зажатый между валками *а* и *б* лист нажимом—перемещением валка *в*—изгибается до заданного радиуса. При этом валки конечно не вращаются. Работу загибочной машины обслуживают подъемным краном для поддержания изгибаемых листов в процессе вальцевания и транспорта их. В табл. 3 приведены данные затрат машинного времени на вальцевание цилиндров из листов.

Табл. 3.—Количество времени (в минутах), потребное на вальцевание цилиндров.

Диам. цилиндра, *мм*	Толщ. железа, *мм*	Ширина листа, *мм*	Затрата времени*1
1 500	12	2 000	6
1 800	15	2 200	7
2 000	18	2 400	8
2 200	21	2 600	9
2 500	25	2 800	10

Трехвалковая машина для изгибания листов имеет 3 валка. Из них оба нижних валка имеют принудительное движение от главного привода через ряд зубчатых передач. Перемещение их осей вращения невозможно, перемещается только верхний валок. При изгибании конусных поверхностей наклонное положение придается верхнему валку. При снятии изогнутого листа с машины верхний валок устанавливается наклонно нажимом на шаровой конец хвостовика валка, при откинутом подшипнике противоположного конца его. Трехвалковая машина производит те же операции, что и четырехвалковая машина, за исключением операции подведения концов. Объяснение последнего видно из схемы фиг. 11. Кромка шириной $cd = \frac{aa}{2}$ совершенно не подвергается прокатке и остается плоской. До начала изгибания листа на



Фиг. 11.

трехвалковой машине необходимо производить предварительную операцию подведения концов на другой машине или вручную. Обычно эту операцию производят на специальных гибочных прессах. В цехах с операционной поточной системой производства и при наличии достаточной нагрузки целесообразно применение трехвалковой машины и гидравлич. пресса одновременно, в противном случае предпочтительнее четырехвалковые машины. Мощность трехвалковых машин примерно та же, что и четырехвалковых (табл. 4; *a*—толщина железа в *мм*, *l*—полезная длина валков в *мм* и *N*—мощность в HP).

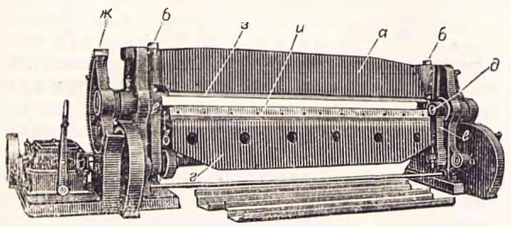
Табл. 4.—Мощность привода трехвалковых машин (по данным з-да Maschinenfabrik Weingarten).

a	*l*	*N*	*a*	*l*	*N*
6	2050	5	18	2550	20
10	2050	8	23	2550	25
13	2050	10	25	3050	30
15	2050	12	30	3050	35
18	2050	15			

Машина для универсального изгибания листового металла производит весьма разнообразные гибочные работы в листовом материале по заданному радиусу кривизны или заданному углу загиба. На фиг. 12 изображен общий вид ма-

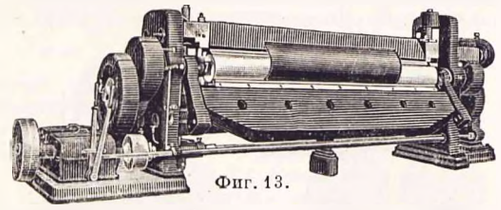
*1 На вальцевание одного цилиндра, без подведения концов. Операция подведения концов с двух сторон листа требует дополнительно времени, примерно в два раза больше указанного в таблице.

шины в состоянии покоя, на фиг. 13—вид машины в процессе работы—изгибания железного цилиндра. Производительность этих машин при изгибании цилиндров б. или м. значительного диаметра меньше, чем у многовалковых машин; их преимуществом является возможность производить загибы

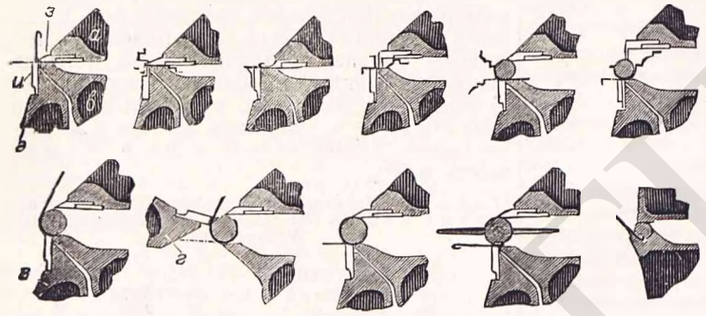


Фиг. 12.

малых радиусов, вплоть до угловых. Типы операций по изгибанию листового материала и схематич. расположение рабочих частей машины для универсального изгибания ясны из фиг. 14. На фиг. 15 изображены нек-рые объекты работы машины. Основные части машины (фиг. 12 и 14)—нажимная траверса *а*, имеющая движение параллельно самой себе помощью двух винтов *б* и при-

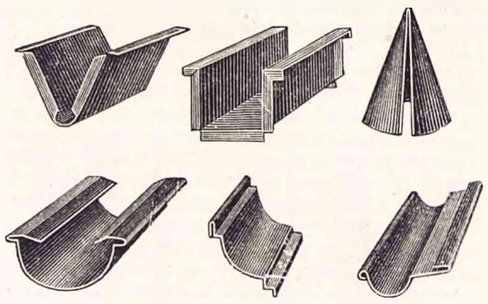

Фиг. 13.

жимающая изгибаемый лист к неподвижному столу *в* машины. Подвижная траверса *г* производит работу изгиба, имея ограниченное движение по дуге круга из центра *д* с радиусом, соответственно положению траверсы *г* в пазах двух рычагов *е*. Движение производится от главного провода через зубчатый сектор *жс*. Детали *з* и *и*—сменные шины (стальные),—как видно из фиг. 14,



Фиг. 14.

выбираются в зависимости от формы изгиба. Все операции изгиба, за исключением случаев производства цилиндров, исполняются за один ход траверсы *г*. В случае изгибания цилиндров требуется не менее трех рабочих ходов. Машинное время одного рабочего хода ок. 1 мин. Процесс работы протекает след. обр.: лист помещают в месте будущего загиба, между траверсой *а* и столом *в*, на холостом ходу или в состоянии покоя машины, включив движение винтов *б*, прижимают лист и дают вращение сектору *жс*. При этом траверса *г* подхватывает свободный край листа и загибает его. Затем дают обратный ход траверсе *г* и освобождают лист. На машине с успехом исполняют работы по изгибу различных металлов с временным сопротивлением до 50 *кг/мм²*. Размеры машины и потребляемая ею мощность определяются шириной изгибаемого листа, толщинами металла при простом изгибе и при образовании цилиндрич. поверхностей, предельными диаметрами цилиндров-труб, намеченных к исполнению на данной машине Приводим потребные мощности привода ма-

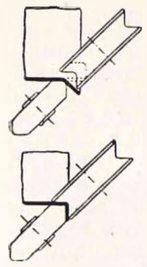

Фиг. 15.

шины для универсальных гибочных работ (по данным з-да Maschinenfabrik Weingarten):

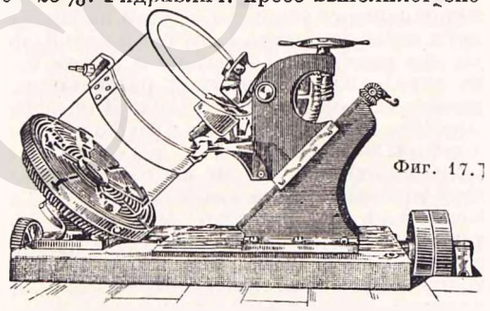
Рабочая длина линии, *м*	2,0—3,5	2.0—4,0	2,0—4,0	2,0—4,0	2,0—4,0
Толщ. изгиб. железа, *мм*	6—3	8—4	10—5	12—7	14—10
Диам. цилиндров, *мм*	50—300	50—300	70—350	80—400	80—400
Мощность, HP	8	10	12	15	20

Загибочные машины для откладывания бортов применяются в производстве днищ из тонкого листового металла, напр. круглые днища металлич. баков и т. п. Рабочим инструментом служат 2 ролика, к-рым через систему зубчатых передач и передаточных валов сообщается как рабочее движение, так и движение подачи. Диск металла, предварительно закроенный на круглых ножницах, зажимается в траверсе в центре ее помощью ручного маховичка и нажимного винта. Кромка диска увлекается вращающимися рабочими роликами. Постепенным перемещением плоскости вращения изгибаемого диска, от горизонтального до $\angle 45°$ к горизонту, во время рабочего хода машины образуют борт диска под прямым углом к плоскости днища. Верхний ролик может перемещаться по вертикали в зависимости от толщины металла. Главный привод машины получает движение от трансмиссии или непосредственно от мотора. Загибочные машины весьма производительны, напр. время, необходимое для бортования днища из железа толщ. 2 *мм* при диам. 610 *мм*, равно 2 мин. Основные размеры загибочной машины определяются толщиной изгибаемого металла и диаметром изгибаемого диска. Последний обычно не превышает 1 500 *мм* при толщине металла в 3 *мм*. Потребная мощность 3—5 HP.

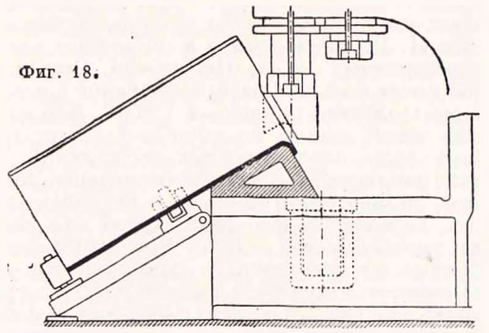
Фланжировочная машина имеет применение для фланцевания бортов цилиндрических звеньев труб, обечаек из листового металла. При этом фланец отгибается кнаружи цилиндрического звена. Так напр., выполняют борт жаровой трубы, звена какого-либо сварного котла, бака и т. п.


Фиг. 16.

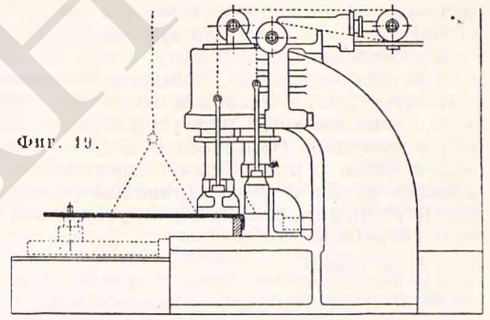
Принцип действия станка и его конструкция видны из фиг. 16 и 17. Край отгибаемого листа нагревается переносным кольцевым горном с соплами, расположенными тангенциально. Фланцевание всего борта производится за один нагрев. Фланжировочные машины обычно строятся для железа толщ. до 15 *мм* при условии предварительного обязательного нагрева металла. Основные размеры машины определяются толщиной металла, диам. цилиндрич. звена, шириной борта. Фланцеванию подвергают железо с временным сопротивлением разрыву в 36—40 *кг/см²* и относительным удлинением в 20—25%. Гидравлич. пресс выполняет опе-


Фиг. 17.

рации фланцевания (в отличие от фланжировочной машины) не сразу по всему периметру круга, а участками, с многократным нагревом металла (фиг. 18). Будучи менее производительным, он вместе с тем универсален. На гидравлич. прессе можно производить изгибание борта в листовом металле

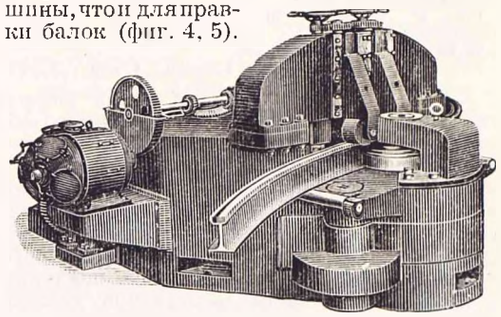

Фиг. 18.

независимо от диаметра металлич. круга. На фиг. 19 изображен односторонний гидравлический пресс Тведелля с тремя плунжерами. Один вертикальный плунжер прижимает изгибаемый лист, другой вертикальный плунжер производит изгиб, третий (горизонтальный) прижимает отогнутый борт. При выборе оборудования для бортования днищ в специализированных производствах следует рекомендовать фланжировочные машины, в индивидуальн. производствах — гидравлический односторонний пресс. Размер пресса определяется толщиной изгибаемого металла и шириной борта. Гидравлич. прессы требуют наличия громоздкого подсобного оборудования (насосы высокого давления,

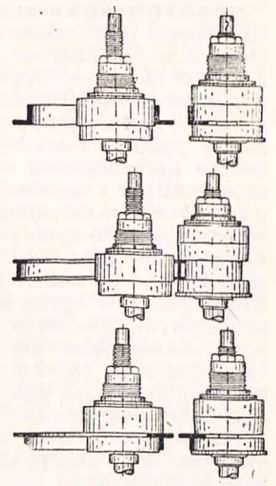

Фиг. 19.

гидравлич. аккумуляторы), в то время как фланжировочная машина приводится в движение от трансмиссии или отдельного электромотора.

Машина для изгибания балок тяжелых профилей и размеров. Для этой цели применяют те же машины, что и для правки балок (фиг. 4, 5).


Фиг. 20.

Тип специальной машины, предназначенной исключительно для изгибания тяжелых балок при больших радиусах изгиба, изображен на фиг. 20. Для изгибания легких профилей балок и сортового железа при малых радиусах изгиба применяют роликовые вальцовые гибочные машины. Работу изгиба эта машина производит в холодном состоянии металла. Машина имеет комплект валков из 3 шт. Валки профилированы и сменные. Движение подачи материала и рабочее движение осуществляются валками. Машина имеет две рабочие скорости, передний и задний ход. На фиг. 21 показано устройство валков, профилировка их и принцип работы машины. Машина работает по принципу трехвалковой гибочной машины для изгиба-


Фиг. 21.

ния листов, сохраняя ее положительные и отрицательные качества. Время, потребное для изгиба полосы в кольцо, колеблется для разных профилей и диаметров в пределах 10–20 мин. Указанного типа машины строятся для изгибания углового железа размером до 200×200×25 *мм* и для других профилей с равновеликим указанному профилю моментом сопротивления. Размер машин определяется сечением изгибаемого профиля железа и минимальным радиусом изгиба. Изгибу в холодном состоянии подвергают железо и сталь с временным сопротивлением разрыву до 50 *кг/мм*². Приводим размеры гибочных машин, величины скоростей подачи и потребной мощности:

Макс. разм. равноб. углов. железа при изгибе кольца полкой наружу, *мм* .	80×10	100×16	120×22	160×22
Мин. диам. изгиб. кольца, *мм*	1200	1500	1800	2500
Потребная мощность тихоходных машин, IP	4	6	9	12
Соответств. скорости подачи материала, *м/мин*	2—4,5	2—4,5	2—4,5	2—4,5
Потребная мощность быстроходных машин, IP	10	15	20	30
Соответств. скорости подачи материала, *м/мин*	5—10	4,8—9,6	4,5—9	4,5—9

Техника безопасности работы гибочных машин требует непременного обслуживания машины двумя рабочими, из к-рых один находится у рычагов управления машины. Места работы и движения изгибаемых листов и полос должно ограждать от доступа к ним посторонних лиц, не работающих на машине. Проходы общего пользования исключаются. Все шестерни и движущиеся части механизмов должно ограждать кожухами и ограждениями.

Лит.: Грейнер К. Г., Котельное дело, М.—Л., 1929; Борович Л. А., Котельное производство, Петербург, 1910; Ruhrmann E., Bördeln u. Ziehen in d. Blechbearbeitungstechnik, Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, H. 277, Berlin, 1926. **Е. Кузмак.**

ПРАКТИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ имеет своей задачей определение видимых координат светил, географич. координат места наблюдения и местного времени, в соответствии с чем рассматривает соответствующие методы и изучает теорию инструментов. Определение прямых восхождений и склонений светил производится на постоянных *обсерваториях* (см.) *меридианными кругами* (см.) или *пассажными инструментами* (см.) и *вертикальными кругами* (см.). Определение времени, широты и долготы места наблюдения и азимута какого-нибудь объекта производятся для нужд повседневной жизни, геодезии, географии и мореплавания, пользуясь известными видимыми положениями звезд и других светил, данными в форме так наз. эфемерид через определенные промежутки времени. Соответствующих способов в зависимости от требуемой точности и применяемых инструментов имеется большое разнообразие.

Определение местного времени. Простейшим инструментом являются солнечные часы, дающие лишь грубые результаты. Более точными инструментами наблюдаются как Солнце, так и звезды. Последние наблюдают предпочтительнее, так как наблюдения Солнца вследствие его большой яркости, сильного нагревания инструмента и отсутствия точно обозначенного центра представляют известные трудности и вообще производятся с меньшей точностью. При наблюдении звезд получается звездное *время* (см.), к-рое затем в случае надобности переводится в среднее солнечное или *поясное время* (см.). Наблюдения Солнца дают истинное солнечное время, к к-рому д. б. придано ур-ие времени для перевода в среднее время. Основных методов два: по прохождениям светил через меридиан или другой вертикал и по зенитным расстояниям. Первый способ в наиболее простом и точном виде осуществляется при помощи *пассажного инструмента* (см.). Из других вертикалов кроме меридиана имеет еще применение наблюдение в вертикале Полярной звезды. Однако этот способ требует довольно сложных вычислений и применяется редко. Определение времени по зенитным расстояниям производится вблизи первого вертикала либо путем точного измерения зенитного расстояния в известные моменты либо без измерения такового—путем наблюдения двух звезд (в частном случае и одной звезды два раза) на равных, но в общем точно не определяемых, зенитных расстояниях по разные стороны от меридиана. Для первого способа, называемого способом абсолютных зенитных расстояний (или высот), необходим инструмент, имеющий точный вертикальный круг, т. е. универсальный инструмент или вертикальный круг; может употребляться и *секстант* (см.). Для второго способа точного круга не нужно, требуется лишь наличие чувствительного уровня для измерения небольших изменений в наклоне оптической оси инструмента, почему может употребляться и зенит-телескоп. Способ наблюдения двух звезд на равных зенитных расстояниях разработан Н. Я. Цингером, почему и называется способом Цингера, или соответствующих высот. Для подыскания звезд он требует особых таблиц, составленных Н. И. Щеткиным и в настоящее время расширяемых К. А. Цветковым. Этот способ имеет большое распространение в астроно-геодезич. работах в СССР. Наблюдение одной звезды на равных высотах требует лишь очень простых вычислений, но два наблюдения бывают разделены большим промежутком времени в несколько часов, вследствие чего этот способ для звезд не употребляется. Лишь при наблюдении Солнца он представляет преимущества из-за простоты могущего применяться инструмента (солнечный треугольник или кольцо, разработанные проф. С. П. Глазенапом). Точность определения времени точными инструментами доходит до 0,01″.

Определение широты места также м. б. произведено путем наблюдения прохождений светила пассажным инструментом или по зенитным расстояниям. В первом способе, разработанном В. Я. Струве, наблюдения производятся в первом вертикале на малых зенитных расстояниях. Способ этот требует хорошей установки инструмента, почему в экспедиционных условиях применяется редко. При определении широты по зенитным расстояниям наблюдения производятся в меридиане или около него. По способу измерения абсолютных зенитных расстояний (или высот) пользуются Полярной звездой и южными звездами, кульминирующими на зенитных расстояниях, близких к Полярной, но по другую сторону от зенита. Это делается для исключения влияния неточного знания *рефракции* (см.) и инструментальных ошибок. Очень точные результаты дает метод Талькотта, основанный на измерении небольших разностей зенитных расстояний двух звезд, кульминирующих по разные стороны от зенита. Этот способ употребляется на международных станциях для исследования изменяемости широт, причем наблюдения производятся при помощи больших зенит-телескопов. Способ Талькотта начинает широко применяться и в геодезич. работах в СССР. Также весьма употребителен у нас способ, аналогичный способу Цингера, заключающийся в наблюдении двух звезд на равных зенитных расстояниях вблизи меридиана, разработанный М. В. Певцовым. Таблицы для нахождения звезд к нему составлены И. И. Селиверстовым. Точность определения широты в экспедиционных условиях достигает 0,1″; на постоянных обсерваториях еще выше.

Определение долготы сводится к сравнению местного времени в двух пунктах в один и тот же физич. момент. Раньше это делалось посредством перевозки хронометров. Затем передача и сравнение времени производились по телеграфу. В настоящее время этот вопрос получил полное решение благодаря радиотелеграфу. Ряд мощных радиостанций (Регби, Париж. Бордо, Лион, Науен, Детское Село, Москва-Октябрьская и др.) ежесуточно в определенные часы передают сигналы времени, даваемые часами одной из больших обсерваторий, причем поправка этих часов с точностью до 0,01″ публикуется по ее определению из астрономических наблюдений. Прием этих сигналов на хронометр тоже производится с точностью не ниже 0,01″. Если хронометр выверен по местному времени, то получается непосредственно долгота. Определение долготы можно еще производить по наблюдениям явлений, гринвичское время которых м. б. вычислено; сюда относятся затмения спутников Юпитера, лунные и солнечные затмения, покрытия звезд Луною и определение координат Луны. Затмения Луны и спутников Юпитера происходят слишком постепенно, чтобы можно было заметить точно определенный момент; солнечные же затмения, пригодные для этой цели, бывают слишком редко. Покрытия звезд Луною наблюдаются чаще, но тоже связывают наблюдателя определенными моментами и требуют предварительного вычисления. Наблюдения Луны, а именно определение прохождения Луны через известный вертикал, измерение видимого углового расстояния Луны от звезд (при помощи секстанта), определение зенитного расстояния Луны могут производиться в любое время, если Луна видна над горизонтом. Однако обработка этих наблюдений довольно сложна, и получаемая долгота сильно зависит от неточностей в координатах Луны, даваемых эфемеридами, почему и эти способы мало употребляются. Но было время, когда эти методы при длительных путешествиях были почти единственными.

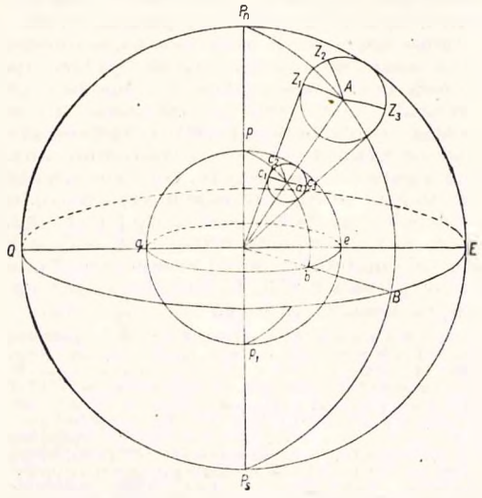
Определение азимута производится гл. обр. по Полярной звезде при помощи универсального инструмента или теодолита. Этот метод требует знания точного местного времени. В виду важности определения азимута для съемочных работ, при которых редко бывает известно время с достаточной точностью, разработаны другие способы, свободные от этого требования. Сюда относятся способ наблюдения двух звезд в разных вертикалах, горизонтальный угол между которыми измеряется теодолитом, способ измерения зенитного расстояния звезды вблизи первого вертикала, наблюдение околополярных звезд во время наибольшей digressии и т. п. Точность определения азимута доходит до долей секунды дуги.

Лит.: Иванов А. А., Практическая астрономия, СПБ, 1914; Цингер Н. Я., Курс практич. астрономии, М., 1924; Савич А., Приложение практич. астрономии к географическ. определению мест, СПБ, 1871; Матусевич И., Мореходная астрономия, П., 1922; Campbell W., The Elements of Practical Astronomy, L., 1922; Jordan W., Grundzüge der astronomischen u. geographischen Ortsbestimmung, B., 1885; Albrecht Th., Formeln u. Hilfstafeln für geographische Ortsbestimmung, Lpz., 1908; Admiralty Manual of Navigation, L., 1922; Dutton C., Navigation and Nautical Astronomy, Annapolis, 1926; Farwell R., Elements of Navigation, Seattle, 1927; Constan P., Cours d'astronomie et de navigation des marines, T. 1—2, P., 1924. **А. Михайлов.**

Мореходная астрономия, отдел П. а., имеющий своей главной задачей определение места корабля в открытом море по наблюдениям небесных светил. Кроме этой основной задачи П. а. решает все имеющие значение для мореплавания вопросы, связанные с движением небесных светил: расчет времени восхода и захода светил, в частности Солнца и Луны, продолжительности сумерек, определение поправки компаса и т. д. Все свои решения П. а. основывает на известных в настоящее время, с достаточной для практич. целей точностью, законах движения небесных светил, на той связи, которая во всякий момент существует между положением светила на небе и местом наблюдателя на земле и наконец на произведенных с корабля наблюдениях над светилами.

Взяв центр небесной сферы (см. *Сферическая астрономия*) в центре земли (фиг.) и условившись отсчитывать часовые углы светил от какого-нибудь определенного меридиана, можно сказать, что астрономич. экваториальные координаты самого светила A (его склонение и часовой угол) и географич. координаты проекции этого светила a на земной поверхности в градусной мере соответственно равны друг другу. Экваториальные координаты светила A: склонение β, равное дуге BA, и гринвичский часовой угол $t = EP_nB$; географич. координаты проекции светила на земной поверхности: широта ее, равная дуге ba, и долгота от Гринича epb. В градусной мере широта проекции светила равна склонению самого светила и одного с ним наименования, т. е. $ba = BA$ или $\varphi = \delta$; долгота проекции, считаемая от Гринича, равна гринвичскому часовому углу светила, т. е. $epb = EP_nB$ или $l = t$. Т. о. склонение и гринвичский часовой

угол светила дают нам широту и долготу проекции светила на поверхности земли, т. е. той точки, где светило приходится прямо над головой наблюдателя, или в зените наблюдателя. Измерив секстантом высоту светила h, наблюдатель рассчитает зенитное расстояние светила $Z=90°-h$, к-рое ему



покажет, что между зенитом наблюдателя и местом светила на небе столько то градусов и долей градуса. Значит, если место светила A на небесной сфере известно, то, очертив из этой точки круг радиусом, равным зенитному расстоянию Z светила, мы получим на сфере малый круг $Z_1Z_2Z_3$, в одной из точек к-рого непременно должен находиться зенит наблюдателя. Соединяя все точки этого малого круга $Z_1Z_2Z_3$ небесной сферы с центром земли, получим на поверхности последней тоже малый круг $c_1c_2c_3$, все точки к-рого будут отстоять от проекции светила a на расстоянии ac_1, равном измеренному зенитному расстоянию светила; значит, в одной из точек этого круга непременно должен находиться корабль. Этот малый круг называется кругом равной высоты, т. к. для всех наблюдателей, расположенных в любой его точке $c_1c_2c_3$, ..., светило представляется на одной и той же высоте. Так. обр. измерение высоты светила, при известном его склонении и гриничском часовом угле, дает круг равной высоты, или линию положения корабля. Следовательно для получения места корабля нужно пронаблюдать два светила, начертить на глобусе два круга равных высот и одна из точек пересечения этих кругов определит собой искомое место. В большинстве случаев точки пересечения будут далеко отстоять одна от другой, так что счислению (см. *Навигация*) пути корабля, дающее уже приближенно его место, поможет разобраться, в какой из этих двух точек находится корабль. Вышеизложенный способ определения места корабля пересечением кругов равных высот и есть т. н. способ Сомнера, открытый случайно во время плавания америк. капитаном П. Сомнером в 1837 г.; с того времени и до наших дней способ этот остается наилучшим. Т. к. мореплавателя интересует именно точка пересечения кругов равных высот, то на практике на карте чертят только небольшие отрезки кругов равных высот, принимаемые за прямые линии и называемые сомнеровыми линиями. Их пересечением графически определяется место корабля на карте. Так. обр. вся работа по определению места корабля разбивается на следующие части: 1) астрономические наблюдения, 2) вычисления необходимых величин для проведения сомнеровых линий, 3) прокладка на морской карте сомнеровых линий, 4) снятие с карты широты и долготы точки пересечения сомнеровых линий, т. н. обсервированного места корабля.

Астрономич. наблюдения состоят в измерении секстантом высоты светила над видимым горизонтом и в определении показания *хронометра* (см.) в этот момент. Взятая высота исправляется поправками на рефракцию, понижение горизонта и, при наблюдениях солнца, на полудиаметр светила и его *параллакс* (см.). Для расчета гриничского часового угла светила по моменту на хронометре необходимо знать поправку хронометра и его ход. Далее нужно знать склонение светила и уравнение времени при наблюдениях солнца или звездное *время* (см.) в средний гриничский полдень данного дня, при звездных наблюдениях. Все эти данные выбираются из специального морского астрономич. ежегодника, издаваемого заблаговременно на предстоящий год. Затем посредством мореходных таблиц вычисляют высоту h_0 светила и его азимут A, к-рые наблюденное светило должно было бы иметь, если бы корабль в момент наблюдения находился в своем счислимом месте. Эти вычисления производятся посредством 4-значных логарифмич. таблиц по следующим формулам:

$$\sin h_0 = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t$$

и

$$\sin A = \cos\delta \sin t \csc h_0,$$

где φ — счислимая широта судна, а δ и t — склонение и местный часовой угол светила, рассчитанный по гриничскому часовому углу светила с учетом счислимой долготы судна. Вычисленную высоту h_0 сравнивают с истинной высотой светила h, измеренной секстантом и исправленной всеми поправками и, в зависимости от знака разности $h-h_0$, откладывают эту разность высот от счислимого места судна на карте по направлению вычисленного азимута, т. е. по направлению к светилу (если $h > h_0$) или в обратном направлении (если $h < h_0$). Через полученную точку проводят прямую, перпендикулярную к линии азимута, и получают сомнерову линию. Сделав то же построение и для второго светила, в пересечении сомнеровых линий получают место корабля. При наблюдениях солнца приходится наблюдения производить два раза, причем промежуток времени между наблюдениями должен быть достаточен (2—3 часа), чтобы азимут солнца успел измениться не менее, чем на 30°. Если корабль за время между наблюдениями перемещался, то проплытое за это время расстояние вмещают между сомнеровыми линиями. Точность полученного места зависит от точности наблюдений и счисления пути корабля за время между наблюдениями и в лучшем случае

не превосходит 3′—4′, т. е. 3—4 морских миль, что для океанского плавания вполне достаточно.

Для получения высоты и азимута без помощи логарифмов существует много разного рода таблиц, например таблица Фуса, из которых по φ, δ и t выбирается h_0 и A. Недостатком этих таблиц является необходимость интерполяции по нескольким аргументам, чтобы получить h_0 с точностью до 1′ дуги. В последнее время появились приборы, напоминающие счетные машины, посредством которых, по предварительной установке их на φ, δ и t, можно сразу, поворотом ручки прибора, получить h_0 и A без всяких вычислений. Однако подобные вычислительные машины пока еще мало распространены.

Лит.: Матусевич Н. Н., Мореходная астрономия, П., 1922. Подробный курс практич. астрономии с исследованием точности и ошибок получаемых результатов; Шульгин Г. И., Мореходная астрономия, П., 1924 (полный курс Военно-морского училища); Сакеллари Н. А., Сущность кораблевождения, 2 изд., гл. 3, Л., 1926 (популярное изложение основ практической астрономии); Беспятов М. М., Задачник по мореходной астрономии, Л., 1930; Иванов А. А., Практическая астрономия, Берлин, 1923; его же, Основной курс теоретической астрономии, Берлин, 1923. **Н. Сакеллари.**

ПРАКТИЧЕСКАЯ МАТЕМАТИКА, комплекс методов и приемов производства вычислений в приложениях (т. н. технических вычислений). Данные, над к-рыми производятся технич. вычисления, только приближенные вследствие неизбежной неточности наблюдений и измерений. При вычислениях можно довольствоваться приближенными результатами при условии, что погрешности в них не будут превосходить известного предела, к-рый в каждой задаче устанавливается из практики. Практика выработала нек-рые основы техники вычислений, напр. четкое изображение математич. знаков и цифр, пользование клетчатой бумагой, выписывание на отдельных карточках часто повторяющихся цифр, употребление «схем», предварительный (приблизительный) расчет, особые поверки, повторительное вычисление, определение искомой величины вычислением и графически.

При приближенных вычислениях пользуются таблицами логарифмов (например пятизначными таблицами Гаусса, Глазенапа, Пржевальского). При вычислениях меньшей точности логарифмические таблицы м. б. заменены *логарифмической линейкой* (см.); здесь относительная точность в среднем до $^1/_{300}$, в линейках большого размера она доходит до $^1/_{1\,200}$, следовательно превышает точность четырехзначных логарифмов. Когда точность, даваемая логарифмической линейкой или таблицами логарифмов, недостаточна, умножение и деление необходимо выполнять непосредственно, пользуясь или *счетною машиной* (см.) или таблицами произведений, дающими готовые результаты перемножения чисел с несколькими знаками. Кроме произведений таблицы могут содержать квадраты, кубы, корни квадратные и кубические, длины окружностей и площади кругов данного радиуса, величины обратные данным числам. Так, таблицы Крелля дают произведения всех трехзначных чисел; таблицы О'Рурка дают произведения трехзначных чисел на двухзначные; таблицы Асатиани—произведения трехзначных чисел на двухзначные и четырехзначных на однозначные и др.

При пользовании таблицами Крелля множители разбивают на группы по три цифры и находят соответствующие произведения, причем к каждому произведению приписывают столько нулей, сколько их было в обоих соответствующих сомножителях вместе.

Пример: $145\,205 \times 317\,402 = 46\,088\,357\,410$.

$145 \times 317 =$	45 965 000 000
$145 \times 402 =$	58 290 000
$205 \times 317 =$	64 985 000
$205 \times 402 =$	82 410
	46 088 357 410

При делении делитель разбивают на группы по три цифры, в делимом отделяют 5 или 6 первых цифр в зависимости от того, будет ли первая цифра делимого больше или меньше первой цифры делителя; остальные цифры делимого разбивают на группы по 3 цифры. Первые три знака частного представляют найденное в таблицах число, произведение к-рого на отделенную часть делителя всего ближе подходит к отделенной части делимого. Вычтя из делимого найденные в таблице произведения трех знаков частного на группы делителя, сносят к остатку следующую группу делимого, делят первую группу остатка на первую группу делителя и т. д. В случае таблиц О'Рурка в частном ищут не три цифры, а две. В таблицах четвертей квадратов умножение производится на основании ф-лы:

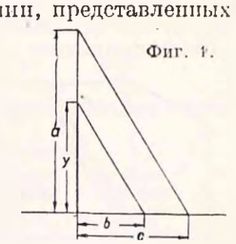
$$ab = \frac{(a+b)^2}{4} - \frac{(a-b)^2}{4}.$$

Существуют таблицы и для приближенного умножения. Таковы трехзначные таблицы Нумерова, дающие точность логарифмической линейки среднего размера.

Номограммы. Кроме числовых таблиц применяются (особенно для функций с числом переменных более двух) скалярные таблицы, или номограммы. См. *Номография*.

Графическое решение. Сущность графич. методов решения состоит в том, что входящие в вопрос величины представляют в виде отрезков, взятых в известном масштабе, или углов или ф-ий их. В отличие от номограмм графич. решение выполняют отдельно для каждого числового примера. Точность графич. приемов повышают, применяя одновременно и вычисление. В нек-рых случаях графический прием дает единственное возможное решение.

Сложение и вычитание. Алгебраическое сложение величин, представленных в определенном *масштабе* (см.) в виде отрезков, выполняют вдоль прямой линии при помощи линейки или циркуля. Для определения суммы вида $f(z)=\varphi(x)+\psi(y)$ можно применять прибор типа раздвижной счетной линейки.

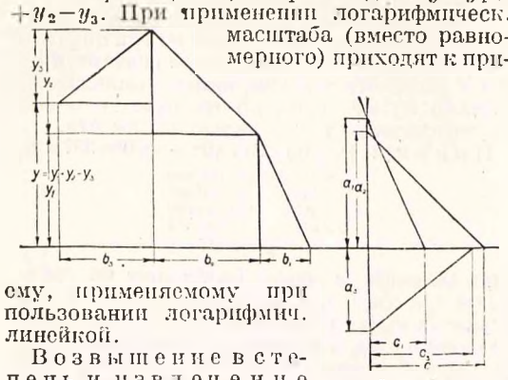


Фиг. 1.

Умножение и деление. Для определения y из выражения $y = \frac{ab}{c}$, где a, b и c—данные величины, можно применить напр. прием, указанный на фиг. 1. Выражение вида:

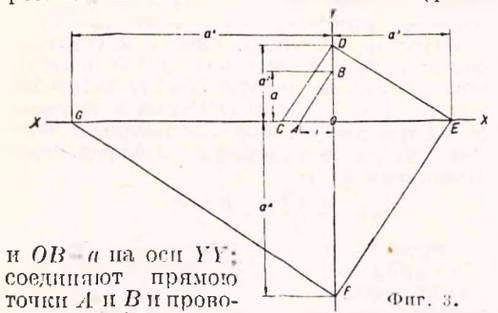
$$y = \pm a_1 \frac{b_1}{c_1} \pm a_2 \frac{b_2}{c_2} \pm a_3 \frac{b_3}{c_3} \pm \cdots =$$
$$= \pm y_1 \pm y_2 \pm y_3 \pm \cdots$$

определяют многократным применением того же приема; так, на фиг. 2 дано $y=y_1+y_2-y_3$. При применении логарифмическ. масштаба (вместо равномерного) приходят к приему, применяемому при пользовании логарифмич. линейкой.



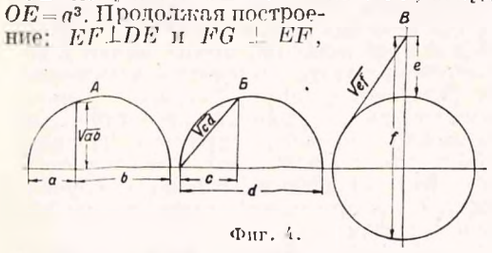
Фиг. 2.

Возвышение в степень и извлечение корня. Определение a^n для целых значений n м. б. произведено следующим способом. На двух взаимно перпендикулярных осях XX и YY откладывают отрезки: $OA=1$ и $OC=a$ на оси XX (фиг. 3)



Фиг. 3.

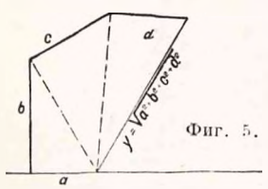
и $OB=a$ на оси YY; соединяют прямою точки A и B и проводят $CD \parallel AB$. Из полученных треугольников очевидна зависимость: $OD : OB = OC : OA$, или $OD=a^2$. Далее, проведя $DE \perp CD$, из тр-ков COD и EOD получают: $OE : OD = OD : CO$, откуда $OE=a^3$. Продолжая построение: $EF \perp DE$ и $FG \perp EF$,



Фиг. 4.

находят $OF=a^4$, $OG=a^5$ и т. д. Способ этот удобен при a, близком к единице; при $a>1$ чертеж принимает большие размеры; при $a<1$ точность определения мала. Извлечение квадратного корня производится при помощи круга (фиг. 4). Извлечение корней высших степеней, за исключением степеней 2^n, возможно только при помощи кривых линий, напр. при помощи логарифмич. спирали. Выражение вида

$$y=\sqrt{a^2+b^2+c^2+\dots}$$



Фиг. 5.

определяется многократным применением пифагоровой теоремы (фиг. 5).

Дифференцирование. Чтобы определить значение производной y' от ф-ии $y=f(x)$ для данного значения $x=a$, проводят из точки K прямую, параллельную касательной к кривой при $x=a$ (фиг. 6). Масштабы для x и y м. б. различны, но $O'K=1$ наносят в масштабе, принятом для x (масштабы для y и y' также одинаковы). Точность значения y' можно повысить, определяя возможно точнее положение касательной, для чего вычисляют по точкам весьма малый отрезок кривой и строят его в увеличенном масштабе. Найденные указанным выше способом значения y' для достаточного количества значений x наносят как ординаты и полученные т. о. точки A', B', C', ... (фиг. 7) соединяют непрерывной линией $y'=f'(x)$, к-рая является **дифференциальной кривой (кривой угловых коэфициентов)** по отношению к данной кривой $y=f(x)$. Для вычерчивания диференциальной кривой определяют ее некоторые точки, напр. точки пересечения ее с осью OX и высшие и низшие точки, соответствующие высшим и низшим точкам и точкам перегиба данной кривой.



Фиг. 6.

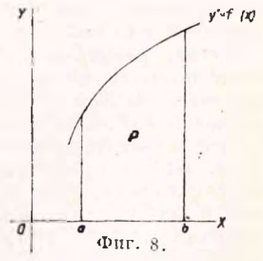


Фиг. 7.

Интегрирование. Как известно, определенный интеграл

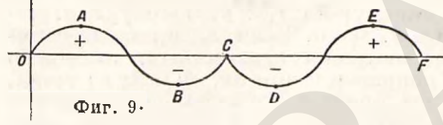
$$y=\int_a^b f'(x)\,dx$$

выражается площадью P, ограниченной осью OX, кривой $y'=f'(x)$ и двумя прямыми $x=a$ и $x=b$ (фиг. 8). Определение площади P производится обыкновению или по ф-ле трапеций или по ф-ле Симпсона, а также по формулам Чебышева или Гаусса (см. *Вычисления приближенные*). Помимо указанных интерполяционных методов применяется вычисление определенных интегралов при помощи *рядов* (см.). Если кривая $y'=f'(x)$ имеет общие точки с осью OX, то части площади P, лежащие под осью OX,



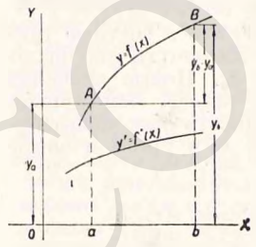
Фиг. 8.

считаются отрицательными (фиг. 9). Если соотношение между переменными задается не аналитически, а графически, т. е. посредством нек-рой кривой (барограф, индикатор паровой машины и другие самозаписывающие приборы), то аналитич. метод уже неприложим, если нельзя получить ур-ия кривой. Значение определенного интеграла в этом случае м. б. найдено с помощью интегральной кривой



Фиг. 9.

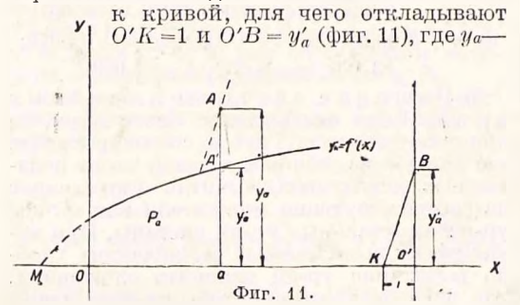
$y=f(x)$, соответствующей (фиг. 10) кривой $y'=f'(x)$. Точкам последней для $x=a$ и $x=b$ соответствуют точки A и B на интегральной кривой; разность ординат y_b-y_a и представляет численно значение y интеграла, причем y—положительно, если B лежит выше A, и отрицательно в противоположном случае. Т. к. кривая $y'=f'(x)$ является диференциальной кривой по отношению к кривой $y=f(x)$, то первой кривой соответствует бесконечное множество подобных между собою интегральных кривых. Обыкновенно вычерчивают интегральную кривую, проходящую через начало координат. Площадь P_a (фиг. 11) очевидно м. б. выражена так:



Фиг. 10.

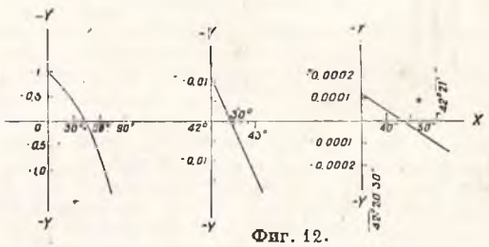
$$P_a=\int_0^a y'\,dx=[y]_{x=a}=y_a.$$

Т. о. для одной и той же абсциссы $x=a$ число, выражающее длину ординаты интегральной кривой $y=f(x)$, равно числу, выражающему площадь, заключенную между начальной кривой, осями и ординатой, соответствующей этой абсциссе. Определив площади P_a для достаточного количества значений a, наносят соответствующие точки A и, соединив их непрерывной прямой, получают интегральную кривую $y=f(x)$, принадлежащую кривой $y'=f'(x)$. При нанесении интегральной кривой вычерчивают в каждой точке A касательные к кривой, для чего откладывают $O'K=1$ и $O'B=y'_a$ (фиг. 11), где y_a—ордината точки A' диференциальной кривой для $x=a$; прямая KB будет параллельна касательной в A. При проведении касательной масштаб для ординат как диференциальной, так и интегральной кривой один и тот же. Для кривой $y'=f'(x)$, пересекающей ось OX в любой точке M, вычерчивают такую интегральную кривую, к-рая касается оси OX в точке M (принимая, что нулевая точка координатной системы перенесена в M). См. также *Графическое интегрирование*. О приборах для приближенного интегрирования и гармонич. анализаторах см. *Интегрирующие приборы* и *Гармонический анализ*.



Фиг. 11.

Определение действительных корней алгебраического или трансцендентного уравнения. Если для ур-ия $f(x)=0$ принять $f(x)=y$, то оно определит нек-рую кривую, к-рую можно нанести по точкам, причем искомыми корнями ур-ия являются абсциссы точек пересечения кривой с осью x-ов. Точность полученных значений корней, завися от масштаба и качества выполнения чертежа, м. б. повышена, если отрезок кривой, примыкающий к соответственной точке пересечения кривой с осью абсцисс, наносить по частям в последовательно увеличивающемся масштабе; причем чем меньше будет наносимый отрезок, тем более этот отрезок будет приближаться к прямой линии.



Фиг. 12.

Пример. Определить с точностью до $1''$ значение острого угла, удовлетворяющее уравнению $\cos x-x=0$. Для построения кривой $y=\cos x-x$ (фиг. 12) по точкам имеем пары значений для x и y, приведенные в следующей таблице.

Элементы	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$\cos x$	1	0,98	0,94	0,87	0,77	0,64	0,50	0,34	0,17	0
x	0	0,17	0,35	0,52	0,70	0,87	1,05	1,22	1,40	1,57
y	1	0,81	0,59	0,35	0,07	−0,23	−0,55	−0,88	−1,23	−1,57

Полученная кривая дает $x=42°$. Берем пары значений:

x ...	42°	43°	42°30′
y ...	+ 0,0101	−0,0191	−0,0045

Нанесенный в виде прямой линии отрезок кривой дает $x=42°20'$.

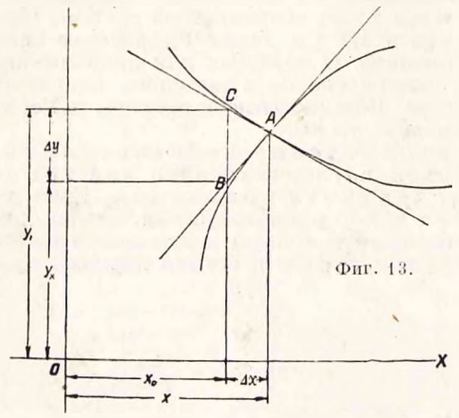
Наконец для пар значений

x ...	42°20′	42°21′	42°20′30″
y ...	+0,000383	−0,000103	+ 0,000140

прямолинейный отрезок кривой между 42°20′30″ и 42°21′00″ дает $x=42°20'47''$.

Определение корней системы двух алгебраических или трансцендентных уравнений с двумя неизвестными: $y=f(x)$ и $y=\varphi(x)$. Найдя ряд точек, наносят кривые, определяемые этими ур-иями (фиг. 13). Координаты точки пересечения A обеих кривых являют-

ся приближенными значениями x и y. Для нахождения более точных значений корней измеряют приближенное значение x_0 и, подставив его в данные ур-ия, получают: $y_1 = f(x_0)$ и $y_2 = \varphi(x_0)$. Проведенные в точке пересечения обеих кривых касательные обра-



Фиг. 13.

зуют с Δy ($= y_1 - y_2$) небольшой тр-к ABC. Начертив этот тр-к в соответственно большем масштабе, измеряют поправку Δx и вычисляют $x = x_0 + \Delta x$. Для дальнейшего повышения точности к полученному приближенному значению x снова применяют тот же прием. В связи с увеличением масштаба треугольника соответственно увеличиваются масштабы абсцисс и ординат главной фигуры.

Интерполяция. Задача интерполяции — см. *Вычисления приближенные*. Во многих случаях, если не требуется большой точности, задача эта м. б. решена графически: парные значения (x_1, y_1), (x_2, y_2), ..., (x_n, y_n) рассматривают как прямоугольные координаты точек и, нанеся на чертеж, соединяют их нек-рой кривой, при помощи к-рой находят значение ф-ии $y = y_i$ для $x = x_i$. При решении задачи вычислением обычно применяют или ф-лу Ньютона (см. *Вычисления приближенные*) или ф-лу Лагранжа. Последняя имеет вид:

$$y = f(x) = \frac{(x-x_2)(x-x_3)\dots(x-x_n)}{(x_1-x_2)(x_1-x_3)\dots(x_1-x_n)} y_1 + \frac{(x-x_1)(x-x_3)\dots(x-x_n)}{(x_2-x_1)(x_2-x_3)\dots(x_2-x_n)} y_2 + \dots + \frac{(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_{n-1})}{(x_n-x_1)(x_n-x_2)\dots(x_n-x_{n-1})} y_n.$$

Решение уравнений. Обычно при решении численных ур-ий известны приближенные значения корней, и необходимо найти их более точные значения. Но если приближенные значения корней неизвестны, их нужно предварительно найти. При вычислении действительных корней при этом находят их границы, т. е. числа, между к-рыми содержатся все корни ур-ия. В случае системы совместных ур-ий приближенные действительные значения находят графически, строя кривые, выражаемые напр. ур-иями $f(x, y) = 0$ и $\varphi(x, y) = 0$, и отмечая координаты точек их пересечения. Если же нужно найти не только действительные, но и мнимые корни или если построение соответствующих кривых слишком сложно, то необходимо исключить из обоих ур-ий одно неизвестное и решать полученное ур-ие с одним неизвестным.

1) Вычисление приближенных корней алгебраического или трансцендентного ур-ия. Наиболее употребительны способы: а) правила ложного положения (Regula falsi) и б) способ Ньютона (см. *Вычисления приближенные*). См. также *Греффе способ*.

2) Вычисление приближенных корней системы алгебраических или трансцендентных уравнений. Даны ур-ия: $f_1(x, y, z) = 0$, $f_2(x, y, z) = 0$, $f_3(x, y, z) = 0$. Если x_0, y_0, z_0 — приближенные значения неизвестных, то можно найти поправки к ним dx, dy и dz из ур-ий, к-рые по правилу Тейлора по опущении членов с dx^2, dx^3 и т. д. получатся в виде:

$$\left.\begin{aligned} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x}\right)_0 dx + \left(\frac{\partial f_1}{\partial y}\right)_0 dy + \left(\frac{\partial f_1}{\partial z}\right)_0 dz + (f_1)_0 = 0 \\ \left(\frac{\partial f_2}{\partial x}\right)_0 dx + \left(\frac{\partial f_2}{\partial y}\right)_0 dy + \left(\frac{\partial f_2}{\partial z}\right)_0 dz + (f_2)_0 = 0 \\ \left(\frac{\partial f_3}{\partial x}\right)_0 dx + \left(\frac{\partial f_3}{\partial y}\right)_0 dy + \left(\frac{\partial f_3}{\partial z}\right)_0 dz + (f_3)_0 = 0 \end{aligned}\right\}.$$

Индекс «0» показывает, что в частные производные подставлены соответственно числовые значения x_0, y_0, z_0. Новые значения x_1, y_1, z_1 будут тем точнее, чем меньше dx, dy, dz; если их точность надо повысить, то подставляют x_1, y_1, z_1 в ур-ия и повторяют вычисление.

Пример.

$$f_1 = y^2 + z^2 - 1.5yz - 61 = 0;$$
$$f_2 = z^2 + x^2 - 1.7zx - 49 = 0;$$
$$f_3 = x^2 + y^2 - 1.9xy - 32 = 0.$$

Соответствующие дифференциальные ур-ия суть:

$$\left.\begin{aligned} (2y_0 - 1.5z_0)\,dy + (2z_0 - 1.5y_0)\,dz + (f_1)_0 = 0 \\ (2x_0 - 1.7z_0)\,dx + (2z_0 - 1.7x_0)\,dz + (f_2)_0 = 0 \\ (2x_0 - 1.9y_0)\,dx + (2y_0 - 1.9x_0)\,dy + (f_3)_0 = 0 \end{aligned}\right\}.$$

После подстановки найденных приближенных значений: $x_0 = 13$, $y_0 = 9$, $z_0 = 12$, получаем $(f_1)_0 = -1$; $(f_2)_0 = -1.2$; $(f_3)_0 = -4.3$ и следовательно:

$$\left.\begin{aligned} 0.0dy + 10.5dz - 1 = 0 \\ 5.6dx + 1.9dz - 1.2 = 0 \\ 8.9dx - 6.7dy - 4.3 = 0 \end{aligned}\right\},$$

откуда $dx = +0{,}182$; $dy = -0{,}400$; $dz = +0{,}095$. Т. о. новые значения таковы: $x_1 = 13{,}182$; $y_1 = 8{,}600$; $z_1 = 12{,}095$. Подставив полученные значения в первоначальные и дифференциальные ур-ия, получаем:

$$(f_1)_1 = +0.223;\ (f_2)_1 = +0.013;\ (f_3)_1 = +0.331;$$
$$dx = +0.0051;\ dy = +0.0485;\ dz = -0.0239;$$
$$x_2 = 13.187;\ y_2 = 8.649;\ z_2 = 12.071.$$

Новая операция дает:

$$(f_1)_2 = -0.089;\ (f_2)_2 = 0.000;\ (f_3)_2 = -0.001;$$
$$dx = +0.0025;\ dy = +0.0032;\ dz = -0.0078;$$
$$x = 13.190;\ y = 8.652;\ z = 12.063.$$

3) Решение системы линейных ур-ий. Если неизвестных более двух, то применяется способ Гаусса, состоящий в том, что каждое из стоящих в левой части неизвестных исключают, вычитая умноженное на соответствующие множители какое-либо ур-ие из остальных ур-ий системы. При механически выполняемых вычислениях удобно вычитание ур-ий заменить сложением, для чего необходимо, чтобы первые члены каждой пары ур-ий имели разные знаки. Вычисление коэфициентов вновь образуемых ур-ий можно производить при помощи

вычислительной линейки. Если требуется большая точность, то, пользуясь счетной машиной, логарифмами или счетной линейкой, получают приближенные значения x_0, y_0, z_0, ..., поправки к к-рым Δx, Δy, Δz, ... м. б. далее определены опять при помощи счетной линейки. Если в данные ур-ия

$$\left.\begin{aligned} a_1x + b_1y + c_1z + l_1 = 0 \\ a_2x + b_2y + c_2z + l_2 = 0 \\ a_3x + b_3y + c_3z + l_3 = 0 \end{aligned}\right\}$$

ввести подстановки $x = x_0 + \Delta x$, $y = y_0 + \Delta y$, $z = z_0 + \Delta z$, то ур-ия примут вид:

$$\left.\begin{aligned} a_1\Delta x + b_1\Delta y + c_1\Delta z + \Delta l_1 = 0 \\ a_2\Delta x + b_2\Delta y + c_2\Delta z + \Delta l_2 = 0 \\ a_3\Delta x + b_3\Delta y + c_3\Delta z + \Delta l_3 = 0 \end{aligned}\right\},$$

где

$$\left.\begin{aligned} \Delta l_1 = a_1x_0 + b_1y_0 + c_1z_0 + l_1 \\ \Delta l_2 = a_2x_0 + b_2y_0 + c_2z_0 + l_2 \\ \Delta l_3 = a_3x_0 + b_3y_0 + c_3z_0 + l_3 \end{aligned}\right\}.$$

Способ наименьших квадратов. В виду возможных при выполнении наблюдений ошибок (например в астрономии, в геодезии) делаются дополнительные наблюдения, т. е. производится наблюдений больше, чем это необходимо для определения искомых величин. При измерении независимых величин имеют место прямые наблюдения. Если же искомые величины не могут быть измерены непосредственно и представлены как явные функции измеряемых величин, то измеряют величины ф-ий, зависящих от искомых величин, и получают систему ур-ий, в к-рые искомые величины входят как неизвестные (вспомогательные наблюдения). Вследствие ошибок, содержащихся в ур-иях, ни одно из последних не м. б. следствием остальных — между ур-иями будут противоречия. Когда число ур-ий, полученных из наблюдений, больше числа неизвестных, то ур-ия решаются по способу наименьших квадратов (Лежандр, 1806 г. и Гаусс, 1809 г.). Задача этого способа и состоит в том, чтобы уравновесить ошибки, т. е. подобрать такие величины неизвестных, при которых эти противоречия были бы наименьшими. (Предполагается, что при наблюдениях не допущено грубых, постоянных или систематических ошибок.) В задачу входит также нахождение меры точности полученных значений величин. Наблюдения бывают кроме того или независимыми друг от друга или условными. В основание способа наименьших квадратов положено требование, чтобы сумма произведений квадратов ошибок на веса была наименьшей.

Уравновешивание прямых наблюдений. Если для определения величины произведены n наблюдений q_1, q_2, ..., q_n и их веса суть p_1, p_2, ..., p_n, то вероятнейшее значение x величины получают из выражения:

$$x = \frac{[p_iq_i]}{[p_i]},$$

где по Гауссу $[p_iq_i] = \sum_{i=1}^{i=n} p_iq_i$ и $[p_i] = \sum_{i=1}^{i=n} p_i$.

Отклонения v_i отдельных определений от вероятнейшего значения x находятся из ур-ий:

$$v_1 = x - q_1,\ v_2 = x - q_2,\ \dots,\ v_n = x - q_n.$$

Среднюю квадратич. ошибку ε_0 для единицы веса, среднюю квадратич. ошибку ε_x от x и средние квадратич. ошибки ε_1, ε_2, ..., ε_n от q_1, q_2, ..., q_n определяют из ф-л:

$$\varepsilon_0 = \sqrt{\frac{[p_iv_i^2]}{n-1}};\quad \varepsilon_x = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{[p_i]}} = \sqrt{\frac{[p_iv_i^2]}{[p_i](n-1)}};$$
$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_1}},\ \varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_2}},\ \dots,\ \varepsilon_n = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_n}}.$$

См. *Ошибки измерений и наблюдений*.

Уравновешивание вспомогательных наблюдений. Измерено n величин q_1, q_2, ..., q_n ф-ий u_1, u_2, ..., u_n от m неизвестных x, y, z, ...

$$u_1 = f_1(x, y, z, \dots),$$
$$u_2 = f_2(x, y, z, \dots),$$
$$\dots\dots\dots\dots$$
$$u_n = f_n(x, y, z, \dots),$$

причем $n > m$. Если из каких-либо m ур-ий найдены приближенные значения $x_0, y_0, z_0, \dots$ неизвестных, то задача сводится к отысканию поправок Δx, Δy, Δz, ... к этим приближенным значениям, неизвестные же найдутся из соотношений:

$$x = x_0 + \Delta x,\ y = y_0 + \Delta y,\ z = z_0 + \Delta z,\ \dots$$

Если $u_i - q_i = \Delta_i$, то после подстановок получаем т. н. уравнения ошибок:

$$\left.\begin{aligned} \Delta_1 = f_1(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y, z_0 + \Delta z, \dots) - q_1 \\ \Delta_2 = f_2(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y, z_0 + \Delta z, \dots) - q_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \Delta_n = f_n(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y, z_0 + \Delta z, \dots) - q_n \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Разлагаем $f_i(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y, z_0 + \Delta z, \dots)$ по строке Тейлора, ограничиваясь первыми производными:

$$\Delta_1 = f_1(x_0, y_0, z_0, \dots) + \frac{\partial f_1}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial f_1}{\partial y}\Delta y + \dots - q_1,$$
$$\Delta_2 = f_2(x_0, y_0, z_0, \dots) + \frac{\partial f_2}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial f_2}{\partial y}\Delta y + \dots - q_2,$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$\Delta_n = f_n(x_0, y_0, z_0, \dots) + \frac{\partial f_n}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial f_n}{\partial y}\Delta y + \dots - q_n.$$

Введя обозначения

$$f_i(x_0, y_0, z_0, \dots) - q_i = c_i;$$
$$\frac{\partial f_i}{\partial x} = a_i;\ \frac{\partial f_i}{\partial y} = b_i,\ \dots,$$

имеем:

$$\Delta_i = a_i\Delta x + b_i\Delta y + c_i\Delta z + \dots + c_i.$$

Т. о. ур-ия ошибок можно всегда привести к линейному виду.

В частном случае для трех неизвестных x, y, z примем за исходные n линейных ур-ий:

$$\left.\begin{aligned} u_1 = a_1x + b_1y + c_1z + a_1 \\ u_2 = a_2x + b_2y + c_2z + a_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots \\ u_n = a_nx + b_ny + c_nz + a_n \end{aligned}\right\}, \quad (2)$$

откуда:

$$\left.\begin{aligned} \Delta_1 = u_1 - q_1 = a_1x + b_1y + c_1z + l_1 \\ \Delta_2 = u_2 - q_2 = a_2x + b_2y + c_2z + l_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \Delta_n = u_n - q_n = a_nx + b_ny + c_nz + l_n \end{aligned}\right\}, \quad (3)$$

причем $l_i = a_i - q_i$; Δ_1, Δ_2, ..., Δ_n — действительные ошибки. Ур-ия (3) называются условными. Вероятнейшие значения неизвестных согласно *теории вероятностей* (см.) получатся при условии:

$$\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2 = \text{minimum}, \quad (4)$$

для чего необходимым условием являются уравнения:

$$\left.\begin{aligned} \Delta_1\frac{\partial\Delta_1}{\partial x}+\Delta_2\frac{\partial\Delta_2}{\partial x}+\ldots+\Delta_n\frac{\partial\Delta_n}{\partial x}=0,\\ \Delta_1\frac{\partial\Delta_1}{\partial y}+\Delta_2\frac{\partial\Delta_2}{\partial y}+\ldots+\Delta_n\frac{\partial\Delta_n}{\partial y}=0,\\ \Delta_1\frac{\partial\Delta_1}{\partial z}+\Delta_2\frac{\partial\Delta_2}{\partial z}+\ldots+\Delta_n\frac{\partial\Delta_n}{\partial z}=0,\end{aligned}\right\}\quad(4')$$

или на основании уравнений (3):

$$\left.\begin{aligned} (a_1x+b_1y+c_1z+l_1)a_1+\\ +(a_2x+b_2y+c_2z+l_2)a_2+\ldots+\\ +(a_nx+b_ny+c_nz+l_n)a_n=0\\ (a_1x+b_1y+c_1z+l_1)b_1+\\ +(a_2x+b_2y+c_2z+l_2)b_2+\ldots+\\ +(a_nx+b_ny+c_nz+l_n)b_n=0\\ (a_1x+b_1y+c_1z+l_1)c_1+\\ +(a_2x+b_2y+c_2z+l_2)c_2+\ldots+\\ +(a_nx+b_ny+c_nz+l_n)c_n=0\end{aligned}\right\}\quad(5)$$

Собрав отдельно члены с x, y, z и пользуясь обозначениями Гаусса, имеем:

$$\left.\begin{aligned} [aa]x+[ab]y+[ac]z+[al]=0\\ [ab]x+[bb]y+[bc]z+[bl]=0\\ [ac]x+[bc]y+[cc]z+[cl]=0\end{aligned}\right\}\quad(6)$$

Эти ур-ия носят название нормальных. Способ решения системы нормальных уравнений, данный Гауссом, состоит в следующем. Найденное из первого ур-ия значение x подставляют во 2-е и 3-е ур-ия; из первого уравнения новой системы определяют величину y и полученное значение подставляют во 2-е ур-ие, откуда вычисляется z, а затем y и x. Сущность приема состоит в том, что по исключении каждого неизвестного вновь получаемая система снова носит характер нормальных ур-ий. Числовое решение ур-ий выполняется механически при помощи счетной линейки или логарифмич. номограммы. Для предотвращения ошибок вычислений при составлении и решении нормальных ур-ий суммируют при ур-иях ошибок и при нормальных ур-иях коэф-ты по строкам. По подстановке в условные ур-ия полученных вероятнейших значений x, y, z в правых частях ур-ий будут не нули, а нек-рые величины $\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_n$, называемые остающимися ошибками. В зависимости от последних можно выразить среднюю квадратич. ошибку каждого условного ур-ия. Решив m ур-ий, отобранных по числу неизвестных из всех n ур-ий, получим значения неизвестных, точно удовлетворяющие этим ур-иям. Т. о. сумма квадратов остающихся ошибок должна распределиться на остальные $n-m$ ур-ий, т. е.

$$(n-m)\varepsilon^2=[\delta_i^2]\ \text{ или }\ \varepsilon_0=\pm\sqrt{\frac{[\delta_i^2]}{n-m}}.$$

Пример. Зависимость между деформацией и напряжением при сжатии материалов, не подчиняющихся закону Гука, выражается эмпирич. ф-лой Баха и Шюле:

$$i=ap^m,$$

где i—относительное укорочение образца при сжатии, p—соответствующее полное сжимающее напряжение, m—отвлеченное число, $a=\frac{1}{E}$—коэф. сжатия (величина, обратная модулю упругости). Для нахождения a и m произведено n испытаний, давших n пар значений i и p. Придав ф-ле вид

$$\lg i=a+m\lg p,$$

где $a=\lg a$, применяем условие (4):

$$S=\sum_1^n\left\{\lg i-(a+m\lg p)\right\}^2=\text{minimum}$$

или на основании (4'):

$$\frac{\partial S}{\partial a}=0\ \text{ и }\ \frac{\partial S}{\partial m}=0,$$

т. е.

$$\left.\begin{aligned} \sum_1^n(\lg i-a-m\lg p)=0\\ \sum_1^n(\lg i-a-m\lg p)\lg p=0\end{aligned}\right\}.\quad(A)$$

Если принять:

$$\sum_1^n\lg i=I;\quad\sum_1^n\lg p=P;\quad\sum_1^n\lg i\cdot\lg p=I_1;$$

$$\sum_1^n(\lg p)^2=P_1,$$

то (т. к. $\sum_1^n a=na$) ур-ия (A) примут вид:

$$\left.\begin{aligned} na+Pm=I\\ Pa+P_1m=I_1\end{aligned}\right\},\quad(B)$$

откуда

$$a=\frac{IP_1-I_1P}{nP_1-P^2},$$

$$m=\frac{I_1n-IP}{nP_1-P^2}.$$

В частном случае 6 испытаний дали ряд значений p и i, причем величины, входящие в ур-ия (A), приведены в след. таблице:

№ опыта	$\lg p$	$\lg i$	$\lg i\cdot\lg p$	$(\lg p)^2$
1	2,2201081	−3,7723989	−8,3751332	4,9288799
2	2,5224442	−3,4523620	−8,7083904	6,3627248
3	2,6981005	−3,2622777	−8,8019520	7,2797462
4	2,8234742	−3,1292061	−8,8352326	7,9720065
5	2,9201233	−3,0264616	−8,8376409	8,5271200
6	2,9991305	−2,9430105	−8,8264725	8,9947838
	$P=16,1833808$	$I=-19,5857168$	$I_1=-52,3848216$	$P_1=44,0652612$

Откуда

$$a=\lg\alpha=-\frac{15,28621}{2,48975}=-6,13966,\ \text{или}\ \alpha=\frac{1}{1380000};$$

$$m=\frac{2,6542}{2,48975}=1,066.$$

Итак в данном случае:

$$i=\frac{1}{1380000}\,p^{1,066}.$$

Если ур-ия обладают различными весами $p_1, p_2, \ldots, p_n$, то условием для определения вероятнейших значений неизвестных будет равенство:

$$p_1\Delta_1^2+p_2\Delta_2^2+\ldots+p_n\Delta_n^2=\text{minimum}.$$

Отсюда нормальные ур-ия примут вид:

$$\left.\begin{aligned} [aap]x+[abp]y+[acp]z+[alp]=0\\ [bap]x+[bbp]y+[bcp]z+[blp]=0\\ [cap]x+[cbp]y+[ccp]z+[clp]=0\end{aligned}\right\}.$$

Средняя квадратич. ошибка единицы веса

для неравноточных наблюдений выразится следующим образом:

$$\varepsilon_0=\sqrt{\frac{[p_iv_i^2]}{n-m}}.$$

Средние квадратич. ошибки $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ наблюдений $q_1, q_2, \ldots, q_n$, средние квадратич. ошибки $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ неизвестных x, y, z находят из равенств:

$$\varepsilon_1=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_1}},\quad\varepsilon_2=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_2}},\quad\ldots,\quad\varepsilon_n=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_n}},$$

$$\varepsilon_x=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_x}},\quad\varepsilon_y=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_y}},\quad\varepsilon_z=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_z}}.$$

Уравновешивание условных наблюдений. Для определения n непосредственно измеряемых величин выполнены n наблюдений $q_1, q_2, \ldots, q_n$ с весами $p_1, p_2, \ldots, p_n$, причем измеряемые величины должны удовлетворять m независимым друг от друга условным ур-иям между вероятнейшими значениями $x_1, x_2, \ldots, x_n$:

$$\left.\begin{aligned} a_0+a_1x_1+a_2x_2+\ldots+a_nx_n=0\\ b_0+b_1x_1+b_2x_2+\ldots+b_nx_n=0\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ r_0+r_1x_1+r_2x_2+\ldots+r_nx_n=0\end{aligned}\right\},$$

причем $m<n$. Эти ур-ия берутся в линейной форме. Если в них подставить $x_1=q_1+v_1$, $x_2=q_2+v_2, \ldots, x_n=q_n+v_n$, то получатся ур-ия случайных ошибок $v_1, v_2, \ldots, v_n$:

$$\left.\begin{aligned} a_1v_1+a_2v_2+\ldots+a_nv_n+w_a=0\\ b_1v_1+b_2v_2+\ldots+b_nv_n+w_b=0\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ r_1v_1+r_2v_2+\ldots+r_nv_n+w_m=0\end{aligned}\right\};$$

противоречия $w_a, w_b, \ldots, w_m$ определяются из ур-ий:

$$\left.\begin{aligned} w_a=a_0+a_1q_1+a_2q_2+\ldots+a_nq_n\\ w_b=b_0+b_1q_1+b_2q_2+\ldots+b_nq_n\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ w_m=r_0+r_1q_1+r_2q_2+\ldots+r_nq_n\end{aligned}\right\}.$$

Для решения рассматриваемой задачи часто применяют способ неопределенных множителей, или способ коррелат, предложенный Гауссом. Значение случайных ошибок $v_1, v_2, \ldots, v_n$ для $[pv^2]_{min}$ получают при помощи m коррелат $k_1, k_2, \ldots, k_m$, к-рые находят на основании m нормальных ур-ий коррелат:

$$\left.\begin{aligned} \left[\frac{aa}{p}\right]k_1+\left[\frac{ab}{p}\right]k_2+\ldots+\left[\frac{ar}{p}\right]k_m+w_a=0\\ \left[\frac{ab}{p}\right]k_1+\left[\frac{bb}{p}\right]k_2+\ldots+\left[\frac{br}{p}\right]k_m+w_b=0\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ \left[\frac{ar}{p}\right]k_1+\left[\frac{br}{p}\right]k_2+\ldots+\left[\frac{rr}{p}\right]k_m+w_m=0\end{aligned}\right\}.$$

Случайные ошибки $v_1, v_2, \ldots, v_n$ определяют из следующих ур-ий:

$$\left.\begin{aligned} v_1=\frac{a_1}{p_1}k_1+\frac{b_1}{p_1}k_2+\ldots+\frac{r_1}{p_1}k_m\\ v_2=\frac{a_2}{p_2}k_1+\frac{b_2}{p_2}k_2+\ldots+\frac{r_2}{p_2}k_m\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ v_n=\frac{a_n}{p_n}k_1+\frac{b_n}{p_n}k_2+\ldots+\frac{r_n}{p_n}k_m\end{aligned}\right\}.$$

Для проверки значения v подставляют в условные ур-ия. По нахождении случайных ошибок определяют вероятнейшие значения искомых величин из ур-ий:

$$x_1=q_1+v_1,\ x_2=q_2+v_2,\ \ldots,\ x_n=q_n+v_n.$$

Полученные значения x должны удовлетворять первоначальным условным ур-иям.

Пример. В плоском тр-ке измерены углы A, B, C с разной точностью: веса измерений суть $p_a=1$, $p_b=2$, $p_c=3$. Сумма углов A, B и C оказалась равной 180°33″. Требуется придать к измеренным углам такие поправки, чтобы сумма исправленных углов была равна 180°, а сумма квадратов поправок была наименьшей. В этом случае условное ур-ие имеет вид:

$$a+b+c+33''=0.$$

Поправки выразятся через коррелаты т. о.:

$$a=k,\ b=\frac{k}{2}\ \text{и}\ c=\frac{k}{3}.$$

Нормальное ур-ие для определения k:

$$k\left(\frac{1}{1}+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}\right)+33''=0,$$

или $\frac{11}{6}k+33''=0$, откуда $k=-18''$.

Т. о. поправки углов будут таковы:

$$a=-18'',\ b=-9''\ \text{и}\ c=-6''.$$

Для определения средней квадратичной ошибки ε_0 воображаемого наблюдения с весом $p=1$ служит ф-ла:

$$\varepsilon_0=\sqrt{\frac{[pv^2]}{m}},$$

где m—число условных ур-ий или дополнительных наблюдений. Средние квадратич. ошибки $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ наблюдений $q_1, q_2, \ldots, q_n$ находятся из ф-л:

$$\varepsilon_1=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_1}},\quad\varepsilon_2=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_2}},\quad\ldots,\quad\varepsilon_n=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_n}}.$$

Для получения средних квадратич. ошибок $\varepsilon_1', \varepsilon_2', \ldots, \varepsilon_n'$ вероятнейших значений $x_1, x_2, \ldots, x_n$ нужно последние выразить в виде ф-ий от $q_1, q_2, \ldots, q_n$:

$$x_1=f_1(q_1, q_2, \ldots, q_n),\ x_2=f_2(q_1, q_2, \ldots, q_n),\ \ldots,$$
$$x_n=f_n(q_1, q_2, \ldots, q_n).$$

Дифференцирование этих ф-ий дает:

$$\left.\begin{aligned} dx_1=\frac{\partial f_1}{\partial q_1}dq_1+\frac{\partial f_1}{\partial q_2}dq_2+\cdots+\frac{\partial f_1}{\partial q_n}dq_n\\ dx_2=\frac{\partial f_2}{\partial q_1}dq_1+\frac{\partial f_2}{\partial q_2}dq_2+\cdots+\frac{\partial f_2}{\partial q_n}dq_n\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ dx_n=\frac{\partial f_n}{\partial q_1}dq_1+\frac{\partial f_n}{\partial q_2}dq_2+\cdots+\frac{\partial f_n}{\partial q_n}dq_n\end{aligned}\right\},$$

отсюда:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_1'=\sqrt{\left(\frac{\partial f_1}{\partial q_1}\varepsilon_1\right)^2+\left(\frac{\partial f_1}{\partial q_2}\varepsilon_2\right)^2+\cdots+\left(\frac{\partial f_1}{\partial q_n}\varepsilon_n\right)^2}\\ \varepsilon_2'=\sqrt{\left(\frac{\partial f_2}{\partial q_1}\varepsilon_1\right)^2+\left(\frac{\partial f_2}{\partial q_2}\varepsilon_2\right)^2+\cdots+\left(\frac{\partial f_2}{\partial q_n}\varepsilon_n\right)^2}\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ \varepsilon_n'=\sqrt{\left(\frac{\partial f_n}{\partial q_1}\varepsilon_1\right)^2+\left(\frac{\partial f_n}{\partial q_2}\varepsilon_2\right)^2+\cdots+\left(\frac{\partial f_n}{\partial q_n}\varepsilon_n\right)^2}\end{aligned}\right\}.\quad(7)$$

Пользуясь ф-лами (7), можно вычислить величину ошибки ε' для нек-рых простейших ф-ий, наиболее часто встречающихся в практике. Если a—известная данная величина, не содержащая ошибок, q_i—величины, определенные со средней ошибкой ε_i, то:

1. $x=aq;\ \varepsilon'=+a\varepsilon;$
2. $x=aq_1q_2;\ \varepsilon'=\pm\sqrt{(aq_2\varepsilon_1)^2+(aq_1\varepsilon_2)^2};$
3. $x=\frac{a}{q};\ \varepsilon'=\pm\frac{a}{q^2}\varepsilon;$
4. $x=a\frac{q_1}{q_2};\ \varepsilon'=\pm\sqrt{\left(\frac{a}{q_2}\varepsilon_1\right)^2+\left(\frac{aq_1}{q_2^2}\varepsilon_2\right)^2};$
5. $x=q^a;\ \varepsilon'=\pm aq^{a-1}\varepsilon;$
6. $x=\sqrt[a]{q};\ \varepsilon'=\pm\frac{1}{a}\cdot\frac{1}{\sqrt[a]{q^{a-1}}}\cdot\varepsilon.$

Уравновешивание непосредственно измеренных величин. сумма которых дана. S—точная сумма n величин, для определения к-рых выполнены непосредственные наблюдения q_1, q_2, ..., q_n с весами p_1, p_2, ..., p_n; x_1, x_2, ..., x_n—вероятнейшие значения величин и v_1, v_2, ..., v_n—необходимые поправки к наблюдениям.

$$v_1 = \frac{p_1}{\left[\frac{1}{p}\right]} w, \quad v_2 = \frac{p_2}{\left[\frac{1}{p}\right]} w, \quad \ldots, \quad v_n = \frac{p_n}{\left[\frac{1}{p}\right]} w.$$

Противочение w получают из равенства $w = S - [q]$.

$$\varepsilon_a = \frac{w}{\sqrt{\left[\frac{1}{p_i}\right]}}, \quad \varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_1}}, \quad \varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_2}}, \quad \ldots,$$

$$\varepsilon_n = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_n}}.$$

Средняя квадратич. ошибка ε_i' вероятнейшего значения x_i определяется из ур-ния:

$$\varepsilon_i' = \varepsilon_0 \sqrt{\frac{1}{p_i}\left(1 - \frac{\frac{1}{p_i}}{\left[\frac{1}{p}\right]}\right)}.$$

Средняя квадратич. ошибка $\varepsilon^{(i)}$ суммы вероятнейших значений i первых величин равна

$$\varepsilon_0 \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{p_1} + \frac{1}{p_2} + \ldots + \frac{1}{p_i}\right)\left(\frac{1}{p_{i+1}} + \frac{1}{p_{i+2}} + \ldots + \frac{1}{p_n}\right)}{\left[\frac{1}{p}\right]}}.$$

Лит.: Волков А. А., Математич. основания номографии, М., 1911; Блох, Графические методы технич. расчетов, Харьков, 1929; Дешевой М., Графич. умножение и деление и вычерчивание кривых линий, СПБ, 1896; Хаймович Я. М. и Берман Ю. Л., Графические расчеты в машиностроении и технологии, Номограммы и специальные счетные линейки, Киев, 1930; Зильберталь А., Графич. метод анализа периодич. кривых, «Технико-экономич. вестник», М., 1926, 2; Блох Л. С., Графич. методы построения функций, там же, М., 1924, 2; О'Рурк, Таблицы умножения для быстрых вычислений, 11 изд., М., 1929; Нейшуллер Л. Я., Таблицы деления многозначных чисел и вычисления процентов, М.—Л., 1929; Лахтин Л. К., Курс теории вероятностей, М.—Л., 1924; Марков А. А., Исчисление вероятностей, 4 изд., М., 1924; Иванов А. А., Теория ошибок и способ наименьших квадратов, П., 1921; Гаврилов А. Ф., Практика вычислений, Приближенные вычисления, М., 1926; Придатко С., Практич. вычисления, М., 1924; d'Ocagne M., Calcul graphique et nomographie, P., 1910; Soreau R., Nomographie ou traité des abaques, t. 1, 2, P., 1922; Pirani M., Graphische Darstellung in Wissenschaft u. Technik, B., 1922; Crelle A. L., Rechnentafeln, Berlin, 1923; Taschenbuch f. Bauingenieure, hrsg. von M. Foerster, 5 Aufl., B. 1, B., 1928; см. также *Вычисления приближенные*.

В. Нинаноров.

ПРАКТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МЕР, система единиц измерения, выбираемых для данной отрасли техники т. обр., чтобы встречающиеся при расчетах величины измерялись числами, удобными для практики, т. е. не слишком малыми. В *метрической системе мер* (см.) предусмотрены изменения величины единиц измерения в отношении, равном целой степени десяти. Эти изменения характеризуются приставками: деци, санти, милли, микро, нано (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-6}, 10^{-9}), дека, гекто, кило, мега, гига (10, 10^2, 10^3, 10^6, 10^9). Однако во многих случаях вместо этих приставок пользуются специальными названиями, напр. тонна вместо мегаграмм, микрон вместо микрометр, ангстрем вместо 10^{-8} *см* и т. п. Во многих случаях однако не ограничиваются введением таких специальных названий для единиц, входящих в десятичную систему, но вводят единицы измерений с другим отношением кратности, например при измерении скорости в *км* в час или угловой скорости вращения в «оборотах в минуту». В нек-рых случаях в выборе П. с. м. идут еще дальше и применяют для практических расчетов систему мер, не связанную с законными мерами страны, а иногда и противоречащую этим законным мерам. Так напр., у нас до сих пор еще применяется прочно укоренившаяся техническая система мер, в которой *кг* является основной единицей измерения силы, тогда как по стандартам СССР 1 *кг* есть законная единица массы. Несмотря на введение стандартом (ОСТ 169) рекомендованных основных единиц: тонна-масса, метр, секунда (см. *МТС-система*), до сих пор еще не намечается перелома в сторону отказа от технической системы мер, весьма затрудняющей проникновение в массы простейших ф-л механики.

В электротехнике существует несколько попыток создания П. с. м. Эти практические единицы были вначале определены как величины, кратные абсолютным единицам. Наиболее употребительны след.:

1 вольт $= 10^8$ *CGSM* $= \frac{1}{300}$ *CGSE*,

1 ом $= 10^9$ *CGSM* $= \frac{1}{9 \cdot 10^{11}}$ *CGSE*,

1 ампер $= 10^{-1}$ *CGSM* $= 3 \cdot 10^9$ *CGSE*,

1 джоуль $= 10^7$ эргов,

1 фарада $= 10^9$ *CGSM* $= 9 \cdot 10^{11}$ *CGSE*,

1 генри $= 10^9$ *CGSM* $= \frac{1}{9} \cdot 10^{-11}$ *CGSE*,

1 прамаксвелл $= 10^8$ *CGSM* (максвеллов).

Эталоны, определенные и изготовленные для основных международных единиц, ома и ампера, с увеличением точности измерений стали отличаться от практических единиц, определенных путем умножения абсолютных единиц на целую степень десяти. Поэтому в настоящее время применяется также П. с. м., основанная на международных основных единицах, в к-рых указываются все показания измерительных приборов. В этой системе кроме перечисленных единиц применяются еще и другие единицы, вытекающие из международного определения ома и ампера, но пока не утвержденные; так например, единицы:

Напряженности электрич. поля	V/см
» магнит. поля	A/см
Смещения	C/см
Магнитного потока	вольт-секунда
Магнитной индукции	вольт-секунда/см
Магнитной проницаемости	H/см
Диэлектрич. коэф-та	F/см
Удельного сопротивления	Ω-см

Магнитная проницаемость в вакууме $\mu_0 = 1.256 \cdot 10^{-8}$ H/*см*, диэлектрич. коэф. в вакууме $\varepsilon_0 = 0.884 \cdot 10^{-13}$ F/*см*.

Я. Шпильрейн.

ПРАМАКСВЕЛЛ, практич. единица измерения магнитного потока, равная 10^8 *максвеллов* (см.), т. е. 10^8 гауссов $\times$ *см*^{2}. Эта единица измерения принята в 1930 г. Международной электротехнич. комиссией (IEC). Предполагалось сначала снабдить приставкой «пра» все практич. единицы, кратные абсолютным единицам, имеющим особое название (напр. праэрстед), но пока ограничились введением единицы магнитного потока, П.

ПРАЧЕЧНЫЕ, заведения, в которых ручной, механич. или химич. обработкой белья с применением различных стирочных веществ достигается обезвреживание, очищение и отделка белья, загрязненного пылью, пятнами и различными выделениями человеч. организма от носки и долгого употребления. Перед стиркой белья производят его сортировку, разборку, замочку и кипячение (бучение). После такой подготовки производятся собственно стирка и полоскание; последующие операции — беление, отжим, сушка, катание и глажение. Зараженное белье подвергается еще дезинфекции перед стиркой. Ручная стирка происходит при весьма негигиенич. условиях, требует кропотливой и утомительной работы и неблагоприятно влияет на прочность белья (применение ручной стирки должно в будущем ограничиться лишь стиркой очень тонкого и цветного белья, если краска ненадежная). В противовес этому механич. стирка является наиболее гигиенич. и совершенным способом. Обезвреживание белья достигается дезинфекцией в специальных аппаратах (вакуум, пароформалиновых) паром, формалином и другими дезинфицирующими средствами (см. *Дезинфекционные камеры*). Механическое очищение белья производится стиркой в стиральных барабанах и полосканием в полоскательных машинах. Отделка белья заключается в отжиме, сушке и глажении; производятся: отжим при домашней стирке вручную, в механич. прачечных—в центрифугах; сушка—в первом случае на открытом воздухе и на чердаках, а в последнем—искусственным подогретым воздухом в специальных аппаратах; глажение—или вручную утюгами, обогреваемыми углями, газом и электричеством, или в гладильных машинах на обогреваемых паром металлич. или цилиндрич. поверхностях.

Причины загрязнения белья и гигиеническое значение стирки. По исследованиям проф. Дунбара кожа человека выделяет в виде пота ежедневно $\frac{1}{67}$ ч. его веса, т. е. при нормальном весе человека в 67 *кг* эти выделения весят 1 *кг*. Из этого количества твердые части в виде поваренной соли, фосфорнокалиевых щелочей и пр. составляют 0,5—2,5%. Т. о. в большей своей части пот состоит из испаряемых частей, к-рые в соединении с летучими жирными к-тами (уксусная к-та, аминокислоты, молочная к-та) и с помощью кожного жира, выделяющегося из жировых желез, разлагают пот. Эти испарения пота проникают в белье и платье и в большей своей части остаются в них. Белье и одежда кроме пота загрязняются еще различными выделениями, как кровь, моча, кал, гной и др. Из внешних причин, наиболее загрязняющих белье, главнейшей является пыль, садящаяся на верхнюю одежду и через нее впитываемая и нижним бельем. По произведенным исследованиям в 100 *кг* грязного белья содержится до 4 *кг* грязи. Из приведенных обстоятельств вытекает т. о. необходимость возможно частой смены белья. Конечно самым идеальным разрешением вопроса с гигиенической точки зрения была бы ежедневная смена белья, в особенности нательного, но каждая перемена белья должна сопровождаться и мытьем тела. Если устройством в каждой квартире душа или душевых павильонов на площадках для всеобщего пользования можно достигнуть ежедневного обмывания тела, то для перемены белья ежедневно необходимо располагать большим количеством смен белья или иметь в квартире или в доме такие прачечные устройства, в которых белье могло бы быть выстирано и выглажено в сравнительно короткий срок с затратой минимума рабочей силы и стирочных материалов. Современное состояние техники прачечного дела пока еще не представляет таких возможностей, при которых можно было бы рассчитывать на ежедневную перемену белья. Постепенное введение в быт машинной обработки белья со всеми усовершенствованиями в отношении ускорения процедуры стирки должно способствовать более частой смене белья, по крайней мере каждые 5 дней, что уже явилось бы большим достижением в гигиеническом отношении. Продолжительность носки белья зависит от количества кожных выделений, впитываемых бельем; способность впитывания белья крайне ограничена вследствие закупоривания ткани твердыми отложениями. Для различных способов обработки и белье сортируется перед стиркой и отделкой на: 1) белое и цветное; 2) грубое и тонкое; 3) хлопчатобумажное, полотняное, шерстяное и шелковое; 4) катаное, гладженое, крахмальное; 5) гладкое, со складками. Каждый из этих сортов различается еще степенью загрязненности и в зависимости от нее подвергается тем или иным операциям. По своему назначению белье делится на постельное, столовое, кухонное, нательное, банное, мебельное, верхнее платье; по принадлежности—на домашнее, куда входят все вышеуказанные виды белья; на специальные и производственные, гостиничное, ресторанное, больничное, казарменное, новое.

Дезинфекция. Если белье или верхнее платье от заразного больного, из заразных бараков, из пропускников во время эпидемии, то оно прежде всего подвергается дезинфекции в специальных вакуум-пароформалиновых аппаратах. Кроме того дезинфекция необходима для всякого рода банного белья, когда им пользуются посетители один за другим, т. к. обычно это белье передается другому посетителю после высушивания или в лучшем случае выглаживается после употребления, чего недостаточно, чтобы убить возбудителей заразных болезней; необходимость дезинфекции подсказывается еще требованиями профилактики от распространения заразных болезней; не менее важна дезинфекция для белья гостиничного населения; также очень важно подвергать дезинфекции салфетки, к-рыми пользуются посетители в ресторанах и столовых. Дезинфекция паром хотя и достигает цели, но отражается на качестве стирки, т. к. содержащиеся в загрязненном белье белковые вещества при высокой $t°$ свертываются, образуют нерастворимые соединения с грязью, впитанной в белье, и м. б. удалены только применением сильно действующих белильных веществ. Наилучшими средствами для дезинфекции служат лизол (см. *Дезинфицирующие средства*) или вермингаль (содержащий сероуглерод); небольшой дозы

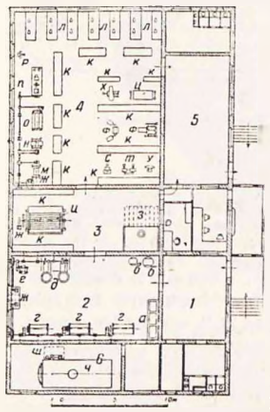
этих веществ достаточно, чтобы убить заразные начала; для предотвращения же опасности заражения рабочих полы сортировочных отделений промываются при помощи войлочной щетки несохнущей масляной краской, вбирающей в себя всю пыль и не дающей ей распространяться в воздухе; ежедневно пол подметается, окраска возобновляется по мере надобности.

Если белье незараженное, то оно поступает в сортировку и по способу обработки делится на разные сорта. Потом белье размечают по владельцу и по дню поступления. Загрязненное белье, содержащее засохшие белковые вещества, замачивается в чанах, наполненных водой комнатной $t°$, в течение от 8 часов до суток в целях размягчения белковых веществ, частичного их растворения и облегчения дальнейшей стирки. Замачиванию подвергается гл. образом такое белье, которое в большей степени загрязняется белковыми веществами, как то: нательное, столовое, больничное, кухонное и др. Для ускорения процесса размягчения белья прибавляют к воде щелочи, как сода или отработанный регенерированный щелочной раствор из соды и мыла. После вынутия из щелочных чанов белье, более загрязненное и грубое, поступает в кипятильные чаны для бучения. Поэтому такое белье отсортировывается еще перед мочкой и отдельно замачивается. Здесь происходит разбухание и разрыхление волокон ткани, и легко отделяются загрязнения, которые быстро растворяются в воде; прибавление соды способствует омылению жировых частей грязи и растворению их в воде. После бучения белье прополаскивается для удаления с него как выделенной, но нерастворенной грязи, так и бучильной воды, содержащей растворенные жировые вещества.

После этих предварительных операций приступают к стирке. Стирка ручная производится в корыте при помощи мыла и щетки или трением под водой руками одной части белья о другую, или прибегают к механич. стирке в стиральных барабанах, при к-рой белье меньше портится, чем при стирке вручную. Действие мыла заключается в образовании при растворении растворимых и нерастворимых жирных солей; загрязнения соединяются с растворенными солями мыла и удаляются вместе с мыльной водой после полоскания в чистой теплой воде; после вторичного полоскания в холодной воде удаляются также и нерастворенные жирные соли, когда белье совершенно освобождается от мыльной воды. В конце стирки или при полоскании применяют специальные вещества для придания белью белого цвета, т. к. белье желтеет от носки и употребления и вследствие обработки кристаллич. содой. Т. к. все белильные вещества являются по своему составу щелочами, то после полоскания применяют средства, нейтрализующие щелочи и уничтожающие разрушающее их действие на белье. В последнее время стали применять электрич. способ отбелки при помощи озоно-белильных устройств. После отбелки производится синение *ультрамарином* (см.)—синькой. Этим заканчиваются все операции, производящиеся в мокром состоянии и связанные с удалением грязи. Дальнейшие операции по окончательной отделке белья требуют удаления из белья воды, высушки его и придания ему того или другого отделочного вида. Удаление воды производится или вручную крайне несовершенным способом с оставлением в белье большого количества воды, т. е. скручиванием, затрудняющим сушку и отзывающимся на прочности волокон ткани разрушающим образом, или в специальных машинах—т. н. центрифугах, позволяющих отжать воду до 25% содержания ее в белье без всякого вреда для прочности ткани. Малое содержание влаги после отжатия в центрифуге способствует быстрой сушке, как естественной—на воздухе, так и искусственной—нагретым воздухом. При глажении гладких сортов белья обходятся без промежуточной сушки, так как процесс сушки происходит одновременно с глажением при пропуске через цилиндры гладильных машин, обогреваемых паром. В промышленных и крупных домовых, больничных, гостиничных и других П. применяются центрифугирование и искусственная сушка. После сушки белье подвергается починке вручную или на специальных починочных машинах, и затем белью придается окончательная отделка: холодным катанием вручную или на катальных машинах, производящих катание под большой тяжестью, или глажением ручными утюгами, обогреваемыми углями, газом или электричеством, или на паровых гладильных машинах, или на специальных газовых или электрических прессах. Т. к. сортировка и разметка частного белья перед обработкой и после обработки связаны с большими расходами и требуют большой площади, то в последнее время за границей пробуют вводить индивидуальные сетчатые мешки, в к-рых белье проходит все операции, начиная с замочки и кончая глажением; но это возможно не для всякого сорта белья и не при всяком его количестве. Для этого способа существенно, чтобы белье было не цветное и мало загрязненное, и кроме того, чтобы вес белья в мешке приближался к весу загрузки в отдельную часть стирального барабана, разделяемого для этой цели на несколько отделений перегородками, перпендикулярно его оси. В механических прачечных при белом не очень загрязненном белье число операций м. б. сокращено до минимума т. о., что в течение одного часа белье м. б. выстирано и выглажено; при этом замачивание, бучение, белениe и синение отпадают, а стирку, полоскание и центрифугирование производят в одной комбинированной машине, не вынимая белья между этими операциями; сушка отпадает, а глажение производится на горячих поверхностях цилиндров гладильных машин; т. о. сильно упрощается оборудование П., занимающей при этом значительно меньшую площадь.

Механич. П. бывают по назначению: промышленные, домовые, больничные, походные, при гостиницах, банях, ресторанах, казармах, тюрьмах; по оборудованию: ручные, полумеханические, механические; по применяемой энергии: паровые, газовые, электрические. Имеются еще заведения для химич. чистки, красильни, пятновыводные заведения и др., где вместо мыла и соды применяются бензин и другие средства. Наиболее распространенным типом промышленных П. являются паровые П. для стирки обычного белья (белого, цветного, бумажного, полотняного, шерстяного, шелкового) с расположением всех помещений и служб в первом этаже. Такие П. имеют свое паросиловое хозяйство с котельной на обычном топливе и наиболее экономичны в эксплоатации, так как применение газа как тепловой энергии для получения пара и нагревания воды обходится в настоящее время дороже, чем обычное топливо (уголь, дрова, нефть); электрическая же энергия для той же цели, даже при дешевом ночном тарифе, дороже, чем газ.

План промышленной П. на 2 000 *кг* сухого белья в 8 час., расположенной в одном здании, представлен на фиг. 1, где *1*—прием белья; *2*—аппаратная, имеющая замочные чаны *а*, бучильный чан *б*, чан для варки щелока *в*, стиральные машины *г*, центрифуги *д*, аппарат для варки крахмала *е*; привод от трансмиссии от моторов *эс*; *3*—сушильная и гладильная с сушильными куписами *з* и гладильными машинами *и* со столами *к* для складывания готового белья; *4*—помещение для ручных утюгов со столами *л*, с машинами для воротников *м*, *н*, *о*, *п*, *р* со столами *к*, с машинами для глажения крахмальных сорочек *с*, *т*, *у*, *ф*, *х* со столами *к* и барабаном *ц* для накалывания крахмального белья, гардин и др.; *5*—помещение для выдачи белья; *6*—котельная с котлом *ч* и штательным насосом *ш*; остальные помещения отводятся под отделения для мастерских и насосов, кладовую для хранения материалов, гардероб и уборную для мужчин, то же для женщин, кабинет заведующего, контору, переднюю, подъезды для сдачи и приема белья.

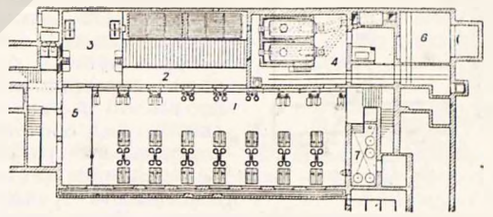


Фиг. 1.

При расположении в двух этажах помещения сообщаются подъемниками как для подъема вынутого из центрифуг белья для дальнейшей сухой обработки—сушки, глажения и сортировки по владельцам, так и для обратной подачи в нижний этаж для выдачи клиенту. Двухэтажное расположение П. менее выгодно и менее удобно в эксплоатации; оно требует усиления междуэтажных перекрытий для установки тяжелых паровых гладильных машин, которые при двухэтажном расположении лучше помещать во 2-м этаже, требует кроме того подъемных приспособлений для подачи белья снизу вверх и сверху вниз и осложняет общий надзор за производством. При наличии участков земли достаточных размеров лучше устраивать одноэтажные П. В двухэтажных П. в нижнем этаже производится вся мокрая обработка белья и помещаются контора, приемка и выдача белья, а также тяжелые гладильные машины; во втором этаже производится вся сухая обработка.

Домовые П. при обычных домах с небольшим числом квартир б. ч. устраиваются для ручной стирки, реже оборудуются стиральной машиной и центрифугой и снабжаются горячей водой от центрального отопления. Все остальные операции производятся: сушка летом на воздухе, а зимой в чердаках; глажение же или катание белья—

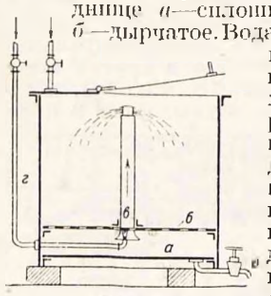
на дому каждой хозяйкой. Небольшие домовые П. устраивают с одной комбинированной машиной для стирки и центрифугирования. При больших же блоках домов, с числом квартир в несколько сот, устраиваются механич. прачечные с кабинками для каждой хозяйки, снабженными корытом и бучильником; в общем помещении, мокром, помещаются небольшого размера стиральные барабаны и центрифуги, а в другом помещении, сухом,—гладильные машины, механич. катки и ручные утюги. Фиг. 2 представляет механич. домовую П. на 600 квартир: *1*—стиральное отделение; *2*—сушильное отделение; *3*—гладильное отделение; *4*—котельная; *5*—раздевальная; *6*—бункера для угля; *7*—бойлеры для нагревания воды. Обычно этот тип П. снабжается еще душами и ваннами, для того чтобы по окончании стирки домашняя работница или хозяйка могла принять душ или ванну. Специальные П. при больницах, гостиницах, банях б. ч. устраиваются механические по типу промышленных, с той лишь разницей, что котельное хозяйство их обычно общее с котельным хозяйством обслуживаемого учреждения; оборудование же производственными машинами за небольшим исключением почти то же, что и в промышленных П.



Фиг. 2.

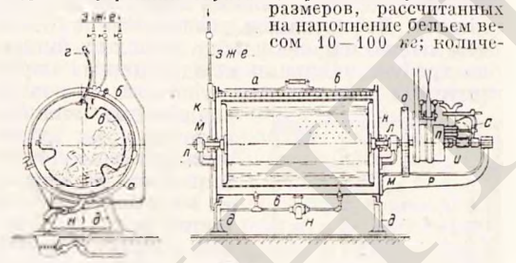
Машины. Дезинфекционные аппараты, их конструкции, различные модификации и взаимное расположение грязного и чистого отделений—см. *Дезинфекционные камеры*. Все помещения для дезинфекции белья пристраиваются к П. таким образом, что чистое отделение может непосредственно сообщаться с отделением мокрой обработки белья, а грязное отделение с местом приема грязного белья; кроме того в грязной половине устраиваются для рабочих в случае нужды в этом также и помещения для снятия грязной одежды и одевания прозодежды, души, ванны и помещения для снятия прозодежды и одевания чистой одежды. Все эти помещения устраиваются по отношению друг к другу в такой последовательности, как пропускники (см. *Бани*). Чаны для замачивания белья изготовляются деревянные, прямоугольной формы, высотой и шириной ок. 1 *м* с подведенной холодной водой, а для получения зимой воды комнатной $t°$ д. б. подведена также и горячая вода. Сточные воды спускаются через устроенную на дне трубу в канализационную сеть через трап. Чаны устраиваются переносными—на полках или же на колесах. В больших П. замочные чаны делаются железобетонные, постоянные, обложенные у стен глазурованными плитками. Эти чаны более гигиеничны, чем деревянные, т. к. в последние со временем впитывается горячая вода. Бучильники устраиваются нескольких типов. Огневые бучильники в настоящее время

вышли из употребления, как несовершенные вследствие неравномерности варки и отсутствия свободной циркуляции воды в котле. Наиболее практичны циркуляционные бучильники (фиг. 3). Бучильники эти делаются из оцинкованного железа, редко из меди. Дно бучильника двойное; нижнее днище *а*—сплошное, верхнее днище *б*—дырчатое. Вода в этих бучильниках приводится в кипение паром, впускаемым в медный продырявленный змеевик, вставляемый между двумя днищами, или в пароструйный аппарат, находящийся на высоте верхнего днища под средней вертикальной трубой *в*, к-рая проходит по всей высоте бучильника до его верхней крышки. Циркуляция достигается тем, что нагретая паром вода все время, пока открыт паровой вентиль, поднимается вверх по средней трубе, растекается кругом по загруженному белью и, промывая всю толщу белья, уложенную вокруг средней трубы, опускается вниз и снова поднимается вверх. Холодная вода подводится по трубе *г*. Для спуска грязной воды устроен внизу кран *д*. Большие бучильники монтируются на двух чугунных опорах и вращаются на полых осях, через к-рые с одной стороны подводится вода, а с другой—пар. Верхняя крышка поднимается на цепочках. Посредством бучильников очищают белье от грубой грязи; они облегчают дальнейшую стирку в стиральных машинах, т. к. здесь уже удаляется вся легко растворимая грязь; поэтому предварительное перед стиркой бучение белья уменьшает расход щелока и мыла. Бучение производится 2—4 ч. Емкость бучильников 400—900 *л*, расход пара—20—75 *кг/ч*; размеры их—диаметр 800—1 200 *мм* при высоте ок. 800 *мм*. Бучение применяется б. ч. к больничному, загрязненному гноем и кровью, и к кухонному белью; домашнее же белье, как мало загрязненное, м. б. пущено после замочки прямо в стиральные машины. Такое же точно устройство имеют ч а н ы д л я в а р к и щ е л о к а, с той только разницей, что они делаются несколько меньших размеров (⌀700—1 000 *мм*, высота 700 *мм*), без средней циркуляционной трубы и без дырчатого дна. Вместо пароструйного аппарата применяется медный змеевик, но не продырявленный, с той целью, чтобы сконденсированный пар не разжижал щелока. Чаны эти устанавливаются на подставках такой высоты, чтобы можно было подставить ведро для наливания щелока. Отработанный щелок не выбрасывается в канализацию, а регенерируется в специальных устройствах—фильтрах. Этот раствор используется как примесь к воде в замочных чанах.

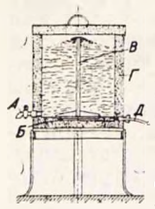

Фиг. 3.

На фиг. 4 изображена барабанная стиральная машина, которая состоит из двух барабанов: наружного *а*, неподвижного, с крышкой *б*, и внутреннего *в*, вращающегося, с крышкой *г*; машина смонтирована на двух опорах *д*; пар подводится по трубе *е* снизу и служит для кипячения щелока, горячая и холодная вода подается по трубам *эж* и *з* сверху; для вращения внутреннего барабана служит привод *и*. Наружный барабан как в цилиндрич. части, так и в боковых днищах его *к* делается почти всегда из оцинкованного железа толщиной от 2 до 3 *мм*, редко из меди; 1/4 цилиндрической поверхности составляет крышка на всю длину барабана. Внутренний барабан делается исключительно из меди толщиной в 2—3 *мм*; крышка *г* имеет очень плотный затвор во избежание попадания белья в неплотности и разрыва его; боковые днища—чугунные или железные, покрытые медными листами; к боковым днищам прикрепляются валы *л*, вращающиеся на подшипниках *м*, приделанных к боковым стенкам внешнего барабана. Внутренний барабан весь продырявлен отверстиями ⌀ 5—10 *мм*, закругленными с внутренней стороны во избежание порчи белья об острые края при ударах, и образует с внутренней стороны по всей длине три выпуклости, о к-рые белье при вращении барабана ударяется во время стирки; таким обр. стирка производится ударами, но не трением. Отвод щелока должен происходить по трубе *н* достаточных размеров, чтобы по возможности скорее опорожнить барабан от отработанного щелока: опорожнение производится непосредственно в канализацию через трап. Привод — ременная передача—состоит из основного зубчатого колеса *о*, ременного шкива *п*, опорной рамы *р*, укрепленной на внешнем барабане, и механизма *с* для перемены направления вращения, состоящего из червячной передачи и салазки, переводящей ремень через каждые 4—6 оборотов с одного шкива на другой. Такое частое изменение направления вращения необходимо для того, чтобы белье не свертывалось в комок и чтобы оно лучше отстирывалось; иначе оно может легко подвергаться порче и разрыву.

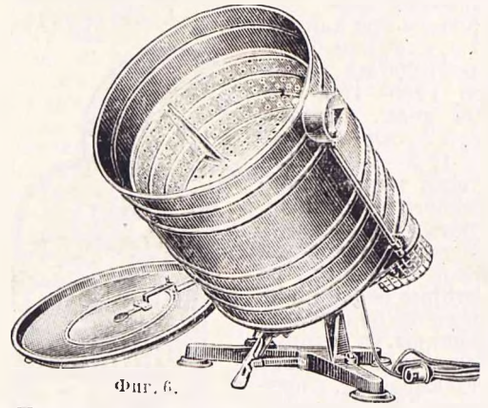
Процесс стирки происходит сл. образом: внутренний барабан наполняется грязным бельем и напитывается водой при $t°=80°$ т. о., что занимает около половины объема барабана (100 *кг* белья занимают 0,6 $м^3$). Вода покрывает все белье, и в наружный барабан подводится щелок таким образом, чтобы внутренний барабан был погружен в него на небольшую глубину; после этого барабан попеременно вращается то в одну то в другую сторону; в это время как щелок, так и белье кипятятся паром. Пар впускается не сразу, а через 15—20 мин. после начала стирки. По окончании процесса стирки щелок удаляется через трубу *н*, и производится полоскание белья в барабане, наполненном наполовину сначала горячей водой при $t°=40÷50°$, а потом холодной, при одновременном попеременном вращении барабана. Весь процесс стирки продолжается в зависимости от загрязненности от 40 м. до 1 1/2 ч. Внутренний барабан устраивается различных размеров, рассчитанных на наполнение бельем весом 10—100 *кг*; количество наполнений в 8 ч.—от 5 до 8 (последняя цифра—для чистого банного белья); диам. внутреннего барабана 500—1 000 *мм*, длина 500—2 000 *мм*. Потребная мощность для вращения 0,5—2,5 IP; число об/м. равняется 25; расход пара 15—50 *кг/ч*.


Фиг. 4.

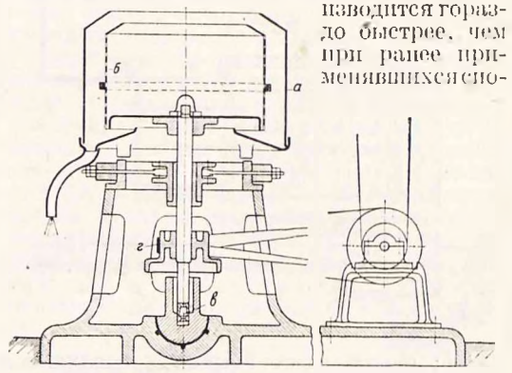
Р а з н о в и д н о с т и с т и р а л ь н ы х м а ш и н. Вместо непосредственного введения пара низкого давления 0,3—0,5 *atm* вводится пар высокого давления 2—6 *atm* при помощи змеевика, и конденсат используется или для питания котла или для подогрева воды; привод устраивается внизу; вместо трансмиссии имеется непосредственное соединение с электромотором; барабаны для облегчения выгрузки белья в тележки, подставляемые под барабаны, употребляются опрокидывающегося типа; отверстия в барабане, расположенные по его окружности, делаются продолговатые с выпуклыми краями, обращенными в наружную сторону, с направлением выпуклостей через ряд то в одну то в другую сторону (америк. машины); такое устройство способствует более тщательному промыванию белья и ускорению процесса стирки. Барабан разделяется поперечными перегородками на несколько частей для отдельной стирки разных сортов, разных владельцев, но одинаковой загрязненности. Разделение барабана на 3—4 ч. радиальными перегородками и устройство на обоих концах вала двух передач (одну для стирки с числом оборотов 20—30, а другую для центрифугирования с числом оборотов до 600) отличают французский и новый австрийский типы машин от стиральных машин других типов. Последнее устройство способствует значительному сокращению как времени стирки так и времени центрифугирования.


Фиг. 5.

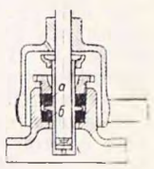
Фиг. 5 и 6 представляют комнатную комбинированную стиральную машину системы «Протос», где *А*—кран для спуска грязной воды, *Б*—электронагреватель, *В*—разбрызгиватель, *Г*—изолирующий кожух, *Д*—электрический штепсель. Эти машины появились впервые за границей на Лейпцигской выставке в марте 1928 г. и годны для стирки как самого грубого домашнего белья, так и самого тонкого. Перестановка машины из одного положения в другое не требует специальных приспособлений и производится легко вручную без особого напряжения. В наклонном положении происходит стирка при вращении ~25 об/м. Белье все время купается в щелоке, и через 15 мин. выстирывается вся грязь, если белье не особенно загрязнено. Когда стирка закончена, аппарат переставляется автоматич. перестановкой привода от электромотора на положение центрифугирования и приводится во вращение со скоростью до 500 об/м. Центрифугирование продолжается 3—5 м. Емкость барабана — 5 *кг* сухого белья; потребное количество воды 45 *л*. Машина включается штепселем в комнатную сеть; потребная мощность — 285 W для стирки и 360 W для центрифугирования. Ручная работа сводится к заложению машины бельем и к вынутию белья из машины. Вся процедура продолжается 30—45 м. Высота аппарата с крышкой 100 см. диам. 64 см; цена 575 марок.


Фиг. 6.

П о л о с к а т е л ь н ы е м а ш и н ы применяются в промышленных П. редко; чаще ими пользуются в больничных П. Ими хотя и разгружаются стиральные машины, но время стирки увеличивается, так как получается лишняя операция по нагрузке и выгрузке. Полоскательные машины делаются по большей части деревянные; они состоят из наружного корыта 2 500 *мм* длины, 1 300 *мм* ширины и 700 *мм* высоты, внутреннего деревянного ящика и деревянных лопастей, насаженных на валу с рабочим и холостым шкивами; к машине подводится холодная и теплая вода; эти машины делаются также железобетонные, обложенные внутри белыми глазурованными плитками. Корыто доверху наполняется водой, и выгруженное сюда из стиральных машин белье при вращении лопастей приводится в постоянное движение и освобождается от щелока благодаря постоянному притоку свежей воды и стоку через отводную трубу грязной воды. После этого производится б е л е н и е белья, которое преследует цель придания белью белизны соответствующими средствами, как например сера, перекись водорода и различные патентованные средства для беления, а также электрическое беление добыванием гипохлоритной щелочи из раствора поваренной соли электролизом. Последнее слово техники—это о з о н о б е л и л ь н ы е у с т р о й с т в а, которыми достигается наилучшее беление без применения химич. веществ и следовательно без ущерба для прочности белья. Аппарат состоит из устройства для добывания *озона* (см.), небольшого электрич. компрессора для накачивания воздуха в озонный аппарат и трансформатора высокого напряжения. Добытый из воздуха озон направляется по трубам в стиральную машину во время полоскания. Беление производится гораздо быстрее, чем при ранее применявшихся способах; т. о. сберегаются время и энергия. После беления в таком аппарате белье не нуждается в сушении. Расход электрич. энергии—3 kWh при производительности 1000 *кг*.

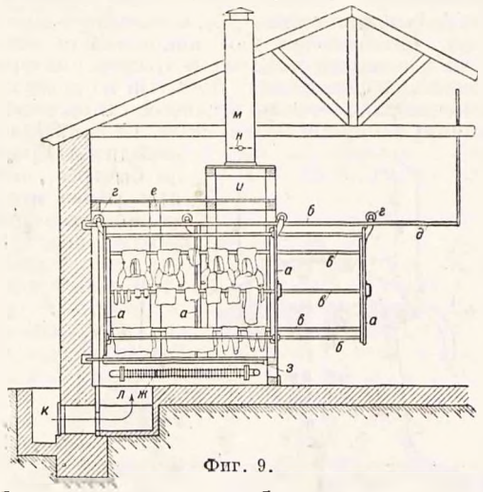

Фиг. 7.

Ц е н т р и ф у г и. Цель центрифугирования белья—отжим из него воды, достигаемый действием центробежной силы при вращении с большой скоростью; центрифуга состоит (фиг. 7) из двух барабанов—наружного *а* и внутреннего, продырявленного, *б*, вставленных один в другой и вращающихся вокруг вертикального вала, опирающегося на стальной подпятник *в* и приводимого во вращение ременной передачей на шкив *г* от трансмиссии или непосредственно от электромотора; для избежания неравномерной загрузки белья во внутреннем барабане служит специальный регулятор, ограничивающий размах качания барабана, воспринимающего эластично удары, получающиеся от неравномерной нагрузки, и постепенно выравляющий равномерность нагрузки. На фиг. 8 изображена конструкция эластичной опоры, достигаемая двумя резиновыми шайбами *а* и *б*; при таком устройстве необходимость в верхней опоре вала отпадает. Во избежание несчастных случаев затвор верхней крышки устроен т. о., что центрифуга не м. б. пущена в


Фиг. 8.

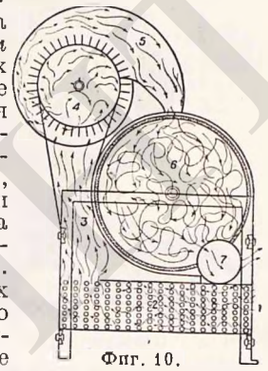
работу, пока не будет закрыта крышка, и не м. б. открыта, пока центрифуга совсем не остановится; при помощи ручного или ножного тормоза центрифуга м. б. быстро остановлена. Центрифугирование продолжается 15—20 м. Количество наполнений в час—3—4; число об/м. центрифуг—700—1 500; емкость—8—32 *кг* белья; диаметр внутреннего барабана—500—800 *мм*; необходимая мощность двигателя—0,75—3,00 HP, а в момент пуска в ход—1,5—5,5 HP.

Сушильные аппараты, в к-рые поступает белье из центрифуг с содержанием влаги до 40% и подвергается сушке при помощи нагретого воздуха, бывают: 1) неподвижные, состоящие из ряда выдвижных кулис со штангами, на к-рых развешивается



Фиг. 9.

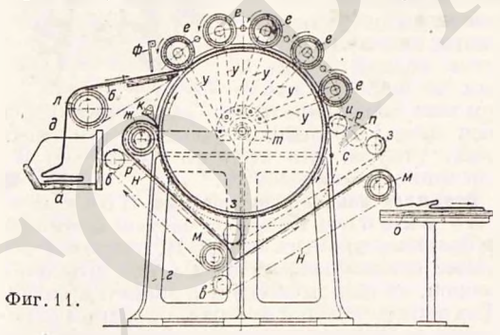
белье; сушка здесь обычно продолжается 30 м.; 2) с механич. подачей белья, развешенного также на круглых деревянных штангах, движущихся по бесконечной цепи в нагреваемой воздухом камере; при этом подача происходит спереди одним рабочим, а высушенное белье вынимается с другой стороны другим рабочим; скорость движения цепи рассчитана т. о., что за время прохода белья от переднего устья аппарата до заднего белье высушивается обычно в 20 м.; 3) вращающиеся сушильные аппараты, которые устроены подобно стиральным барабанным машинам; барабан вращается то в одну то в другую сторону; под барабаном уложены трубы, обогреваемые паром, а над барабаном сбоку — вентилятор, всасывающий воздух. Время, потребное на сушку, равняется 20—30 м. в зависимости от сорта белья. В последнее время с развитием техники прачечного дела не все белье приходится подвергать предварительной перед глажением сушке, т. к. она для большинства сортов белья происходит одновременно с глажением; сушится только байковое, мохнатое, детское и вообще всякое плотное, трудно отдающее влагу белье; кроме того сушится такое белье, которое не гладится, а катается в холодных катках. На фиг. 9 представлены схематически сушильные аппараты (кулисы): *а*—деревянные или железные передние стенки шириной 300—400 *мм*, высотой 1,5—2 *м*, длиной 2—3 *м*, *б*—штанга, соединяющая передние стенки с задними, *в*—деревянные штанги для развешивания белья, *г*—катки, *д*—шины для катков, *е*—деревянный кожух, *жс*—ребристые трубы отопительной батареи, *з*—решетка для предохранения белья от падения на горячие ребристые трубы, *и*—ящик для отработанного воздуха, *к*—канал для притока свежего воздуха, *л*—отверстие для притока свежего воздуха, *м*—трубы, отводящие отработанный воздух, *н*—клапаны для регулирования притока и выпуска воздуха. Задняя стенка *а* устроена т. о., что при загрузке и выгрузке белья она плотно закрывает передние отверстия. Температура отходящего воздуха ~50°. Емкость кулисы—6—12 *кг* белья. Расход пара—в среднем 1 *кг* на 1 *кг* сухого белья. Цепные аппараты с механической подачей белья состоят из деревянной камеры и винтового вентилятора для вдувания в аппарат свежего воздуха. На крыше камеры устанавливают вентиляторы для непрерывной циркуляции воздуха внутри аппарата. Для нагревания воздуха служат ребристые металлические 50-*мм* трубы длиной каждая в 2 *м*. В аппарате шириной в 2 *м* и длиной в 3 *м* высушивается в час 200—300 верхних сорочек, при продолжительности каждой сушки 10—15 мин. Для равномерной сушки следует загружать белье одного сорта. Схема вращающейся сушильной машины изображена на фиг. 10, из которой ясен принцип ее действия: через отверстие *1* всасывается воздух, к-рый нагревается в батарее обогреваемых паром труб *2*, затем проходит по каналу *3* и через вентилятор *4* вдувается по каналу *5* во вращающийся с завешенным в нем мокрым бельем барабан *6*; насыщенный влагой белья воздух удаляется затем через трубу 7. Размеры барабана: диам. 900—1 050 *мм*, длина 900—1 500 *мм* при длине 25-*мм* паровых труб 10—17 *м*; или диам. барабана 1 200 *мм*, длина его 1200—1500 *мм* при диам. паровых труб 32 *мм* и длине их 12,5—19 *м*. Для сушки тонкого кружевного белья пользуются барабанами, обитыми войлоком и белой фланелью, на которые белье накалывается булавками. Машины, на которых белье окончательно отделывается, следующие: 1) холодные катки, 2) гладильные машины паровые и 3) утюжные прессы для глажения крахмального белья.



Фиг. 10.

Холодные катки, т. н. английские, в некоторых странах (Франция) совершенно не применяются; изредка они применяются в Германии и Австрии. Они устраиваются целиком из дерева на деревянной массивной станине и приводятся в движение или вручную или от двигателя. Валики, на которые наматывается белье, движутся взад и вперед под действием движущегося взад и вперед деревянного ящика, нагруженного камнями. Ящик снабжен зубчатой рейкой, за которую зацепляется шестерня зубчатой передачи. Белье то накатывается на валики то раскатывается; перемена направления

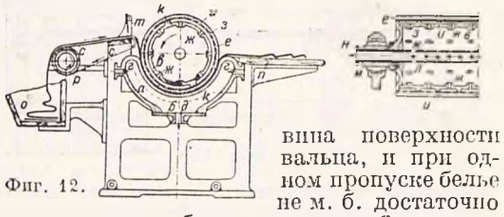
движения катка происходит от механизма, соединенного ременной передачей со шкивом привода. Паровые гладильные машины—каландры—предназначаются гл. обр. для глажения и одновременной сушки больших кусков белья, гладких, без складок. В последнее время эти машины стали приспособлять также для глажения белья со складками и пуговицами, как например кальсоны, сорочки и др.; на этих машинах придается белью глянец и нежный приятный вид. Основная часть машины—стальной отполированный цилиндр с боковыми плотно пригнанными днищами; машина испытывается на рабочее давление пара в 12 *atm* (фиг. 11). К боковым днищам приделаны



Фиг. 11.

цапфы, через которые в цилиндр поступает пар и выпускается конденсат. Со стороны заправки белья в цилиндр находится ящик *а*, из которого мокрое белье через пояс *б* и заправляющее приспособление *в* подается в цилиндр. Цилиндр, смонтированный на двух опорах *г*, вращается по направлению стрелки, причем белье *д* наматывается на цилиндр и действием теплоты пара, обогревающего цилиндр, высушивается. Глажение же происходит давлением на белье валиков *е*, придавливаемых к цилиндру при помощи пружин; вальцы обматываются войлоком и материей; они вращаются по направлению стрелки и несколько скорее, чем цилиндр, благодаря чему достигается некоторое волочение белья по цилиндру и придание ему глянца. Для использования по возможности максимальной поверхности цилиндра белье с верхней части цилиндра сматывается на нижнюю часть так. обр., что используется до 90% поверхности цилиндра; это достигается натянутыми по всей длине цилиндра поясами шириной 300—400 *мм*, отстоящими друг от друга на нек-ром расстоянии и служащими направляющими и обхватывающими валики *жс*, *з* и *и*; приспособление *к* служит для того, чтобы белье второй раз не наматывалось на цилиндр. Три направляющих пояса получают движение от валиков *л* и *жс* (левых) и *м* (правого); белье т. о. сматывается на валик *жс* и под цилиндром попадает на приемный пояс *п*. а затем на приемный стол *о*. Во избежание прожигания горячим цилиндром поясов и обивки верхних валиков во время остановки валики *и* устроены так, что они могут быть моментально откинуты и могут принять положение *н*; пояс *р* принимает положение *с*, а валики *е* вследствие поворота сегмента *т* отходят от цилиндра направо, будучи соединены с сегментом рычагами *у*. В новейших машинах это происходит автоматически.

Предохранительное приспособление *ф* устроено в виде качающегося клапана, к-рый тотчас же отжимается назад, как только попадет туда палец работающего при машине, и машина останавливается; между валиками *е*, чтобы туда не попадала рука, устроены предохранительные валики малого диаметра. В зависимости от толщины белья вращение цилиндра м. б. установлено на разные скорости, для чего шкивы трансмиссии делаются ступенчатыми; при непосредственном соединении с электромотором устанавливается регулятор скорости. Для отвода пара, выделяющегося при глажении, над машиной устраивается колпак или с самостоятельным эксгаустером или же с присоединением к общей вытяжной трубе вентиляции помещения. Гладильные машины описанного выше типа делаются следующих размеров: ⌀ 500—1 250 *мм* и длиной 1 500—3 500 *мм*. Расход пара с рабочим давлением в 6 *atm*—30—200 *кг* в час. Можно работать также при давлении пара в 0,3—0,5 *atm*; производительность этих машин 30—300 *кг* в час; расход энергии—0,5—8 HP. В менее сложных гладильных машинах (фиг. 12), с полой корытообразной нижней половинкой *а*, обогреваемой внутри паром, а с внешней стороны отшлифованной и закрываемой снизу плотно днищем *б*, с чугунным вальцом *в*, валец вращается по направлению стрелки, и белье, пропущенное между вальцом *в* и корытом *а*, под давлением вальца *в* гладится и получает глянец, а отшлифованная нагретая поверхность корыта сушит. Пар пропускается через отверстие *г*, а конденсат выводится через отверстие *д*; при этом действует только поло-



Фиг. 12.

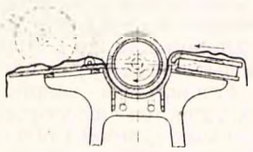
вина поверхности вальца, и при одном пропуске белье не м. б. достаточно высушено; для более интенсивной сушки и увеличения производительности таким образом, чтобы достигнуть хорошей сушки при одном пропуске, отсасывается из внутренности цилиндра воздух, а с верхней покрышки *е* отсасывается влага; для этой цели устроены в теле барабана отверстия *жс* и мелкие дыры в листовом железе *з*, к-рым обит барабан по ребрам *и* и *к*; высасывание происходит через дырчатую центральную трубу *л* в сальник *м*; к фланцу *н* присоединяется эксгаустер. Подача и прием белья происходят точно таким же образом, как и в больших цилиндровых машинах; стол для подачи белья *о*, для приема—*п*, подающий валик, обитый войлоком, *р*, направляющий пояс *с*. предохранитель *т*. Но цилиндры этих машин делаются небольших ⌀ (300—800 *мм*), при длине 1 600—3 500 *мм*. Расход пара в час 20—115 *кг*, расход энергии 0,4—2,5 HP. В Америке применяются комбинированные машины, состоящие из 4—6 корыт, расположенных друг за другом без эксгаустера (фиг. 13); их производительность гораздо больше, но валики делаются меньших размеров—диам. не более 300 *мм*. В небольших

прачечных и там, где нет пара, пользуются гладильными машинами, обогреваемыми газовыми горелками (фиг. 14); в таких маши-



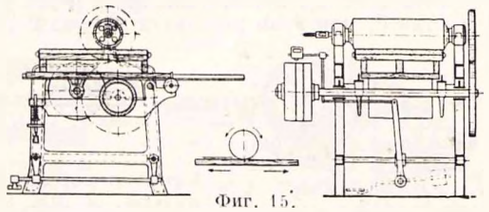
Фиг. 13.

нах корыта делаются без внутренней полости, столы приемные и для подачи—выдвижные, валик стальной, ∅ валиков 250—280 *мм* и длина 800—2 000 *мм*. Белье проглаживается не сразу, и приходится пропускать его 3—4 раза. Для увеличения производительности пристраиваются эксгаустерные приспособления, как в цилиндровых машинах. Такими машинами пользуются с успехом для глажения воротников.



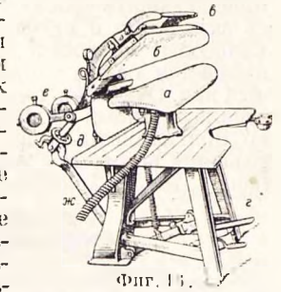
Фиг. 14.

Крахмаление белья производится в холодном или горячем состоянии по определенному рецепту для каждого сорта белья (состав: крахмал, бура, воск или стеарин, вода; имеются также патент. средства) вручную или в специальных машинах. Для глажения крахмального белья применяют машины салазочные, состоящие из стального обтянутого войлоком вальца и имеющие катающийся по войлоку горячий валик (фиг. 15), нагреваемый воздухом, паром,



Фиг. 15.

газом или электричеством; машины приводятся в движение непосредственно от электромотора через ряд зубчатых передач или при помощи ременной передачи с автоматич. передачей ремня на тот и другой шкив для попеременного направления движения стола; давление регулируется специальным маховичком. Видоизменением этих машин являются двухвальцовые и трехвальцовые машины. Имеются также машины для придания крахмальным воротникам круглой формы. Для отложных воротничков имеются специальные машины, увлажняющие в середине шов во избежание ломки при сгибании; имеются также специальные машины—прессы для загиба углов воротничков. Пресс для глажения верхних крахмальных сорочек состоит из стола, имеющего специальную форму, приспособленную для надевания на него, как на колодку, сорочки; под столом устроен башмак, обогреваемый газом, паром или электричеством, с тщательно полированной поверхностью; этим башмаком прессуется белье, находящееся на столе. Имеются прессы и для различных частей сорочек: для груди, воротника, манжет, туловища, затылка. На фиг. 16 представлен пресс для глажения сорочек, кителей, жилетов и др.; *а*—форма, обитая материей; *б*—утюг с тщательно полированой поверхностью; *в*—рукоятка для опускания утюга на форму; *г*—педаль для прессования. Давление регулируют маховичком *д*; *е*—противовесы; металлический шланг *ж* служит для отсасывания эксгаустером влаги из подушки стола *а*. При самых ответственных работах, когда приходится гладить очень тонкое белье и верхнее платье, являются незаменимыми ручные утюги; они обогреваются углями, сжатым до 0,15 *atm* газом или электричеством; расходуют 120 *л* газа в час; потребная мощность для электрич. утюгов: для грубого белья 500 W, для тонкого белья 300 W.



Фиг. 16.

Вспомогательное оборудование. Прачечные машины большей частью швейные. В больших промышленных П. применяются также специальные машины для штопанья носков, чулков, а также для разметки белья. Для передачи белья из одной операции обработки в другую служат специальные тележки, передвигаемые по полу на колесах. Для передачи от замочных чанов и бучильников к стиральным машинам и от них к центрифугам применяются для опрокидывающихся конструкций стиральных машин тележки низкой конструкции для подводки под барабан. Для передачи от центрифуг к сушильным устройствам и к гладильным машинам служат тележки высокой конструкции, которые при расположении сухой обработки белья во 2-м этаже подаются вместе с бельем в верхний этаж подъемником. Для умягчения воды и для обезжелезивания применяют специальные аппараты (см. *Вода*, очищение воды). Для нагревания воды применяются бойлеры («Шафштетд», «Отопитель»), к-рые рассчитываются на часовой расход П. в 40 *л* на 1 *кг* белья; на это же количество рассчитывается и резервуар горячей воды $t°$ 65° с начальной $t°$ +5° при поступлении воды в бойлер. Для приведения в движение производственных машин от двигателя применяются трансмиссии с ременной передачей. В последнее время начали отказываться от ременных передач, загромождающих все производственные помещения, крайне невыгодных и неудобных в эксплоатации, и заменять их электромоторами к каждой производственной машине, расположенными под ней или сбоку ее, с непосредственной передачей. Стиральные машины соединяются с электромоторами попарно. Двигательной силой служит электричество, получаемое от городской станции, а при крупных установках добываемое на своей силовой станции с использованием мятого пара на производстве и с промежуточным отбором пара более высокого давления для гладильных машин, вентиляции и обогревания стиральных машин. Распределение пара, горячей и холодной воды, газа и щелока производится сетью труб, подводящих пар, воду

и щелок к местам потребления при наличии замкнутых змеевиков в аппаратах; конденсат отводится по особой конденсационной линии в сборный резервуар и оттуда идет на питание паровых котлов, снабжающих паром двигатели. Трубы, подводящие воду к машинам, должны быть железные, оцинкованные, с внутренним ∅ не меньше 40 *мм*; при медных трубах допустим несколько меньший диаметр. Паровые трубы свыше 84 *мм* употребляются с фланцевыми соединениями; меньших диаметров—из газовых труб—с муфтовыми соединениями. Сточные воды, спускаемые из производственных машин, выливаются на пол помещений, сделанный из асфальта или из метлахских плиток; пол делается несколько покатый: вода стекает по лоткам, устроенным вдоль всего помещения, а из лотков в зависимости от длины помещения стекает через траны и жироуловители в канализационные трубы. Эти последние располагают под полом помещений и берут обычно чугунные. Вода, прежде чем попасть в общую сеть гончарных труб, попадает в регулирующий резервуар, т. к. в П. секундный расход как чистой, так и грязной воды может оказаться в нек-рые промежутки времени слишком большим; благодаря устройству регулирующего резервуара избегается необходимость расчета сточных труб на максимальный секундный расход, когда половина работающих машин может опорожняться одновременно.

Отопление. При центральном отоплении промышленных П. применяется паровое отопление низкого давления. Особенности отопления производственных помещений П. как мокрой, так и сухой обработки белья, в отличие от отопления других помещений, заключаются в том, что при центральном отоплении отопление отдельных помещений, выделяющих при производственных процессах неодинаковое количество тепла в помещение, устраивается т. о., чтобы они могли быть выключаемы и включаемы в любое время в зависимости от изменений темп-ры. Для этой цели устраивается центральный распределитель с равномерным показателем $t°$ во всех помещениях. Нагревательные приборы в гигиенич. целях д. б. гладкие (не ребристые) радиаторы, а трубы должны отстоять от стен на известном расстоянии для удобства их чистки. При наличии парового двигателя пользуются для отопления мятым паром, если он целиком не м. б. использован для нагревания воды.

Вентиляция. Все непроизводственные помещения вентилируются обычным путем—каналами, расположенными в наружных стенах. Необходимо устройство механич. побуждения для притока воздуха в помещении разборки грязного белья, чистого белья и замочных чанов, причем в этих помещениях и вытяжка д. б. механическая. Должны быть урегулированы: равномерная подача приточного воздуха в каналы у наружных стен и каналы-разветвления под потолком и удаление загрязненного воздуха через вытяжные отверстия у внутренних стен вверху и внизу. Скорость потока при таком расположении вентиляционных устройств м. б. доводима до 1—1,2 *м/сек*. Кратность обмена в помещениях сортировки и разметки грязного белья д. б. не менее 3 в остальных служебных помещениях — 1, в раздевальных — 2. Расчет обмена воздуха в производственных помещениях, в целях понижения влажности воздуха и его $t°$, ведется на основании объемов избытков водяных паров и тепла, необходимых к поглощению избыточным воздухом и к выводу их наружу вытяжной вентиляцией. Это относится к расчетам вентиляции как помещений мокрой, так и помещений сухой обработки. Допускаемая $t°$ в сухих помещениях 22° при влажности воздуха не выше 70%. Для определения количества влаги и тепла, выделяющихся при каждом процессе обработки, пользуются существующими на этот счет опытными данными и формулами. Освещение дневное естественное д. б. устроено таким образом, чтобы все места обработки белья были достаточно хорошо освещены, с достаточными площадями световых отверстий, при соотношении 1 : 4 или 1 : 3 световых отверстий к площади производственных помещений; необходимость хорошего освещения вызывается требованием поддерживать безусловную чистоту во всех помещениях П. Стены П. в мокром помещении облицовываются глазурованными плитками на высоту до 1,5 *м*.

Материалы, употребляемые в П. Воды требуется 25—40 *л* на 1 *кг* сухого белья—в зависимости от его загрязненности; по опытным нем. данным расход воды выражается в 60% холодной и 40% горячей при $t°$ 60° (по франц. данным 75% холодной и 25% горячей); вода расходуется на производственные процессы: замочку, бучение, стирку, полоскание, приготовление щелока, крахмала и на питание котлов, если П. обслуживается своей котельной. Качество воды в отношении жесткости имеет громадное значение как для стирки, так и для питания котлов. При жесткой воде бо́льшая часть мыла осаждается как нерастворенное известковое мыло, затрудняется процесс стирки, и мыло тратится в большей своей части бесполезно; по опытам, произведенным в прачечной больницы им. Р. Вирхова в Берлине, 1 $м^3$ воды при 17,7° жесткости расходует бесполезно 3 *кг* мыла; кроме того белье желтеет, а известь, содержащаяся в жесткой воде, проникает в ткань белья, застревает в ней и разрушает волокна пряжи. Жесткая вода кроме того нарушает правильную работу стиральных машин, закупоривая отверстия барабана, и образует накипь на стенках паровых котлов; поэтому вода, употребляемая в П., должна быть обязательно освобождена от излишней жесткости. Жесткая вода м. б. применена без вреда только для полоскания белья. Для иллюстрации влияния жесткой воды на прочность белья ниже приводим результаты испытаний, произведенных в «Исследовательском ин-те для гигиенич. и пром. целей» в Берлине. Содержание золы в новом и старом белье больниц согласно этим данным приведено в табл. 1. 1 $м^2$ хл.-бум. материи содержит 0,93 *г* жирных к-т в виде известкового мыла; зола в 1 $м^2$ старых хл.-бум. рубах имеет приблизительно следующий состав: 2,13—3,70 *г* SiO_2; 0,31—0,90 *г* соединения глинозема с окисью железа; 6,35—9,20 *г* CaO; 1,12—1,42 *г* MgO. 1 $м^2$ фланели содержит 13 *г* жирных к-т в виде известкового мыла.

Табл. 1.—Содержание золы в новом и старом белье.

Вид ткани	Новое белье: Вес 1 м² материи в г	Новое белье: Содержание золы в %	Старое белье: Вес 1 м² материи в г	Старое белье: Содержание золы в %
Рубахи хл.-бум.	177	0,09	150	7,3
Тик	203,8	0,06	189,9	8,8
Фланель	247	0,30	274	8,0
	217	0,16	275	14,6

Так как вода составляет одну из основных статей расхода, то при выборе источника водоснабжения д. б. сделан сравнительный подсчет стоимости различных вариантов с соответствующей обработкой водопроводной, артезианской, речной, прудовой и других вод. Если П. не теплофицирована, то вторым основным материалом является т о п л и в о, расходуемое на выработку пара, нагревание воды, на сушку белья, на отопление и вентиляцию, а при своей силовой станции и на выработку двигательной энергии. Выбор рода топлива д. б. сообразован с местными условиями, и д. б. приняты все меры для достижения наиболее экономного его расхода и наименьшей стоимости. Расход на топливо составляет около 20% всех расходов по обработке белья в механич. П. Расход его в течение дня, как и расход воды, колеблется в очень широких пределах. Поэтому для регулирования работы котлов необходимо в котельном хозяйстве предусмотреть выравнивание нагрузки аккумулированием тепла. Расход условного топлива (калорийность в 7 000 Cal), в зависимости от кпд котельной установки, 0,35—0,60 *кг* на 1 *кг* сухого белья; нагревание воды и все другие операции по обработке белья м. б. произведены также газом и электричеством, но эти виды энергии при современном состоянии техники добычи их обходятся значительно дороже, чем пользование паром от котельной установки. Небольшие прачечные, главным образом домовые, оборудуются стиральными машинами, имеющими свою топку для угля, дров или газа.

Пар высокого давления расходуется гл. обр. для глажения белья в паровых каландрах; давление, необходимое для этой цели, д. б. не менее 6 *atm*; давление около 3 *atm* требуется для змеевиков стиральных машин, для вентиляции и сушки, а пар низкого давления для отопления. Такая разница в давлениях заставляет редуцировать пар, вырабатываемый паровыми котлами, а при теплофикации П. от другой котельной прокладывать отдельно паровые трубы высокого давления с редуцированием до среднего и низкого давления, если отопление паровое, или же отдельный трубопровод для горячей воды, если отопление водяное. Расход пара на стирку и сушку белья принимают в 200 *кг* на 100 *кг* сухого белья; на подогрев же воды от $t°$ 10° до $t°$ 50° при 40 *л* воды на 1 *кг* белья (при 40% горячей воды) принимают в 100 *кг* на 100 *кг* сухого белья, при теплосодержании пара в 610 Cal при 6 *atm*; весь расход пара на стирку т. о. составляет ок. 300 *кг* на 100 *кг* белья или, считая на полное теплосодержание пара, 160 000÷200 000 Cal. При своей станции для выработки двигательной силы и при расходе 15 *кг* пара на 1 HP с использованием мятого пара—в количестве 13 *кг* на 1 HP—на нагревание воды, расход пара на 100 *кг* белья будет лишь на 5% больше против приведенного выше расчета, когда принималось 100 *кг* пара на подогрев воды для 100 *кг* белья, но зато в последнем случае совершенно отпадает электрич. энергия как двигательная сила, расходуемая в количестве 1 HP при 8-часовой производительности, равной 100 *кг* белья. Вода нагревается при помощи змеевика или в бойлерах, находящихся под давлением водопроводной воды, или в открытом резервуаре, расположенном рядом с резервуаром холодной воды и соединенном с ним. Змеевик рассчитывается таким образом, что необходимый часовой расход воды должен быть нагрет до 50°. Теплоотдача поверхности медного змеевика принимается при паре высокого давления в 80 000 Cal/час с 1 $м^2$, а при паре низкого давления в 50 000 Cal/час. Производительность нагревательного прибора д. б. $^2/_3 \div 1$ часового расхода горячей воды.

Мыло и щелоки встречаются в продаже разных видов—в твердом, жидком и порошкообразном—и служат для растворения жира. Для трудно растворимых жиров применяются так наз. каустич. щелочи—каустич. натр и каустич. кали. Щелок составляется из мыла и соды в определенной пропорции. Растворы эти в различных П. составляются по рецептам, испытанным практикой. Примерный состав: 1 *л* мыла, 0,75 *л* соды, 16 *л* воды. Сода своей щелочностью при высокой $t°$ воды не только портит белье непосредственно, но и косвенным образом разрушает его вследствие осаждения углекислой извести. В табл. 2 приведены составы франц. растворов щелока (по Вильямсу):

Табл. 2.—Составы растворов щелока в %, применяемые во Франции.

Двууглекислая сода	65	61	82	99,78
Каустическая »	15	10	13	0,08
Хлористый натрий	1	15	—	0,06
Вода	18	9	3	0,08
Различные примеси	1	5	2	—
Всего	100	100	100	100

Составы, применяющиеся в Германии (порошкообразное мыло и разные сорта франц. мыла, в %), приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Составы растворов щелока в %, применяемые в Германии.

Составные части	Немецкие		Французские марсельские	
Жирные к-ты	13,3—16,6	2,34—2,53	60	48
Сода безводная	54,6—59,6	58,7—62,5	5 (поташ)	6
Свободный щелок (NaOH)	—	0,05—0,70 (хлорист. растворимое соед.)	2	—
Жидкое стекло (Na_2SiO_3)	0,29—2,03	4,69—4,76 (нерастворим. соед.)	1 (железозо-навесть)	4
Вода	—	—	30	40
Глицерин	—	—	2	2

Расход мыла с 40%-ным содержанием жиров следует считать в 2,5—3,5 *кг*, а расход соды в 1—4 *кг* на 100 *кг* сухого белья. Процентное соотношение расхода щелока для различных сортов белья приблизительно следующее: если на обычное нательное белье считать 100%, то для постельного белья—44%, для белья с гноем и кровью—240%, для халатов больничного персонала—170%, для белья, загрязненного жиром, и для очень грязных платков—170%, для платков нормальной загрязненности — 90%. Применение мягкой воды, с одной стороны, экономит мыло, а с другой стороны—предотвращает порчу белья; механич. стирка все же влечет за собою нек-рую порчу белья, но не в большей степени, чем это происходит при ручной стирке; однако, если в барабан стиральной машины закладывать мыло в достаточном количестве, то этим может быть устранена порча волокон ткани. Если кипятить белье только в воде, то также со временем может произойти порча белья; то же самое произойдет, если перегреть белье со щелочью или пропускать его через каландры, нагретые до очень высокой $t°$. Белье портится еще по следующим причинам: когда применяются сильные щелочные средства (сода в большом количестве, жидкое стекло и др.); когда применяются вредные белильные средства, как хлорная известь; при паровой дезинфекции белья заразных больных; при неосторожной выгрузке белья из стиральных машин и центрифуг. Поэтому стирка должна производиться таким образом, чтобы были устранены все указанные обстоятельства, способствующие порче белья, а приемы и способы механич. обработки д. б. усовершенствованы до такой степени, чтобы механич. стирка производилась быстро, обеспечивала наилучшее качество обработки, обходилась недорого, сохраняла прочность белья и была доступна населению, избавляя его от необходимости производить крайне кропотливую и утомительную работу дома, освобождая женщину от этой крайне неблагодарной работы и устраняя разведение сырости в квартирах.

Размеры и стоимость здания. При расчете размеров здания приблизительные данные на 100 *кг* сухого белья при 8-часовой производительности принимаются в 30—50 $м^2$ площади. Высота здания д. б. принята при одном этаже в 5 *м*, при 2 этажах по 4,5 *м* в каждом этаже. Все помещения д. б. расположены последовательно в порядке производственных процессов и иметь по возможности достаточно широкие проходы между машинами. Здание амортизируется в 40 лет, так как оно подвержено мокрым производственным операциям; машины же и все остальное оборудование амортизируются в среднем в 15 лет.

Эксплоатационные расходы. Единицей измерения для всех расчетов принимают вес обрабатываемого белья—обычно 100 *кг* при 8-час. производительности. Эксплоатационные расходы слагаются из амортизации, процента на капитал, зарплаты, топлива, энергии, материалов, текущего ремонта и общих расходов. Приблизительное %-ное соотношение этих статей расхода между собой по практике работы заграничных промышленных П. следующее: зарплата 50%, топливо, вода, мыло, сода, энергия и другие материалы 25%, амортизация 15%, общие расходы 7%, проценты на капитал 7%. Выработка на 1 рабочего в 8 час.: в Москве 40 *кг* (суточная производительность 20 П. 30 *м*), в Вене—50 *кг*, в Берлине—60 *кг* и в Париже (в больнице Сальпетриер, с рабочей производительностью в 30 *м*)—100 *кг*. Расход угля на 1 *м* сухого белья соответственно в Москве 0,7—0,87 *м*, в Париже 0,25 *м*. Себестоимость стирки за 1 *м* в Москве 185 р., в Берлине 120 р., в Вене 100 руб., в Париже 49 руб. Стирка ресторанного и гостиничного белья и вообще гладкого белья обходится в 3 раза дешевле, чем обычного домашнего (по французским данным), так как для такого белья сушка совершенно отсутствует, а для стирки и центрифугирования пользуются комбинированными машинами. Примерное соотношение стоимости стирки белья гладкого и белья со складками составляет 70 : 30.

Для П. специального назначения возможно заранее определить как количество белья, так и его распределение по статьям—гладкое, постельное, столовое, платки, полотенца и др., со складками (белье нижнее и верхнее), загрязненное, цветное, бумажное, полотняное, шерстяное; в зависимости от количества того и другого сорта приходится намечать как размеры, так и количество тех и других машин. Процентное соотношение разных сортов белья в берлинских П. при больницах приблизительно следующее: постельное белье 50%; нательное 10%, из них 4% с кровью и гноем; полотенца, скатерти и платки 10%; всякая одежда 18%, чулки 1,75% и разные 10,25%. Промышленные П., для к-рых трудно заранее определить %-ное соотношение белья гладкого и со складками, принимают $^2/_3$ гладкого и $^1/_3$ со складками. Нормы накопления белья в различных учреждениях на 1 чел. в неделю в *кг* и нормы времени, необходимого для пропуска через стиральные машины, приводятся в табл. 4 (по разным герм. данным).

Табл. 4.—Нормы накопления белья на 1 чел. в неделю и нормы времени для пропуска через стиральные машины.

Происхождение белья	Данные Рыбка	Данные Пейзина	Данные Линке	Московские больницы	Продолжит. стирки в час.
Больницы	5—7	6	5—8	5,6	1—1,5
Военные госпитали	3—6	—	2—3	—	—
Больн. для неизлечимых больных	3—4	3—4	2—3	—	2
Частные санатории	7—10	10	—	—	1—1,5
Первоклассные гостиницы	1—6	—	—	—	—
Дома отдыха	3	—	—	—	—
Интернаты при школах	2—3	—	—	—	—
Бани	1	—	—	—	—
Души	0,15	—	—	—	—
Казармы	1,15	—	—	—	—
Белье обслуж. персонала больницы	2,3	—	—	—	—

Вообще же для обычного гражданского населения следует принимать недельное накопление в 2—3 *кг*. Для П. промышленного типа, если известно количество отдельных штук, принимают в основание расчеты веса в *г*, указанные в табл. 5. Надо заметить, что вес белья колеблется в больших пределах в зависимости от материала, из к-рого оно изготовлено.

Табл. 5.—Средний вес 1 шт. белья в *г*.

Род белья	По франц. данным	По нем. данным	По моск. данным
Простыни	1 800	800	425
Скатерти	600	400	850
Сорочки мужские ночные	400	300	200
» женские »	300	300	125
Кальсоны	300	250	275
Передники	300	—	—
Наволочки	200	200—300	200
Полотенца	200	125	200
» кухонные	160	80	120
Салфетки	150	70	—
Чулки дамские (пара)	120	65	30
Носки (пара)	50	65	50
Платки носовые	40	25	25
» » цветные	—	—	15

Показатели веса для других видов белья по московским данным (в *г*):

Тряпки пыльные	200	Лифчики детские	15
Одеяла тканьевые	1 400	Юбки женские	300
Воротники	15	Рубахи детск. верхние	200
Рубашки верхние муж. цветные	300	Платья женск. цветные	300
Рубашки детские нижние	110	Платья детские цветные	175
Кальсоны детские	110	Лифчики	30
Панталоны	100		
Банты	35		

В домовых П., оборудованных одной комбинированной машиной на 400 *кг* в 8 час., стоимость отдельных процессов стирки без катания и глажения, производимых обычно на дому, выражается (в %): зарплата 23%, стирочные материалы 31%, топливо 11,5%, электроэнергия 11,5%, вода 7,75%, смазочные материалы 0,25%, амортизация и проценты на капитал 15%. Рационализация производства в тепловом хозяйстве в больших промышленных предприятиях м. б. достигнута: выравниванием нагрузки котлов во все часы их работы, наилучшим использованием конденсата, мятого пара и теплоты отходящих газов, установкой экономайзеров, подогревающих питательную воду для котлов, и приспособлений для подогрева (воды для стирки) отработанным паром, установкой собственной паросиловой станции с промежуточным отбором пара, с использованием пара для производственных целей, для отопления и вентиляции и с выработкой своей электрич. энергии, причем д. б. сделан сравнительный расчет себестоимости ее с существующим в городе тарифом на электрич. энергию.

Лит.: Аше В., Прачечные и дезинфекционные устройства при них, Л., 1930; Бурче Ф., Прачечные, экономика их сооружений и эксплоатации. Сборник «Коммунальные предприятия», М., 1929; его же, Санитарно-технич. сооружения в городах Зап. Европы, Прачечные, «Коммун. хозяйство», М., 1928, *23—24*; Мелентьев В., Опыт постройки прачечной, Новгород, 1912; Чистяков И., Механическая стирка белья, Москва, 1930; Neumann O., Handb. d. gesamten Dampfwascherei f. Textilstoffe, Halle a/S., 1921; Vogt G., Die Wascherei, Lpz., 1927; Roggenhoffer G., Die Wascherei in ihrem ganzen Umfange, Wittenberg, 1927; Neumann O., Die Dampfwäschereien u. ihre hygienische Bedeutung, «Gesundheits-Ingenieur», Mch., 1913, H. 12; Dunbar W. P., Über das Badebedürfnis u. die gegenwärtigen Möglichkeiten es zu befriedigen, ibid., 1912, H. 19; Rybka K., Beitrag zur Berechnung von Dampfwäschereien, ibid., 1926, H. 39; Liske P., Mechanische Weisswäschereien, «Z.d.VDI», 1927, *39, 40*; Fendler G.u. Frank L., Über Wascherei u. Waschmittel, sowie über Versuche zur Ausarbeitung rationeller, insbesondere d. Wäscheverschleiss vermindernder Wäschverfahren, «Gesundheits-Ingenieur», Mch., 1911, H. 18; Neumann O., Kombinierte Wasch- u. Zentrifugiermaschinen, ibid., 1914, H. 1; Marx A., Die maschinelle Waschküche im Wohnhaus, ibid., 1929, H. 9; Neumann O., Die zukünftige Entwicklung d. Wäschereimaschinen. ibid., 1927.

Ф. Бурче.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, см. *Парафины*.

ПРЕДОХРАНИТЕЛИ электрические, см. *Электрические предохранители*.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ, муфты, служащие для предохранения механич. привода от поломок при возникновении в нем значительных статич. или динамич. перегрузок; П. м. находят применение в грузоподъемных машинах, прессах, камнедробилках и других механизмах. В основном П. м. представляют собой особый тип фрикционных муфт, трущиеся поверхности которых начинают проскальзывать, как только крутящий момент превзойдет допускаемую для данного привода величину. Более надежными в работе являются П. м. типа электромагнитных муфт, в новейших конструкциях которых имеются приспособления, автоматически выключающие муфту, как только величина передаваемой мощности начинает превышать допускаемую.

Лит.: Лукин М. Г., Муфты сцепные и упругие, М., 1913; Бетман Г., Грузоподъемные машины, пер. с нем., М., 1930; Rötscher F., Die Maschinenelemente, B. 2, 1929; Dub B., Der Kranbau, Wittenberg, 1921.

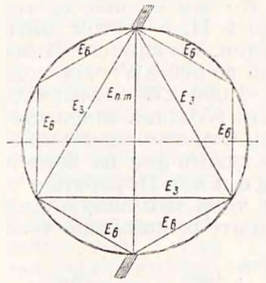
С. Кочергин.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, вращающаяся электрическ. машина, преобразующая электрич. энергию одного рода в электрич. же энергию другого рода. П. делятся на следующие группы: 1) П. для преобразования переменного тока в постоянный и обратно, 2) П. для изменения напряжения постоянного тока. 3) П. для изменения частоты переменного тока. 4) П. для изменения числа фаз переменного тока, 5) П. для одновременного изменения частоты и числа фаз. В П. последних трех групп происходит обычно и изменение напряжения переменного тока. Специально для этой цели П. не изготовляются, эту задачу выполняют *трансформаторы* (см.). Преобразование переменного тока в постоянный и обратно осуществляется П. или двумя спаренными, но электрически не связанными машинами. Во втором случае при преобразовании переменного тока в постоянный одна машина—асинхронный или синхронный двигатель, а вторая—динамо постоянного тока; при преобразовании постоянного тока в переменный, шунтовой или компаундный двигатель вращает *генератор переменного тока* (см.). Система двух отдельных машин называется «двигатель-генератор» и не относится к П. Для преобразования перемен. тока в постоянный без возможности обратного преобразования служат ртутные *выпрямители* (см.), успешно конкурирующие с П. и двигатель-генераторами.

Одноякорный П. (умформер, конвертер). Принцип действия. Одноякорный П. переменного тока в постоянный представляет собой совмещение в одной машине синхронного двигателя и генератора постоянного тока. По конструкции П. является машиной постоянного тока с основным отличием: на якоре, со стороны, противоположной коллектору, добавлены токоподводящие кольца, связанные с его обмоткой. Число колец m равно числу фаз переменного тока (для однофазного тока два кольца). Переменный ток, подведенный к кольцам, создает момент вращения с неподвижными, возбуждаемыми постоянным током, полюсами индуктора совершенно так же, как в

синхронном двигателе, и якорь машины вращается с синхронным числом оборотов $n = \frac{60 \cdot f}{p}$. Вследствие вращения обмотки якоря в магнитном поле в ней индуктируется эдс той же частоты, что и частота подведенного переменного тока. Эта эдс обусловливает напряжение на коллекторе и, так как последний вращается с синхронной скоростью, выпрямляется им аналогично выпрямлению в генераторе постоянного тока. В результате на щетках коллектора получается напряжение, постоянное по величине и направлению. Приключив нагрузку, можно получить от коллектора постоянный ток; последний создает тормозной момент с полем индуктора. Из-за потерь в машине тормозной момент постоянного тока меньше момента вращения, так как мощность постоянного тока меньше подведенной мощности переменного тока.

Соотношение напряжений в П. Во время холостого хода напряжение на кольцах немногим отличается от противоэдс, индуктированной в обмотке якоря. Между напряжением на кольцах и на щетках в П. существует определенное соотношение. Действительно напряжение на щетках постоянного тока равно максимальной сумме отдельных, различных по величине и фазе, напряжений, индуктированных в последовательно соединенных витках, составляющих определенную часть обмотки якоря. Противоэдс является переменной по величине и направлению суммой эдс, индуктированных в тех же витках, но составляющих иную часть обмотки. Соотношение эдс не зависит от числа полюсов, но зависит от числа фаз П. Векторный мн-к напряжений для одной какой-либо пары ветвей обмотки якоря обращается при большом числе проводов в окружность (окружность Осанна). Максимальное значение суммы напряжений одной ветви (напряжение на щетках коллектора) выражается диам. окружности. Амплитудным значением противоэдс является сторона вписанного мн-ка с числом сторон, равным числу фаз. Для любого числа фаз соотношение между стороной и диаметром определяется ф-лой:



Фиг. 1.

$$\frac{\text{эдс перем. тока}}{\text{эдс пост. тока}} = \sin\frac{\pi}{m}$$

или

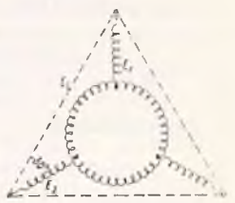
$$\frac{\text{эдс перем. тока}}{\text{эдс пост. тока}} = \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{\sqrt{2}},$$

если брать эффективное, а не амплитудное значение эдс переменного тока. На фиг. 1 приведена диаграмма для трехфазного и шестифазного П. Приведенная ф-ла верна при синусоидальном распределении магнитного потока. В противном случае получается несколько иное соотношение. В табл. 1 даны соотношения между противоэдс переменного тока и эдс постоянного тока при разных числах фаз для разных отношений длины полюсной дуги к полюсному делению.

Табл. 1.—Соотношение между эдс в П.

$\alpha = \frac{\text{полюсн. дуга}}{\text{полюсн. деление}}$	0,75	0,7	Синусоид. поле	0,65	0,6
Однофазный П.	0,69	0,71	0,707	0,73	0,75
Трехфазный »	0,60	0,62	0,612	0,64	0,66
Шестифазный »	0,347	0,354	0,354	0,367	0,377
Двенадцатифазн. П.	0,182	0,185	0,185	0,192	0,197

Пренебрегая падением напряжения в обмотке, можно считать, что данные табл. 1 относятся и к напряжениям на кольцах и щетках коллектора. Наличие связи между величинами напряжений часто вызывает необходимость во включении трансформатора между кольцами и сетью, т. к. при заданном напряжении постоянного тока напряжение на кольцах может отличаться от напряжения сети. При применении П. с отдельными обмотками на якоре для переменного и постоянного тока можно избежать включения трансформатора. В некоторых П. применяют комбинированную обмотку: часть ее обтекается только переменным током, а часть обоими токами. На фиг. 2 приведена схема обмотки подобного трехфазного П. Линейное напряжение переменного тока связано в данном случае с напряжением постоянного тока ф-лой


Фиг. 2.

$$E_l = 0{,}612E + 2E_z \cdot \cos 30°.$$

В виду худшего кпд по сравнению с обычными П. и трудностями в размещении на одном якоре высоковольтной и низковольтной обмоток эти П. строятся редко и только для малых добавочных напряжений — E_z.

Пределы напряжения постоянного тока. Из-за конструктивных причин П. могут изготовляться только для напряжения на коллекторе, не превышающего определенного значения. Последнее тем выше, чем меньше частота переменного тока П. Действительно напряжение постоянного тока и частота связаны ф-лой

$$V = \frac{\vartheta_k \cdot e_k}{2 \cdot f \cdot \beta_k},$$

где ϑ_k—линейная скорость коллектора, e_k—среднее напряжение между двумя соседними пластинами коллектора, β_k—ширина коллекторной пластины (с изоляцией), f—частота переменного тока.

Принимая современные максимально допустимые величины для скорости цилиндрич. коллектора — 30 *м/сек* и для среднего напряжения e_k — 17 V, получают, приняв β_k равным 5 *мм*, следующие данные зависимости наибольшего напряжения на коллекторе от частоты:

Частота (пер/сек.)	15	25	33	40	50	60
Напряжение (V)	3 500	2 000	1 500	1 300	1 000	850

В новейших П. с радиальным коллектором, где допущена скорость порядка 50 *м/сек*, возможно иметь при 50 периодах 1 650 V постоянного тока. Предел напряжения на коллекторе заставляет иногда прибегать к

последовательному соединению П. Такие случаи встречаются в электрич. тяге.

Соотношение между величинами переменного и постоянного тока. При отсутствии потерь в П. мощность переменного тока равна отдаваемой мощности—мощности постоянного тока. Отсюда следует зависимость при синусоидальном поле между линейными токами:

$$I_{пер.\ т.} = I_{пос.\ т.} \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{m} \cdot \frac{1}{\cos \varphi}.$$

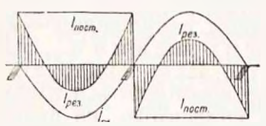
Из ф-лы ясно влияние числа фаз. В действительности однако из-за потерь мощность переменного тока больше отдаваемой. В табл. 2 даны соотношения между токами при $\cos \varphi = 1$—теоретические (без учета потерь) и приблизительные действительные.

Табл. 2.—Соотношения между линейными токами.

Преобразователь	Теорет. соотношение			Действит.*
	a=0,75	синусоид. поле	a=0,65	
Трехфазный	0,97	0,943	0,915	1,0
Шестифазный . . .	0,48	0,472	0,46	0,5
Двенадцатифазный	0,24	0,24	0,23	0,3

* Приближенные значения.

Ток в якоре П. В обмотке якоря протекает результирующий ток — разность между переменным и постоянным. Результирующий ток меняется за один оборот якоря в каждом витке фазы по другому закону. Это следует из того, что витки проходят в разное время под щетками—один коммутируется при амплитудном значении переменного тока, другой—при нулевом и т. д. Результирующий ток в витке зависит и от сдвига фаз переменного тока; действительно амплитудное значение перемен. тока имеет место для $\cos \varphi = 1$ при прохождении среднего витка под срединой полюса, а при $\cos \varphi < 1$ в иных положениях. Общее выр-ие для результирующего тока имеет вид:



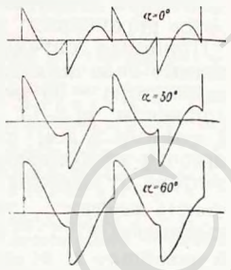
Фиг. 3.

$$i_r = \pm \frac{I_{пост.}}{2} - \sqrt{2}\, I \sin(\omega t - \varphi - a),$$

где a—угол между средним и данным витком фазы. Угол a может меняться в пределах $\pm \frac{\pi}{m}$. На фиг. 3 видна кривая результирующего тока при $\cos \varphi = 1$ для среднего витка. На фиг. 4 приведены кривые тока при том же $\cos \varphi$ для разных витков. На фиг. 5 даны кривые тока при сдвиге фаз на 30°.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

Потери в обмотке якоря. Потери в разных витках якоря, пропорциональные в каждый момент квадрату силы тока, различны. Из кривых тока для различных витков видно, что наименьшие потери д. б. при $\cos \varphi = 1$ в среднем витке обмотки фазы, а наибольшие—в крайних витках, соединенных с кольцами.

Потери в обмотке якоря определяются следующей ф-лой:

$$P_{преобр.} = R_a \cdot I^2 \left(1 + \frac{8}{m^2 \cdot \sin^2 \frac{\pi}{m} \cdot \cos^2 \varphi} - \frac{16}{\pi^2}\right).$$

В виду того что потери в этом же якоре при постоянном токе той же силы равны $R_a \cdot I^2$ следует, что отношение k потерь якоря П. и генератора постоянного тока той же мощности определяется выражением:

$$k = 1 + \frac{8}{m^2 \cdot \sin^2 \frac{\pi}{m} \cdot \cos^2 \varphi} - \frac{16}{\pi^2}.$$

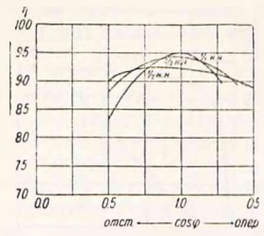
В табл. 3 дано значение для k при $\cos \varphi = 1$ и при реактивном токе i_p, составляющем 30 и 50 % от тока.

Табл. 3.—Значения для k.

Преобразователь	i_p (в %)		
	0	30	50
Трехфазный	0,567	0,680	0,870
Шестифазный	0,267	0,345	0,435
Двенадцатифазный	0,207	0,285	0,420

Из табл. 3 следует, что чем больше i_p, тем больше потери, и что в П. с ростом числа фаз потери уменьшаются. Трехфазные П. изготовляют мощностью до 500 kW; для мощностей порядка 500—1 000 kW пользуются шестифазными П.; для бо́льших мощностей П. делают 12-фазные. Отметим значительно ухудшающее влияние сдвига фаз на потери.

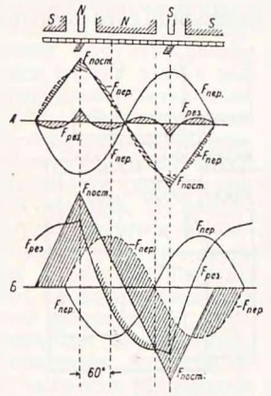
Ток возбуждения. П. работает со стороны переменного тока как синхронный двигатель, поэтому на его режим существенное влияние оказывает величина тока возбуждения. При уменьшении его, эдс, индуктированная в якоре, уменьшается, при увеличении — увеличивается. Изменение эдс вызывает появление отстающего тока в первом случае и опережающего тока—во втором. Реактивный ток создает продольное магнитное поле и в результате сложения его с главным полем последнее остается неизменным. На фиг. 6 приведен характер зависимости величины переменного тока I и $\cos \varphi$ от тока возбуждения i_m при постоянной нагрузке. Следует отметить, что из-за наличия высших гармоник, иногда при наименьшей силе тока $\cos \varphi$ не равен единице. Из графика видно, что чем больше ток возбуждения, тем больше опережающий ток. Указанное позволяет применять перевозбужденный П. для улучшения $\cos \varphi$ питающей сети. Необходимо заметить однако, что использование П. в качестве синхронного конденсатора из-за роста тока сопровождается значительным увеличением в нем потерь. На фиг. 7 приведены значения



Фиг. 7.

кпд при постоянной нагрузке, в зависимости от $\cos \varphi$ (так наз.—нормальная нагрузка). Обычно ток возбуждения берется такой величины, чтобы при 75 % нагрузки протекал переменный ток, наименее сдвинутый по фазе. При питании П. от трансформатора устанавливают такой ток возбуждения, что он компенсирует сдвиг фаз в трансформаторе.

Реакция якоря, коммутация, короткое замыкание, качания. В П. при установившемся режиме существует почти что равенство между мдс постоянного тока и активной составляющей переменного тока. Ось магнитного поля постоянного тока якоря направлена по щеткам; по той же оси, но в противоположном направлении, направлено и поле от активной составляющей переменного тока. Полной компенсации поперечных полей однако не происходит, так как поле постоянного тока имеет треугольное распределение, а поле переменного тока теоретически синусоидально. На фиг. 8, *А* изображено поле постоянного тока, синусоидальное поле переменного тока и результирующее поле по щеткам. Поперечное поле имеет пульсирующий характер, так как поле переменного тока периодически меняет свою форму из трапецевидной в остроконечную. У трехфазного П. поперечное поле пульсирует в пределах 6,7÷19 %, у шестифазного 9÷21 % и у двенадцатифазного 15÷18 % от поля постоянного тока. При наличии реактивной составляющей в переменном токе П. ось магнитного поля якоря от переменного тока сдвигается относительно оси щеток. Магнитное поле в этом случае можно рассматривать как результирующее двух полей — одного, созданного активным током и направленного по оси щеток, и второго, образованного реактивным током, направленного по оси полюсов. Первое компенсируется полем постоянного тока якоря; второе ослабляет основное поле при опережающем токе и увеличивает его при отстающем. Однако в виду того, что сдвиг фаз переменного тока П. зависит от силы тока возбуждения, продольное поле не изменяет величину поля индуктора. Как видим, при установившемся режиме в преобразователе можно пренебречь реакцией якоря.



Фиг. 8.

Коммутация протекает при нормальном режиме вполне благоприятно, т. к. в коммутируемых витках поперечное поле якоря наводит небольшие эдс. Для уничтожения в витках так наз. реактивного напряжения применяют дополнительные полюсы. Однако из-за пульсаций поперечного поля реакции якоря компенсация реактивного напряжения в коммутируемых витках происходит не непрерывно, а лишь в отдельные моменты. Значительно хуже протекает коммутация при внезапных изменениях режима—сбрасывании нагрузки и коротких замыканиях в цепи постоянного тока. В первом случае энергия переменного тока не успевает уменьшиться, ротор приобретает ускорение и поперечное поле переменного тока, большее чем поле постоянного тока, сдвигается вперед; во втором случае происходит обратное явление—добавочная энергия постоянного тока покрывается за счет живой силы ротора, и поле переменного тока, меньшее чем поле постоянного, сдвигается назад—против вращения. Эти явления вызываются тем, что переменный ток не успевает изменяться соответственно изменению режима в цепи постоянного тока. В результате нарушения равновесия между ампер-витками реакции якоря, при одновременном сдвиге ротора, получается значительное поперечное поле, вызывающее искрение под щетками. На фиг. 8, *Б* видно результирующее поле при смещении ротора на 60° и при величине поля постоянного тока, превышающей поле переменного тока в $1^1/_2$ раза. Ротор до достижения правильного смещения совершает ряд качаний, вредно отражающихся на коммутации. Для борьбы с качаниями делается большой зазор и в полюсных наконечниках главных полюсов П. устраиваются успокоители, клетки Леблана, к-рые представляют собой соединенные с торцов медные стержни. Успокоители препятствуют качаниям, так как в них возникают при этом тормозящие токи. П. тем чувствительнее к качаниям, чем больше частота переменного тока. Успокоители выполняют еще две роли—уменьшают пульсации главного магнитного потока, происходящие из-за пульсаций продольного поля реакции якоря от переменного тока, и служат пусковой обмоткой при асинхронном пуске. Для избежания кругового огня на коллекторе при коротком замыкании применяется ряд мер: добавочные полюсы делают с большим магнитным сопротивлением, чем устраняется возможность неправильного направления их поля, между щетками вдоль коллектора устраивают огнеупорные барьеры, разделяют коллектор на два отдельных, причем на каждом помещают щетки только одной полярности, и т. д. При принятии специальных мер в современных П. удается избежать кругового огня на коллекторе и получить хорошую коммутацию при перегрузке на 200 %.

Значительную опасность для П. представляет короткое замыкание в сети переменного тока. При наличии в сети постоянного тока других источников электрич. энергии в якорь П. устремляется постоянный ток и П. работает как П. постоянного тока в переменный. Переменный ток короткого замыкания реактивный и размагничивает главные полюсы, отчего П. может разнести. Для

избежания этого необходим автомат обратного тока и специальный ограничитель скорости. Последний представляет собой центробежный автомат, замыкающий при превышении скорости на 10% цепь автоматического выключателя.

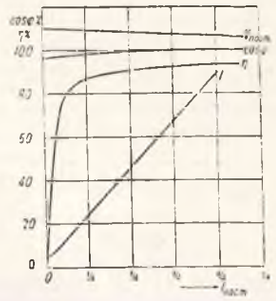
Падение напряжения, пульсации, cos φ и кпд при нагрузке. В П. падение напряжения при переходе от холостого хода к полной нагрузке очень мало—не превышает 4%. Это происходит по следующим причинам: 1) из-за взаимной компенсации токов в обмотке активное падение мало; 2) магнитный поток в машине почти постоянен; 3) реактивное падение напряжения в П. мало в виду его конструктивных особенностей и малой величины тока в якоре. Указанные обстоятельства позволяют пренебречь реактивным падением напряжения и считать, что напряжение постоянного тока в шунтовом П. уменьшается при нагрузке и cos φ=1 только на величину падения в обмотке в переходном контакте щеток:

$$V = V_0 - (I \cdot r \cdot k + IR + \Delta V),$$

где r—омич. сопротивление якоря, R—сопротивление дополнительных полюсов, k= = 0,618 для трехфазного, 0,267—для шестифазного и 0,127—для двенадцатифазного П., ΔV—падение напряжения в контакте щеток, равное при угольных щетках 2 V. Падение напряжения в обмотке якоря в % от полного напряжения составляет обычно для П. мощностью до 300 kW 0,6—1%, для П. мощностью 300÷1 000 kW 0,3—0,5% и для П. мощностью 1000÷5 000 kW 0,1—0,4%. Активные потери напряжения в якоре не являются постоянной величиной, они меняются в течение одного оборота якоря и вызывают легкую пульсацию напряжения постоянного тока. Пульсации происходят потому, что путь тока в обмотке меняет свое значение в течение одного оборота от наименьшей величины до наибольшей. Наименьшее падение напряжения в многофазном П. в те моменты, когда под серединой какого-нибудь полюса находится виток, соединенный с одним из колец. Для трехфазного и шестифазного П. число пульсаций в шесть раз больше числа периодов сети. Практически однако колебания очень малы. Действительно величина колебания падения напряжения постоянного тока выражается в V следующей ф-лой:

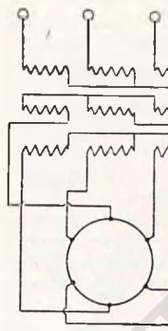
$$\frac{\pi}{2} \cdot I \cdot R \cdot \sqrt{u_i - \frac{8}{\pi^2}},$$

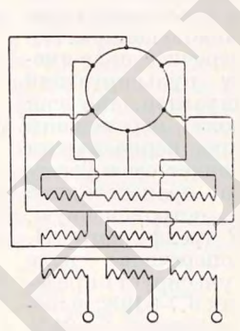
где I—сила постоянного тока, R—омич. сопротивление обмотки якоря, u_i—соотношение между удвоенной величиной активного фазового переменного тока и постоянного тока. Для трехфазного П. величина колебания составляет 97%, для шестифазного—42% и для двенадцатифазного—20% от падения напряжения при работе П. генератором с той же нагрузкой. Пульсации напряжения постоянного тока происходят также и вследствие относительного вращения высших гармоник магнитных полей обмотки якоря; для их заглушения служат успокоительн. обмотки. Следует отметить еще вредное влияние пазов якоря. Для избежания появления от них пульсаций в напряжении постоянного тока располагают иногда пазы не вдоль оси якоря, а под углом—т. н. косые пазы. В П. с надлежаще установленной силой тока возбуждения cos φ мало меняется и в пределах 50÷100% нагрузки близок к единице. На фиг. 9 приведены рабочие характеристики П. Кпд П. весьма высок и колеблется в пределах 93÷97%. В П. со специальными устройствами для регулирования напряжения кпд приблизительно на 0,5% ниже.



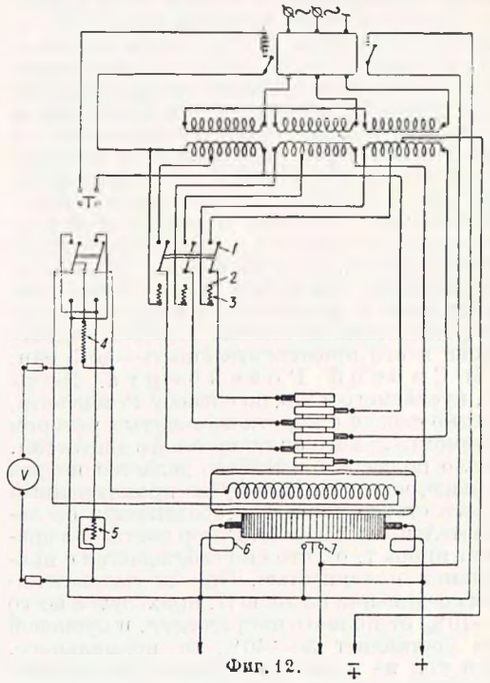
Фиг. 9.

Соединения П. с сетью. П. обычно приключается к сети через трансформатор, для того чтобы иметь напряжение на кольцах соответствующим величине напряжения постоянного тока. Для питания трехфазных П. применяют обычные трансформаторы с соединением обмоток по схемам «звезда—звезда», «треугольник—звезда» и др.; при работе на трехпроводную сеть постоянного тока уравнительный провод присоединяется к нулевой точке трансформатора; последний имеет обычно вторичную обмотку, соединенную «в зигзаг». Этой схемой избегается магнитная неуравновешенность при несимметричной нагрузке. При включении трехфазного П. в двухфазную сеть пользуются однофазными трансформаторами, соединенными по схемам Скотта и др. Шестифазные П. питаются от трехфазной сети помощью трехфазных трансформаторов, у к-рых вторичная обмотка на каждом стержне разбита на две части. Вторичные обмотки соединяют в двойную звезду или в двойной треугольник. На фиг. 10 приведена схема питания П. от трансформатора с соединением «звезда—двойная звезда», на фиг. 11—«звезда—двойной треугольник». При питании шестифазного П. от двухфазной сети пользуются обычно двойной схемой Скотта. Соединение П. с сетью постоянного тока подобно включению генератора постоянного тока. Для получения высокого напряжения два П. соединяются последовательно. Питание их производится при этом от общего трансформатора с двумя вторичными обмотками. В редких случаях при электропередачах пользуются последовательным соединением нескольких П. Для защиты П. от коротких замыканий в сети постоянного тока устанавливают быстродействующие автоматич. выключатели; для защиты от разноса П. при коротких замыканиях в сети переменного тока и при прекращении питания компаундного П. употребляются автоматы для выключения обратного тока и ограничители скорости.


Фиг. 10.


Фиг. 11.

Пуск в ход П. Существуют два метода пуска в ход П.: со стороны переменного тока и со стороны постоянного тока. При пуске со стороны переменного тока пользуются несколькими способами. 1) Асинхронный пуск. П., пускаемые в ход этим способом, имеют в главных полюсах пусковую обмотку—беличью клетку, представляющую собой продольные медные стержни, соединенные между собой с торцов машины. При пуске якорь П. включается на пониженное напряжение и от взаимодействия вращающегося поля с пусковой обмоткой начинает вращаться, работая как индукционный двигатель, питаемый с ротора. Пусковая обмотка играет при этом роль вторичной короткозамкнутой обмотки индукционного двигателя. Под дополнительными полюсами пусковую обмотку не располагают, т. к. наличие ее дурно отзывалось бы на коммутации: она задерживала бы при перемене нагрузки изменение поля. Отсутствие пусковой обмотки под дополнительными полюсами компенсируется тем, что они при пуске шунтируются и служат т. о. пусковой обмоткой. Шунтирование дополнительных полюсов необходимо, т. к. иначе пусковая обмотка создаст пульсирующее, а не вращающееся поле и П. сможет устойчиво работать при скорости, близкой к половине синхронной. Для избежания индуктирования при пуске вращающимся полем якоря высокого напряжения в шунтовой обмотке возбуждения ее шунтируют. Обмотку нужно замыкать не накоротко, а на сопротивление, чтобы не получить пульсирующий характер поля и не создать возможности работы при половинной скорости. В нек-рых П. обмотка возбуждения при пуске делится на части. Компаундная обмотка при пуске шунтируется. П. пускается в ход вхолостую, поэтому незначительная величина момента вращения, образованного полем якоря с пусковой обмоткой, оказывается достаточной, чтобы довести П. до скорости, близкой к синхронной. При этой скорости П. входит в синхронизм. Это происходит потому, что магнитное поле якоря стремится итти по пути с наименьшим сопротивлением, т. е. вдоль, через полюсы индуктора. Асинхронный пуск производится обычно при напряжении, составляющем 25—30% номинального. Для мощных П. применяют две ступени пониженного напряжения—первую 25—35%, вторую—60—70% номинального. Переключение якоря на вторую ступень напряжения производится при скорости, близкой к $^1/_3$ синхронной. В случае впадения П. в синхронизм с правильной полярностью устанавливают нормальную величину сопротивления шунтового реостата, приключают цепь возбуждения к щеткам и переключают П. на полное напряжение. Полярность щеток при вхождении в синхронизм м. б. и различной, т. к. она зависит от того, какой полярности полюсы вращающегося поля останавливаются под неподвижными полюсами индуктора. Получить правильную полярность щеток можно несколькими путями: а) обмотку возбуждения приключают до достижения синхронизма в тот момент, когда двухсторонний вольтметр, приключенный к щеткам, показывает наибольшее правильное отклонение; б) П. по достижении синхронизма отключается от сети и немедленно снова включается (при этом есть вероятность, что он затормозится как-раз на полюсный шаг и установится правильная полярность); в) в П. с не слишком сильным полем применяют переключение обмотки возбуждения при питании П. пониженным напряжением; П. выходит из синхронизма и обмотку включают еще раз—в момент наибольшего правильного показания вольтметра. Существенным недостатком асинхронного пуска является искрение на коллекторе, к-рое происходит из-за того, что в короткозамкнутой щеткой секции якоря вращающееся поле индуктирует значительную эдс. Для избежания искрения в нек-рых П. щетки во время пуска



Фиг. 12.

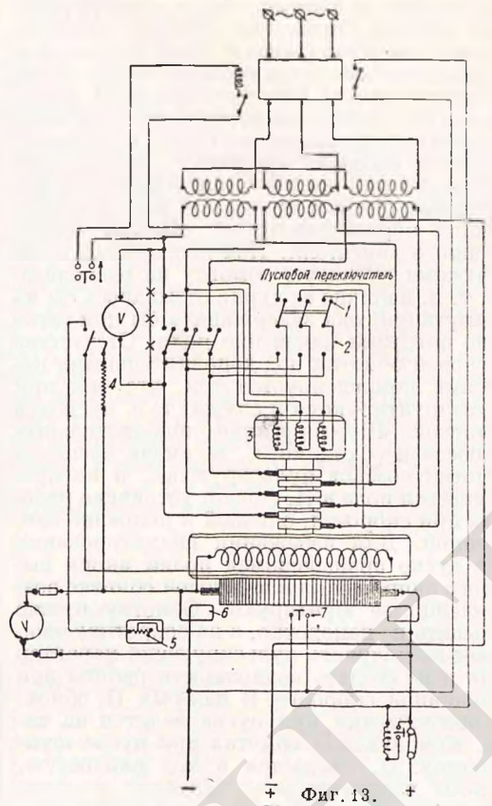
поднимают кверху; для измерения напряжения и полярности на коллекторе оставляют при этом две щетки или устраивают две добавочные. Недостатком подъема щеток при пуске является трудность надлежащей их установки при нормальной работе. В П. без подъема щеток включение на полное напряжение производится через добавочное сопротивление, шунтируемое при нормальной работе. На фиг. 12 дана схема шестифазного преобразователя с асинхронным пуском (*1*—первое пусковое положение, *2*—второе пусковое положение, *3*—буферное сопротивление, *4*—добавочное сопротивление, *5*—реостат возбуждения, *6*—обмотка добавочных полюсов, *7*—ограничитель скорости). При первом пусковом положении переключателя П. приключен к отводам трансформатора, т. е. к пониженному напряжению; при втором положении П. через буферное сопротивление присоединен к полному напряже-

нию. На схеме виден переключатель для обмотки возбуждения. П. небольшой мощности пускается через дроссельную катушку при полном напряжении. Иногда шунтовая обмотка при пуске не шунтируется, и через нее пропускают от постороннего источника небольшой ток возбуждения. Этим достигается впадение в синхронизм при правильной полярности. Продолжительность асинхронного пуска 25÷60 ск. Существуют установки, в которых все включения производятся автоматически.

2) Пуск вспомогательным двигателем. При этом способе якорь П. доводится до синхронной скорости жестко связанным с ним ротором пускового индукционного двигателя. Последний делается с фазовым ротором и имеет на 2 полюса меньше, чем П., т. е. синхронная скорость двигателя выше скорости П. Мощность пускового двигателя обыкновенно не превышает 10% от мощности П. Для пускового двигателя иногда устанавливают особый трансформатор. В начале пуска двигатель вращает П. со сверхсинхронной скоростью, затем, вводя сопротивление в ротор двигателя, понижают скорость преобразователя и синхронизируют его с сетью. П. небольшой мощности иногда пускают в ход без синхронизирования: их приключают через индукционную катушку к сети при скорости, близкой к синхронной; при работе П. катушка шунтируется. Вспомогательный двигатель берется в этом случае короткозамкнутый и может иметь то же число полюсов, что и П. Способ пуска вспомогательным двигателем был особенно распространен до разработки асинхронного пуска. Недостатком способа следует считать также и его продолжительность—до 5 мин.

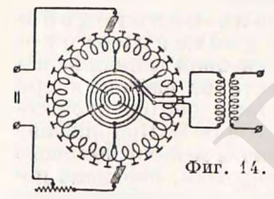
3) Способ Розенберга. Якорь П., пускаемого в ход по способу Розенберга, жестко связан с короткозамкнутым ротором вспомогательного индукционного двигателя. Число полюсов последнего делается на два меньше, чем у П. При пуске приключенный к сети статор двигателя соединяется последовательно с якорем П. Ротор двигателя вращает якорь т. о., что он возбуждается с правильной полярностью. При последовательном соединении на долю П. приходится всего 5—10% от полного напряжения, и пусковой ток составляет 30—40% от нормального. Этот ток не может уничтожить остаточный магнетизм и при надлежащем сопротивлении реостата возбуждения П. быстро возбуждается и автоматически плавно входит в синхронизм с правильной полярностью. После впадения в синхронизм соотношение напряжений между статором и якорем можно изменять, регулируя ток возбуждения. Получив нормальное напряжение на кольцах преобразователя, включают главный рубильник, шунтирующий обмотки статора пускового двигателя. При включении П. на сеть происходит «бросок» тока, т. к. из-за последовательного соединения якоря со статором нельзя иметь напряжение П., равным напряжению сети по величине и фазе. При неравенстве напряжений, но совпадении их по фазе, происходит «бросок» реактивного тока; при равенстве напряжений, по сдвиге их по фазе—«бросок» активного тока. Включение лучше всего производить при первом случае, т. к. реактивный ток создает магнитный поток по оси полюсов, а не щеткам и следовательно не вызывает искрения. На фиг. 13 приведена схема для пуска шестифазного преобразователя по способу Розенберга (*3*—пусковой двигатель, остальные цифры соответствуют фиг. 12).

Пуск со стороны постоянного тока. Этим методом пользуются для преобразования постоянного тока в переменный, при преобразовании же переменного тока в постоянный ток—в том случае, когда 1) несколько П. работает на общую сеть,

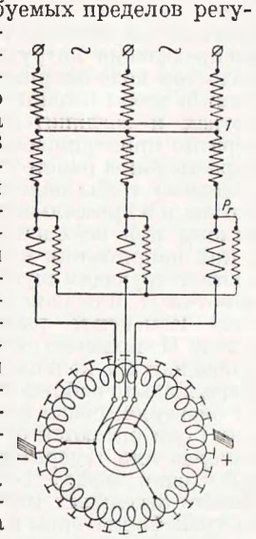


2) на станции имеется аккумуляторная батарея, 3) если установлен специальный пусковой двигатель-генератор. Мощность последнего обычно ок. 10% мощности П. К установке пускового агрегата прибегают лишь при работе на станции нескольких П. При пуске П. отсоединяется от сети переменного тока и пускается в ход при питании от батареи или сети как шунтовой мотор. Компаундная обмотка П. при этом шунтируется, т. к. в противном случае по ней проходил бы ток, направленный противоположно нормальному. Синхронизация с сетью производится регулированием числа оборотов П. путем изменения силы тока возбуждения. Для избежания толчков тока от случайных колебаний напряжения иногда П. включают в сеть при неполностью выведенном сопротивлении пускового реостата. Рекомендуется также на одно мгновение раньше включения П. на сеть отсоединить его от сети постоянного тока. Обычно П. при пуске отсоединен от сети переменного тока со стороны высокого напряжения трансформатора. Кольца П. остаются при пуске соединенными с низковольт-

ной обмоткой трансформатора; этим избегается громоздкая аппаратура. Однако соединение П. с трансформатором обладает существенным недостатком—обмотки трансформатора в зависимости от начального положения коллектора полностью или частично шунтируют щетки и П., беря большой пусковой ток, развивает малый момент, зависящий притом от положения коллектора при пуске. На фиг. 14—пусковое положение коллектора шестифазного П., при котором трансформатор полностью шунтирует якорь. В двухполюсном П. пусковой момент изменяется в зависимости от начального положения коллектора в пределах 16,7÷58,3% от величины момента при отсоединенном трансформаторе. Есть еще одно вредное влияние трансформатора: намагничивающий ток, посылаемый П. в трансформатор, размагничивает полюсы П., что вызывает добавочное увеличение пускового тока. Пусковой ток для трехфазного П. м. б. при включенном трансформаторе в 2,4 раза больше, а для шестифазного—в 3,5 раза больше, чем при отключенном трансформаторе. Пусковой ток при отсоединенном трансформаторе ≅15% нормальной силы тока П. При пуске помощью специального двигателя-генератора пользуются схемой Леонарда: П. приключают к сети невозбужденного пускового генератора и пуск осуществляют увеличением тока возбуждения генератора; этим способом устраняется необходимость в пусковом реостате для П.

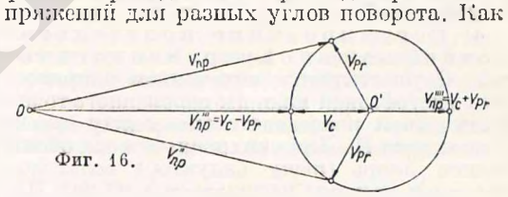

Фиг. 14.

Регулирование напряжения. Для регулирования напряжения применяют в зависимости от требуемых пределов регулирования и мощности П. различные методы. 1) Регулирование помощью трансформатора и генератора. В П. малой мощности изменение напряжения на кольцах осуществляется тем, что трансформатор, питающий П., делается с несколькими ступенями напряжения и для регулирования П. переключается на ту или иную ступень. Регулирование осуществляется иногда путем включения вольтодобавочного трансформатора. При питании П. от специального генератора регулирование можно производить путем изменения тока возбуждения генератора или П. В последнем случае реактивный ток П. уменьшает или увеличивает напряжение генератора.



Фиг. 15.

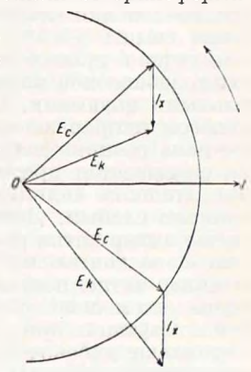
2) Регулирование помощью потенциал-регулятора. Одна часть потенциал-регулятора приключается к сети, а другая—соединяется последовательно с П. (фиг. 15, где *T*—главный трансформатор, P_r—потенциал-регулятор). Напряжение на кольцах П. равно геометрич. сумме напряжений: сети V_c. и индуктированного в потенциал-регуляторе V_{Pr}. В зависимости от поворота ротора оно принимает значение в пределах от $(V_c - V_{Pr})$ до $(V_c + V_{Pr})$. На фиг. 16 приведена векторная диаграмма напряжений для разных углов поворота. Как



Фиг. 16.

видно из векторной диаграммы, для всех углов поворота кроме двух напряжение сети и напряжение на кольцах не совпадают по фазе. Для получения cos φ равным единице нужно отрегулировать ток возбуждения. Легко осуществляются наивыгоднейшие условия при включении двойных потенциал-регуляторов. Поворот ротора производится при малых мощностях от руки, а при больших—помощью серво-моторов. Включение потенциал-регулятора позволяет осуществлять плавное регулирование напряжения постоянного тока на ±30%. Регулирование потенциал-регулятором широко распространено в США.

3) Регулирование изменением тока возбуждения. Этот способ регулирования возможен при включении последовательно с кольцами П. дроссельной катушки или при питании от трансформатора с большим рассеянием. При перевозбуждении П. по его цепи протекает ток, опережающий напряжение сети; при недовозбуждении П.—отстающий ток. Ток, протекающий через дроссельную катушку, индуктирует в ней эдс. Геометрич. сумма этой эдс и напряжения сети составляет напряжение на кольцах П. Как видно из векторной диаграммы (фиг. 17), при опережающем токе напряжение на кольцах $E_к$ больше напряжения сети $E_в$.; при отстающем токе—меньше. Соответственно напряжению на кольцах при изменении тока возбуждения меняется и напряжение постоянного тока. Величина изменения напряжения на кольцах определяется падением напряжения в дроссельной катушке. Одинаковое изменение м. б. достигнуто при большом реактивном токе и малой самоиндукции катушки, и наоборот. Большие значения реактивного тока не выгодны из-за роста омич. потерь в П.; с другой стороны, значительная самоиндукция дроссельной катушки ухудшает параллельную работу и перегрузку П. Обычно подбирают такую величину самоиндукции, что при регулировании на ± 10% падение напряжения в катуш-



Фиг. 17.

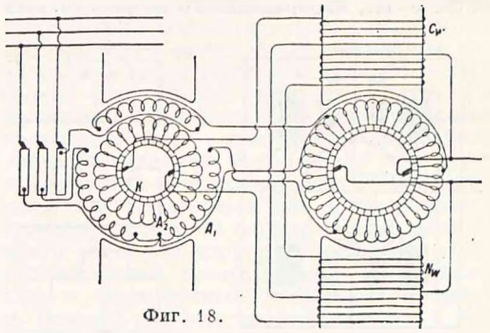
ке не превышает 20—30% напряжения в сети. Дроссельные катушки применяются для регулирования в пределах $\pm 10 \div 15\%$. Включение самоиндукции дает возможность автоматически изменять напряжение П.—поддерживать его постоянным или увеличивать при изменении нагрузки. П. делается для этого с компаундным возбуждением. Надо заметить однако, что это связано с отличием $\cos\varphi$ от единицы при всех нагрузках кроме номинальной.

4) Регулирование вольтодобавочной машиной переменного тока. Осуществляется изменением напряжения многофазной машины переменного тока, включенной последовательно между сетью и кольцами П. Для синхронного хода обеих машин якорь (реже индуктор) вольтодобавочной машины насаживается на вал П.; при соответствующем взаимном расположении в якорях индуктируются эдс, совпадающие по фазе. При изменении величины и направления тока возбуждения в индукторе вольтодобавочной машины напряжение на кольцах П. принимает значения от $(V_c - V_{в.м.})$ до $(V_c + V_{в.м.})$. Соответственно с этим изменяется и напряжение постоянного тока. Вольтодобавочная машина работает генератором при повышении напряжения на кольцах П. и синхронным двигателем—при понижении. В первом случае механич. энергия передается валу вольтодобавочной машины валом П.; во втором случае происходит обратное явление. Механическое соединение вольтодобавочной машины с П. вызывает нарушение равновесия между ампер-витками реакции якоря от переменного и постоянного токов и следовательно дурно отзывается на коммутации. Вредное влияние механич. соединения сказывается при регулировании свыше $\pm 7{,}5\%$. Сильное ухудшение коммутации происходит при соединении с вольтодобавочной машиной в П. с дополнительными полюсами. Поле дополнительных полюсов, направленное так же как поперечное поле реакции якоря от переменного тока, оказывается при повышении напряжения слишком сильным; при понижении—слишком слабым. Действительно в первом случае ампер-витки реакции от переменного тока из-за двигательной нагрузки П. больше ампер-витков постоянного тока; во втором случае они меньше их. Для получения хорошей коммутации при регулировании до 45% устраивают добавочные обмотки на дополнительных полюсах П. Добавочные обмотки включаются последовательно с индуктором вольтодобавочной машины и уменьшают поле дополнительных полюсов при увеличении напряжения и увеличивают его при уменьшении. Разное действие обмотки при увеличении и уменьшении напряжения происходит от того, что ток в цепи индуктора вольтодобавочной машины имеет при этом противоположные направления. Вольтодобавочную машину применяют и для автоматич. регулирования напряжения постоянного тока—для увеличения его с ростом нагрузки или для поддержания постоянства напряжения на зажимах. В этом случае вольтодобавочная машина имеет шунтовое и компаундное возбуждение. Для уменьшения ее размеров она конструируется на половинное добавочное напряжение. При средней нагрузке поле шунтовой и сериесной обмоток равны и направлены обратно друг другу и следовательно взаимно уничтожаются; при холостом ходе поле шунтовой обмотки вызывает эдс, уменьшающую напряжение П.; при полной нагрузке сериесная обмотка вольтодобавочной машины сильнее шунтовой и напряжение машины прибавляется к напряжению П. Вольтодобавочную машину чаще всего применяют с шунтовым П. в осветительных сетях.

5) Регулирование вольтодобавочной машиной постоянного тока. Производится изменением величины напряжения и полярности на щетках якоря вольтодобавочной машины, соединенной последовательно с коллектором П. Напряжение вольтодобавочной машины меняют помощью реостата в цепи возбуждения; перемена полярности достигается переключением обмотки. Чтобы не ухудшать условия коммутации П., обычно его не механически связывают с вольтодобавочной машиной, а вращают последнюю добавочным двигателем. Этот способ регулирования имеет существенный недостаток по сравнению с применением вольтодобавочной машины переменного тока: коллектор вольтодобавочн. машины должен быть рассчитан на полный ток П. и получается дорогим и громоздким. Вольтодобавочная машина постоянного тока находит себе применение в установках для зарядки аккумуляторных батарей, где требуется увеличение напряжения на 40% сверх нормального. Иногда регулирование производится тем, что П. соединяется со стороны коллектора последовательно с добавочным П. Кольца последнего приключаются через понизительный трансформатор с кольцами главного П.

Параллельная работа П. на общую сеть постоянного тока подобна параллельной работе генераторов: распределение нагрузок зависит от величины эдс и падений напряжения в П. Для правильного распределения нагрузок нужно, чтобы при холостом ходе напряжения П. были бы равными и чтобы падения напряжения в их обмотках и соединительных проводах были обратно пропорциональны мощностям. При параллельной работе П. одной мощности необходимо чтобы падения напряжения в обмотках и в дроссельных катушках были одинаковы при всех нагрузках. Равенство падений напряжения в катушках достигается соответствующим шунтированием сериесной обмотки П. или изменением тока возбуждения. Изменение распределения нагрузки между П. производится регулированием напряжения на кольцах или сдвигом щеток. Параллельно работающие П. не имеют обычно электрич. связи со стороны переменного тока: они питаются от отдельных трансформаторов или генераторов, причем их нулевые точки между собой не соединяются. Вместо отдельных машин иногда пользуются трансформатором или генератором с двумя или несколькими независимыми обмотками. Электрич. связь между П. избегается потому, что малейшее несоответствие сопротивлений обмоток, контактов или положений щеток вызывает сильный уравнительный ток, перегрузку щеток одной полярности и влечет за собой искрение. Необходимость иметь при параллельной работе отдельные трансформаторы делает удобным регулирование напряжения путем изменения тока возбуждения; в этом случае применяются трансформаторы с большим рассеянием. Отметим, что есть способ, позволяющий питать два П. от одного источника энергии. Способ заключается во включении между П. и генератором (или трансформатором) особого уравнительного трансформатора. При параллельной работе компаундных П. между зажимами якорей, от которых отходят сериесные обмотки, включают, так же как и при работе компаундных генераторов, уравнительный провод. При включении компаундного П. на параллельную работу иногда сериесная обмотка замыкается накоротко. Во время работы П. и генераторов на общую сеть первые находятся в значительно худших условиях, чем генераторы. Действительно в виду незначительного падения напряжения в П. все толчки нагрузки сети и короткие замыкания испытываются гл. обр. П. Толчки нагрузки могут вызвать качания П. Для предохранения П. от перегрузки включают в цепь переменного тока дроссельные катушки, создающие падение напряжения, или пользуются П. с дифференциальной сериесной обмоткой на полюсах.

Преобразователи постоянного тока в переменный распространены значительно меньше, чем преобразователи переменного тока в постоянный; они применяются в электрической тяге на установках с рекуперацией энергии и на электростанциях с буферной аккумуляторной батареей. П. постоянного тока в переменный представляет собой совмещение шунтового двигателя с синхронным генератором. Очевидно соотношения между напряжениями и токами, имеющие место в П. переменного тока в постоянный, справедливы и для обращенного П. Особенностью обращенного П. является то, что величина полезного магнитного потока меняется в нем с нагрузкой и м. б. регулируема путем изменения тока возбуждения. В обращенном П. сила и сдвиг фаз переменного тока не зависят от тока возбуждения; поэтому продольная составляющая поля реакции якоря может изменять поток. При индуктивной нагрузке П. продольное поле размагничивает полюсы, при емкостной—намагничивает. Поперечное поле, также как в П. переменного тока в постоянный, очень мало и почти не влияет на поток. В виду влияния нагрузки на величину потока число оборотов П. зависит от режима в сети. Действительно со стороны постоянного тока П. работает как шунтовой двигатель и следовательно скорость его обратно пропорциональна величине магнитного потока. При индуктивной нагрузке число оборотов П. увеличивается. Разнос П. может быть при протекании через якорь реактивного тока большой силы или коротком замыкании в сети переменного тока. Из-за опасной роли индуктивной нагрузки П. не следует применять в сетях с большим числом двигателей и трансформаторов. Для предохранения от разноса пользуются ограничителем скорости. Зависимость скорости П. от его нагрузки представляет собой крупный недостаток, т. к. частота сети переменного тока получается непостоянной. Для получения неизменной скорости П. прибегают к специальной мере—возбуждают его от шунтового генератора, насаженного на вал или вращаемого индукционным мотором, приключенным к кольцам П. Возбудитель конструируется ненасыщенным, и изменения числа оборотов вызывают резкое увеличение тока возбуждения, а следовательно и потока в П. Этим способом достигается постоянство частоты в пределах до 1%. Иногда пользуются иным способом—П. делается с двумя обмотками возбуждения (фиг. 18), одна из них N_w приключается к щеткам П., а вторая $C_к$—к коллектору возбудителя специальной конструкции. Особенностью возбудителя является то, что напряжение на его коллекторе пропорционально реактивному току П. Это свойство достигается тем, что магнитное поле



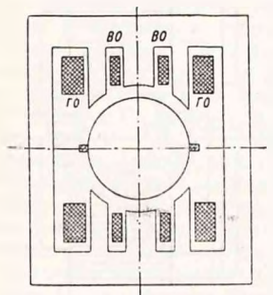
Фиг. 18.

в индукторе возбудителя создается помещенной на его якоре добавочной обмоткой переменного тока A_1, включенной последовательно с кольцами П. Якорь возбудителя вращается с синхронной скоростью, поэтому на щетках коллектора K обмотки A_2 получается постоянный ток. Напряжение последнего зависит от величины магнитного поля, созданного реактивной составляющей переменного тока П. Подобное устройство обладает нек-рыми преимуществами по сравнению с ненасыщенным шунтовым возбудителем. При работе обращенного П. в качестве П. переменного тока в постоянный возбудитель может служить вольтодобавочной машиной переменного тока. Для этого нужно отсоединить коллектор возбудителя и питать обмотки его индуктора постоянным током. Пуск в ход обращенного преобразователя производится со стороны постоянного тока; при этом П. пускается как обыкновенный двигатель или же при наличии специального двигатель-генератора по методу Леонарда. При включении к сети переменного тока для параллельной работы с синхронными машинами производится синхронизация; возможен впрочем и асинхронный пуск. Напряжение переменного тока при нагрузке уменьшается вследствие потерь в обмотках и уменьшения полезного потока (при индукционной нагрузке). Регулирование напряжения осуществляется обычно вольтодобавочной машиной или потенциал-регулятором.

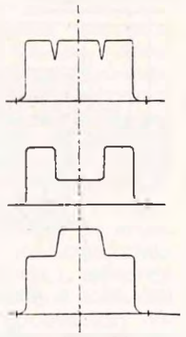
Конструкция П. Конструктивно П. немногим отличается от генератора постоянного тока. Существенными особенностями являются: токоподводящие кольца на якоре и успокоительные обмотки под полюсами индуктора. В нек-рых П. имеется особое приспособление для сообщения валу продольных колебаний, так как при них

улучшается использование поверхности коллектора. Колебания достигаются тем, что торец конца вала П. касается в подшипнике шарика, подпертого снаружи косой пластинкой. При вращении вал увлекает шарик вдоль канавки в его торце и продольно перемещается. К особенностям конструкции следует отнести механизм для подъема щеток в нек-рых П. и устройство для секционирования обмотки возбуждения.

Преобразователи с расщепленными полюсами преимущественно конструируются для возможности регулирования напряжения постоянного тока в широких пределах до ± 20%. Главные полюсы этих П. отличаются от обычных полюсов одноякорного П. тем, что они разбиты на три или две части. У П., изображенного на фиг. 19, весь

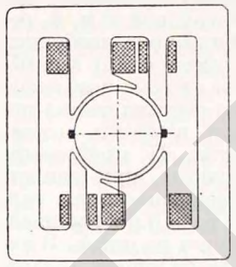


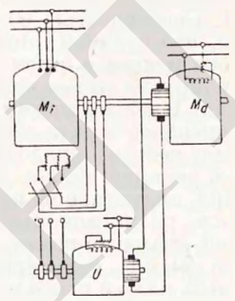
Фиг. 19.


Фиг. 20.

полюс окружен основной обмоткой возбуждения *ГО*; средняя часть его снабжена кроме того вспомогательной обмоткой *ВО*. Регулирование напряжения П. производится изменением величины и направления тока во вспомогательной обмотке; оно основано на том, что величина напряжения постоянного тока зависит исключительно от величины магнитного потока, а напряжение переменного тока зависит кроме того и от характера его распределения. При одновременном изменении величины и распределения потока можно менять напряжение на щетках коллектора, оставляя постоянным напряжение на кольцах. Наибольшие изменения величины магнитного потока вносят высшие гармоники малого порядка; напр. напряжение постоянного тока при добавлении к основной синусоидальной кривой поля слагающей третьей гармоники с амплитудой в 30% от основной теоретически меняется на ± 10%. На фиг. 20 приведены кривые магнитного потока при отсутствии тока во вспомогательной обмотке и при разных его направлениях в ней. Напряжение постоянного тока при согласном действии обмоток получается наибольшим. При конструировании полюсов стремятся получить третью гармонику в кривой поля, т. к. индуктированные ею в якоре токи не протекают в сети, если соединить обмотки трансформатора звездой. Индуктированные при вращении в несинусоидальном поле токи высших гармоник оказывают на поле демпферное действие; поэтому для регулирования напряжения необходимо сильно искажать основной поток. Несколько иная конструкция П. изображена на фиг. 21. Регулирование напряжения П. производится также путем изменения силы и направления тока во вспомогательной обмотке. Однако в этом П. напряжение постоянного тока меняется при регулировании возбуждения не только вследствие изменения величины потока, но и из-за происходящего при этом сдвига оси поля относительно щеток коллектора. Коммутация в П. данной системы протекает лучше, чем в П. с полюсами, расщепленными на три части.

Каскадное соединение П. с индукционным двигателем. Одноякорный П. применяется в каскадных схемах для регулирования скорости индукционного двигателя. В этих схемах кольца якоря П. соединены с кольцами ротора двигателя, и П. питается таким образом переменным током из обмотки ротора. Ток, полученный из коллектора П. U, поступает в двигатель постоянного тока M_d, жестко связанный с валом индукционного двигателя M_i (фиг. 22), или вращающий асинхронный генератор, приключенный к основной сети переменного тока. В последнем случае энергия, извлеченная из ротора, возвращается за вычетом потерь назад в сеть. Регулирование скорости индукционного двигателя производится изменением тока возбуждения. Увеличение его силы влечет за собой увеличение напряжения на кольцах П. и следовательно индукционного двигателя. Следствием увеличения напряжения на кольцах является уменьшение скорости двигателя и рост частоты переменного тока ротора (см. *Индукционные машины*), отчего число оборотов П. увеличивается. При уменьшении тока возбуждения происходят обратные явления. В нормальном режиме каскада сумма чисел оборотов двигателя и П. равна постоянному числу; при равенстве чисел полюсов она равна числу оборотов поля статора двигателя. Работа П. в каскадных схе-


Фиг. 21.



Фиг. 22.

мах отлична от обычной лишь тем, что он приключен к первичной сети—кольцам ротора,—имеющей в разное время различную частоту и напряжение. Однако в любой момент существуют те же самые соотношения между напряжениями на коллекторе и кольцах, что и при нормальной работе. Отметим, что, как показали опыты автора, для каскадного соединения П. с индукционным двигателем возможен асинхронный режим, при к-ром работа машин резко отличается от нормальной: сумма чисел оборотов не равна постоянному числу, скорость П. не соответствует частоте токов, индуктированных статором двигателя в роторе, и т. д.

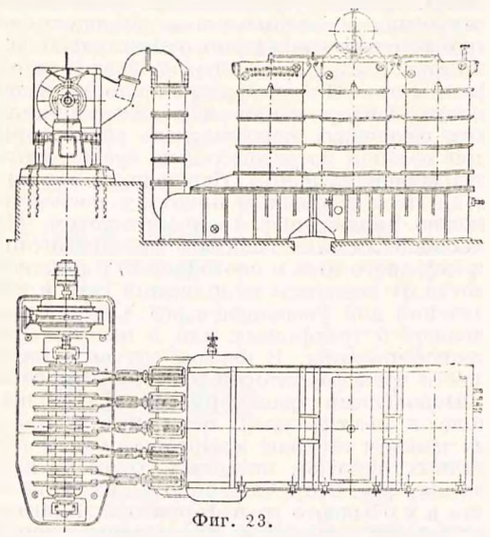
Специальные типы П. 1) П. без возбуждения постоянным током. К этой группе П. относятся: а) П. с вращающимся якорем, б) П. с неподвижной якорной обмоткой и вращающимися щетками и в) трансвертер.

а) П. с вращающимся якорем. Одноякорный П. обычной конструкции может работать при отключенной обмотке возбуждения. В этом случае роль тока возбуждения играет реактивная составляющая переменного тока якоря. Реактивный ток создает магнитный поток, стремящийся протекать через полюсы, отчего вал П. впадает в синхронизм. Действительно только в этом случае поле якоря неподвижно в пространстве. При синхронном вращении в магнитном поле реактивного тока на щетках коллектора получается постоянное напряжение. В виду дурной коммутации и потребления большого реактивного тока этот способ получения постоянного напряжения не применяется. Большое практическое применение нашел П. с вращающимся якорем, имеющий индуктор без выступающих полюсов. Этот П. приводится во вращение посторонним синхронным двигателем, так как магнитное поле якоря не стремится остановиться в пространстве в определенном положении и нет следовательно момента вращения. Мощность вспомогательного двигателя д. б. достаточной лишь для преодоления моментов трения и магнитных потерь. В П. без обмотки возбуждения есть возможность широко регулировать напряжение постоянного тока. Регулирование производится поворотом статора вспомогательного синхронного двигателя; при этом меняется взаимное положение оси поля и щеток. Поворотом статора достигается регулирование в пределах ±100%. Для получения синусоидального распределения магнитного поля постоянного тока в П. устроена специальная компенсационная обмотка. П., основанный на таком же принципе, но иной конструкции, применен на австрийских электровозах. В них установлен П. числа фаз, преобразующий однофазный ток в многофазный, и П. переменного тока в постоянный. Последний приводится во вращение П. числа фаз и им же питается. Регулирование напряжения нужно для тяговых двигателей.

б) П. с вращающимися щетками. В виду значительных трудностей получения хорошей коммутации в П. с вращающимися щетками они редко изготовляются. Принцип действия таких П. состоит в том, что в неподвижной обмотке якоря, соединенной с коллектором, вращающееся магнитное поле индуктирует переменную эдс; последняя выпрямляется помощью щеток, синхронно вращающихся вокруг коллектора. Вращающееся магнитное поле создается переменным током, подводимым к специальной многофазной обмотке, или же непосредственно к обмотке, соединенной с коллектором. В первом случае отпадает надобность в трансформаторе, т. к. первичная обмотка может быть приключена к высокому напряжению. Интересное устройство имеет П. с вращающимися щетками, сконструированный для широкой регулировки напряжения постоянного тока. У этого П. якорная обмотка состоит из двух последовательно соединенных половин. В каждой из них индуктируется эдс вращающимся полем, созданным половиной первичной обмотки, находящейся над этой частью якоря. Обе половины первичных обмоток соединены параллельно и могут поворачиваться одна относительно другой. При повороте половины обмотки меняется величина результирующей эдс, индуктированной в якоре, и следовательно напряжение постоянного тока.

в) Трансвертер, электромагнитный механизм, преобразующий трехфазный переменный ток любого напряжения и частоты в постоянный высокого напряжения, и обратно. Трансвертер основан на возможности получения постоянного тока помощью синхронного вращения щеток относительно коллектора, к пластинам к-рого подведен многофазный ток. В трансвертере постоянный ток высокого напряжения снимается с нескольких отдельных неподвижных коллекторов при помощи последовательно соединенных, вращающихся щеток. Переменный ток подводится к первичным обмоткам последовательно включенных трансформаторов. Назначение их заключается в преобразовании трехфазного тока в многофазный и в зависимости от величины напряжения сети в увеличении или уменьшении его. Обычно применяют 6 трехфазных или 3 шестифазных трансформатора. В первом случае один из шести трансформаторов представляет собой обыкновенный трансформатор трехфазного тока в шестифазный; остальные 5 имеют на каждом стержне магнитопровода 2 первичных обмотки, питаемых током от двух разных фаз. Вторичные обмотки их такие же как и у обычного трансформатора. Благодаря такому устройству шестифазные вторичные напряжения каждого из трансформаторов сдвинуты по фазе относительно напряжений другого трансформатора. При трех трансформаторах соответствующим подбором числа витков двух первичных обмоток достигается сдвиг напряжений на 10°; т. о. 6 трансформаторов трехфазного тока в шестифазный дают возможность получить 36-фазный ток. Столь большое число фаз нужно для того, чтобы пульсации в выпрямленном коллектором напряжении были невелики. Вторичные обмотки трансформаторов соединены в замкнутый мн-к; при этом начало каждой обмотки связывается с концом обмотки, напряжение к-рой сдвинуто на 10°. Векторная диаграмма напряжений получается такой же, как многоугольник Осанна для обмотки машины постоянного тока с 36 сторонами. Концы каждой вторичной обмотки присоединены к коллектору. В результате его пластины оказываются связанными со всеми узловыми точками мн-ка обмоток. Величина и знак потенциала на пластинах коллектора периодически меняются, т. к. он соединен с многофазными обмотками, в к-рых индуктируется переменная эдс. Т. о. на коллекторе происходит то же явление, как если бы вокруг него вращалось магнитное поле. Для того чтобы выпрямить напряжение в трансвертере, снимают постоянный ток с коллектора синхронно вращающимися щетками. Последние при вращении касаются как раз тех пластин, между к-рыми в данный момент наибольшее напряжение. В трансвертере щетки вращаются синхронным двигателем; последний одновременно служит и для компенсации сдвига фаз в сети, вызванного токами трансвертера, или же работает

синхронным конденсатором для всей сети. Двигатель пускается в ход как асинхронный. Изменение взаимного положения нейтральной линии коллектора и щеток производится путем поворота статора синхронного двигателя. Этим способом устанавливается синхронное вращение щеток вместе с нейтралью. В трансвертере, для возможности уменьшения скорости вращения щеток вдвое, коллектор делается с удвоенным числом пластин: каждый конец обмотки



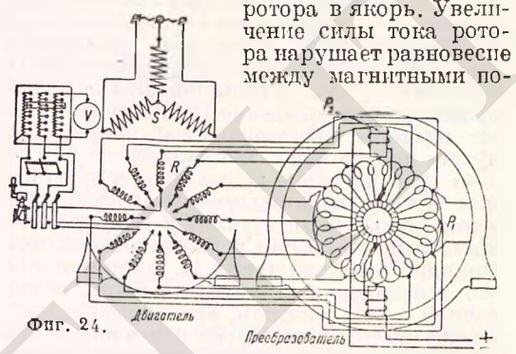
Фиг. 23.

приключается к двум диаметральным пластинам. При устройстве трансформаторов с несколькими, например восемью, отдельными вторичными обмотками в трансвертере получается столько же независимых систем 3-фазного тока. В этом случае каждый мн-к вторичных обмоток присоединяется к отдельному коллектору. Путем последовательного соединения отдельных коллекторов получается постоянный ток высокого напряжения. В виду синусоидального распределения напряжения по коллектору в трансвертере допустима значительная разность потенциалов между соседними коллекторными пластинами. Благодаря этому обстоятельству напряжение в 100 000 V получается при последовательном соединении всего восьми коллекторов. На фиг. 23 приведен чертеж трансвертера 2 000 kW, 100 000 V; слева на фиг. видны неподвижные коллекторы и щетки, справа — трансформаторы. Кпд трансвертера ~96%.

2) Каскадный П.; принцип действия; соединение с сетью. Каскадный П. состоит из механически и электрически соединенных индукционного двигателя с многофазным ротором и одноякорного П. Статор S двигателя приключается к сети переменного тока; постоянный ток снимается с коллектора одноякорного П. (фиг. 24, где R—обмотки ротора, P_1—главные полюса, P_2—добавочные полюса). Энергия переменного тока передается полем статора двигателя на ротор; здесь часть ее превращается в потери, другая—в механич. энергию и третья переходит в виде электрич. энергии переменного тока пониженной частоты в якорь П. В понижении частоты тока, поступающего в П., и заключается цель каскадного соединения. П. преобразует притекающую из ротора электрич. энергию в постоянный ток и одновременно превращает в него полезную механич. энергию. В каскадном П. индукционный двигатель работает частью как трансформатор частоты и напряжения и частью как двигатель; одноякорный П. работает как П. и как генератор постоянного тока. Для подобной работы машин каскада необходимо, чтобы частота эдс, индуктированной в роторе индукционного двигателя, равнялась частоте эдс, полученной при вращении в одноякорном П. Это условие необходимо для того, чтобы эдс ротора могла компенсировать приблизительно равную ей по величине эдс якоря П., т. к. только при компенсации эдс может совершаться переход энергии из ротора в якорь. Равенство частот происходит при вполне определенном числе оборотов агрегата:

$$n = \frac{60 f_1}{p_1 + p_2},$$

где f_1—частота сети статора, p_1—число пар полюсов двигателя, p_2—число пар полюсов одноякорного П. При этом числе оборотов и работает каскадный П. Соответственно синхронной скорости агрегата индукционный двигатель в части $\frac{p_1}{p_1+p_2}$ мощности работает как двигатель, а в части $\frac{p_2}{p_1+p_2}$ — как трансформатор; в зависимости от распределения мощности одноякорный П. в части $\frac{p_1}{p_1+p_2}$ работает генератором, а в части $\frac{p_2}{p_1+p_2}$ —как П. При увеличении нагрузки в сети постоянного тока агрегат тормозится, отчего эдс, индуктированная в роторе, опережает эдс якоря; следствием сдвига является увеличение силы тока, поступающего из ротора в якорь. Увеличение силы тока ротора нарушает равновесие между магнитными по-



Фиг. 24.

лями статора и ротора индукционного двигателя. Для восстановления его в статор начинает поступать добавочная мощность; при уменьшении нагрузки происходят обратные явления. Т. о. при изменении нагрузки в сети постоянного тока меняется мощность, потребляемая каскадным П. Для устройства трехпроводной сети постоянного тока соединяют нулевой провод с нулевой точкой звезды обмотки ротора. Обыкновенно приключают провод к трем короткозамкнутым во время работы пусковым кольцам; этим устраняется необходимость в специальном кольце. Величина напряжения сети переменного тока связана в каскадном П. с

тока. Соотношение напряжений зависит от чисел витков обмоток индукционного двигателя и не заставляет прибегать к включению трансформатора для того, чтобы иметь определенное напряжение в статоре. П. может быть изготовлен для различных напряжений переменного тока при одинаковом напряжении на коллекторе. Возможность при соответствующей конструкции приключать каскадный П. непосредственно к сети высокого напряжения до 15 000 V является его несомненным достоинством.

Токи и потери в обмотке якоря. В обмотке якоря протекает так же как и в одноякорном П. равнодействующий ток переменного и постоянного токов. Средние потери в обмотке якоря выражаются ф-лой:

$$P = I^2 R \left[1 + \left(\frac{p_2}{p_1+p_2}\right)^2 \cdot \frac{8}{m_2^2 \cdot \sin^2 \frac{\pi}{m_2} \cdot \cos^2 \varphi} - \frac{16}{\pi^2} \cdot \frac{p_2}{p_1+p_2} \cdot \cos \varphi \right].$$

Из выражения для потерь следует, что чем больше число фаз, $\cos\varphi$ и отношение числа полюсов П. к сумме полюсов, тем меньше потери при том же токе. Ниже приведены при разных отношениях чисел полюсов значения для отношения потерь в двенадцатифазном П., при $\cos\varphi = 0{,}95$, к потерям в генераторе постоянного тока той же мощности.

$\frac{p_2}{p_1+p_2}$	0,4	0,5	0,6	0,67
k	0,197	0,42	0,363	0,33

Обычно каскадные П. изготовляются двенадцатифазными. Большое число фаз не связано с конструктивными трудностями как в одноякорном П., т. к. обмотки связываются непосредственно без колец; при наличии подшипника между якорем и ротором соединительные провода пропускаются внутри вала агрегата.

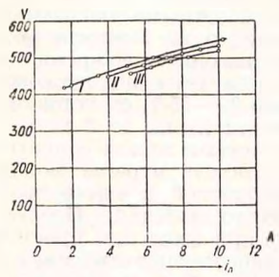
Пуск в ход каскадного П. При обычном способе пуска индукционный двигатель доводится до синхронной скорости каскада регулированием сопротивления реостата, приключенного к кольцам его ротора. У последнего одни концы фазовых обмоток соединены наглухо с якорем П., а другие выведены на кольца. По достижении при определенном сопротивлении реостата синхронизма устанавливают нормальное напряжение на коллекторе и замыкают кольца накоротко. В наиболее распространенном—двенадцатифазном П.—обычно концы только трех фаз ротора присоединены к кольцам для пускового реостата; остальные девять фаз при пуске разомкнуты. Концы всех фаз после синхронизации замыкаются особым приспособлением накоротко. Пуск в ход без пускового реостата при соединенных между собой роторе и якоре недопустим в виду слишком большого пускового тока и возможности перехода агрегата через синхронную скорость. Для уменьшения пускового тока необходимо вводить сопротивление в обмотку возбуждения П. При скорости, близкой к синхронной, это сопротивление постепенно выводится и устанавливается нормальное напряжение на коллекторе; одновременно замедляются колебания стрелок амперметра в цепи статора. Колебания стрелок происходят оттого, что частота эдс, вызванной в роторе вращающимся полем статора, не совпадает с частотой эдс, индуктированной при вращении в якоре П. Замыкание колец накоротко следует производить при медленных колебаниях в момент наименьшего показания прибора. Момент синхронизма иногда узнается по показанию вольтметра, включенного на зажимах реостата. Включение производится во время его наименьшего показания. Величина пускового тока равна обычно 30—35% от нормальной продолжительности пуска до 3 минут. Отметим, что при слишком малом сопротивлении пускового реостата агрегат может дойти до скорости, близкой к синхронной скорости индукционного двигателя. Последний будет работать при этом как простой двигатель со включенным сопротивлением в ротор или, если полюса П. успеют возбудиться, может иметь место асинхронный режим каскада.

Автоматический пуск. При этом способе одна из трех фаз ротора автоматически отключается при приближении агрегата к синхронной скорости. По отключении фазы ротор становится однофазным и индукционный двигатель приобретает свойство устойчиво работать при скорости около половины синхронной. Эта скорость при обычном равенстве чисел полюсов машины близка к нормальной скорости каскада, и агрегат втягивается в синхронизм из-за стремления поля якоря проходить через полюса индуктора преобразователя. Аналогично асинхронному пуску одноякорного П., полярность щеток получается после пуска случайной; для получения ее правильной пользуются теми же способами, что и в одноякорных преобразователях.

Пуск со стороны постоянного тока. Способ этот применяется при наличии источника постоянного тока и при параллельной работе нескольких каскадных П. на общую сеть постоянного тока. При пуске агрегата одноякорный П. работает как шунтовой двигатель постоянного тока; индукционный двигатель работает при этом как трансформатор напряжения и частоты. Синхронизация производится на высоком напряжении между сетью и статором индукционного двигателя. При колеблющемся напряжении сети постоянного или переменного тока нужно включать статор при буферном сопротивлении в цепи якоря П.

Падение напряжения и регулирование. Падение напряжения в каскадном П. больше чем в одноякорном вследствие падения напряжения в обмотках индукционного двигателя и также от того, что машина постоянного тока только частью работает как П. Для шунтового каскадного П. падение напряжения при нагрузке составляет не менее 5%; $\cos\varphi$ при $^3/_4$ нагрузки равен обычно единице, при полной нагрузке и холостом ходе бывает сдвиг фаз. Регулирование напряжения каскадного П. в пределах $\pm 15\%$ осуществляется обычно изменением силы тока возбуждения; обмотки индукционного двигателя играют при этом роль дроссельной катушки. Совершенно так же, как в одноякорном П., с изменением силы тока возбуждения меняются $\cos\varphi$ и сила переменного тока. График зависимости силы переменного тока от тока возбуждения

имеет U-образный характер. На фиг. 25 приведена для разных нагрузок зависимость напряжения от силы тока возбуждения. При больших пределах регулирования пользуются вольтодобавочной машиной переменного тока, включаемой между обмотками ротора индукцион. двигателя и якорем П. Иногда регулирование производится отключением и добавлением витков в обмотке статора двигателя. Для автоматич. регулировки напряжения применяется компаундный каскадный П.; он работает при полной нагрузке обычно с опережающим током при $^3/_4$ нагрузки с $\cos\varphi=1$.



Фиг. 25.

Сравнение каскадного и одноякорного П. Каскадный П. имеет на 1—2% худший кпд, чем одноякорный П. с трансформатором и на 3—4% меньший кпд, чем П. без трансформатора. Однако каскадный П. обладает рядом преимуществ: 1) он м. б. включен к сети переменного тока без трансформатора и занимает следовательно меньше места; 2) коммутация у него лучше, чем в одноякорном П.; 3) каскадный П. меньше склонен к качаниям и менее чувствителен к форме кривой напряжения сети переменного тока; 4) шире пределы регулирования (изменением тока возбуждения) дроссельной катушкой; 5) проще пуск в ход; 6) в виду отсутствия колец переменного тока легче уход за П. Стоимость каскадного П. приблизительно та же, что у одноякорного П. вместе с трансформатором.

Асинхронный режим каскадного П. Для каскадного П. возможен асинхронный режим, при к-ром обе его машины работают совершенно иначе, чем при нормальных условиях. При скорости агрегата, отличной от синхронной, якорь П., работающего при этом генератором постоянного и переменного токов, создает в обмотке ротора вращающееся магнитное поле. Последнее вызывает в статоре индукционного двигателя и его сети вторичные токи; в то же время в роторе, а следовательно и в якоре П., протекают вторичные токи статора. Т. обр. индукционный двигатель является совмещением двух индукционных машин—простой Asr с первичной обмоткой на статоре и обращенной Ars—с первичной обмоткой на роторе. Индукционный двигатель Asr, вращая одноякорный П., доставляет ему энергию, нужную для отдачи в сеть постоянного тока и для питания машины Ars. В виду того, что поле, вызванное напряжением якоря в роторе, вращается в ту же сторону, что и вал, машина Ars работает тормозом со скольжением

$$\frac{p_1+p_2}{p_2}\cdot 100\ \%.$$

При асинхронном режиме в статоре протекает вторичный ток большой частоты, вызывающий сильное искажение кривой основного тока. Число оборотов агрегата зависит от нагрузки сети и близко к синхронному для индукционного двигателя, т. е. значительно больше нормального. Асинхронный режим очень невыгоден, т. к. сопровождается значительными добавочными потерями из-за электрич. связи машины и не обладает никакими преимуществами по сравнению с простым двигатель-генератором. Очень интересное видоизменение асинхронного режима происходит при переключении фаз ротора.

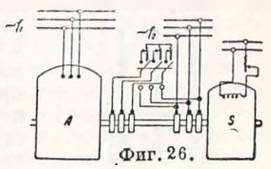
3) Комбинированный двигатель-генератор. Этот тип П. относится в сущности к двигатель-генераторам, но представляет собой в механич. отношении одну машину. П. состоит из статора, аналогичного статору индукционной машины, и ротора с обмоткой, приключенной к коллектору. На статоре находятся две обмотки с разными числами полюсов—одна из них питается постоянным током от сидящего на одном валу с П. возбудителя, другая—многофазная обмотка—приключена к сети переменного тока. Обмотка ротора играет роль вторичной обмотки статора, отчего П. вращается, как обычный индукционный двигатель. Роторная обмотка является однако в то же время и обмоткой генератора постоянного тока, т. к. магнитное поле постоянного тока возбуждения статора индуктирует в ней эдс, выпрямляемую коллектором. Очевидно П. представляет собой совмещение индукционного двигателя с генератором. Пуск в ход П. производится так же, как у короткозамкнутого индукционного двигателя: переключением со звезды на треугольник обмоток статора или помощью автотрансформатора. Достоинствами П. являются возможность широкой регулировки напряжения в пределах $\pm 100\%$, лучший кпд, чем у двигатель-генератора, и меньшие размеры и вес. Следует отметить, что колебания напряжения постоянного тока, вызванные тем, что в обмотках якоря протекают вторичные токи, не превышают $^1/_2\%$. Комбинированный двигатель-генератор применяется в Англии для систем Леопарда. Первые экземпляры 1926 года имеют небольшую мощность—50 kW.

П. напряжения постоянного тока. Преобразование напряжения постоянного тока производится двигатель-генератором или специальным преобразователем. Двигатель-генератор представляет собой механич. соединение двух электрически не связанных машин постоянного тока: двигателя, приключенного к первичной сети, и генератора, переключенного ко вторичной. При малых мощностях обе машины делаются для большей компактности с общей станиной, т. е. всего с двумя подшипниковыми щитами. Система двигатель-генератор дает возможность широко регулировать напряжение вторичной сети путем изменения тока возбуждения генератора и помощью изменения скорости агрегата. П. напряжения отличается по конструкции от обычной машины постоянного тока лишь тем, что имеет на якоре 2 независимые обмотки, приключенные каждая к своему коллектору; одна из обмоток якоря П. приключается к первичной сети и образует момент вращения с магнитным полем полюсов. Вследствие вращения якоря индуктируется напряжение во второй обмотке; при включении нагрузки она создает тормозной момент, преодолеваемый моментом первой обмотки. Легко видеть, что П. является двигателем и генератором, которые имеют общую магнитную цепь—полюсы, железо ярма и якорь. Вследствие равенства мдс первичной и вторичной обмоток в П. отсутствует реакция якоря. Это явление и взаимное уменьшение реактивных эдс в коммутируемых витках благоприятно влияют на коммутацию в П. и делают их пригодными для получения больших токов низкого напряжения. П. применяется также для преобразования низкого напряжения, напр. 12 V, в высокое напряжение, напр. 1 500—2 500 V. Недостатком П. является трудность регулирования вторичного напряжения. Изменение тока возбуждения меняет скорость П. и напряжение остается почти постоянным; для регулирования в больших пределах пользуются специальными мерами, например включают нагрузку через вольтодобавочную машину или вводят реостат в цепь двигателя. Кпд у П. близок по величине к кпд двигатель-генератора.

П. частоты. Для преобразования электрической энергии одной частоты в энергию другой частоты служат различного рода машины и агрегаты: трансформаторы частоты, двигатель-генератор, каскадные соединения, коллекторный П., индукционный П., асинхронный одноякорный П., агрегат из двух одноякорных П. и др. П. частоты употребляются для соединения между собой электрич. сетей с различными частотами, для питания приемников, сконструированных для иной частоты, чем частота сети, в системах с переключением приводных двигателей на сети с разными частотами, в каскадных схемах и еще для некоторых специальных целей. Трансформаторы частоты представляют собою видоизменение обычных силовых трансформаторов (см. *Трансформатор*).

1) Двигатель-генератор представляет собой механическое соединение синхронного двигателя и синхронного генератора; первый приключается к одной сети, а второй—к другой. Эта система является наиболее распространенной для соединения сетей между собой. Числа периодов сетей относятся как числа полюсов обеих машин; в виду этого двигатель-генератор не может преобразовывать энергию любой частоты в любую. Возбуждение каждой машины производится обычно от отдельного генератора постоянного тока. Агрегат доводится до синхронной скорости, необходимой для приключения двигателя к его сети, небольшим вспомогательным двигателем или, в новых установках, пользуются асинхронным пуском. В этом случае синхронный двигатель имеет соответствующую конструкцию. Для возможности регулирования непосредственно агрегатом распределения мощности, при параллельной работе с другими асинхронными машинами, статор двигателя делается поворотным. Сдвигая его относительно статора генератора, можно изменить режим работы. Синхронный двигатель обыкновенно играет и роль синхронного конденсатора—улучшает $\cos\varphi$ своей сети. Отметим, что минимальная мощность агрегата при параллельной работе станций д. б. не менее 10—15% мощности меньшей из них; при гидроустановках не менее 15—20%. Вместо синхронного двигателя иногда применяют индукционный. Он устанавливается в агрегатах с мощностью меньшей, чем 10—20% от мощности станции, и еще в тех случаях, когда желательно производить регулирование нагрузок сетей путем изменения скорости агрегата. Недостатками агрегата по сравнению с синхронным являются: худший кпд и бо́льшие размеры.

2) Каскадный П. частоты. Каскадный П. частоты применяется гл. образом для соединения сетей разной частоты. П. представляет собой электрич. и механич. соединение индукционного двигателя A и синхронной машины S. Статор двигателя приключается к первичной сети, а ротор соединяется последовательно с синхронной машиной. Вторичная сеть включается параллельно якорю синхронной машины (фиг. 26); агрегат синхронно вращается с числом оборотов n, выражаемым ф-лой:



Фиг. 26.

$$n=\frac{60\cdot f_1}{p_1+p_2},$$

где p_1—число пар полюсов двигателя, p_2—число пар полюсов синхронной машины. Соответственно числу оборотов частота сети ротора f_2 связана с частотой сети статора f_1 ф-лой:

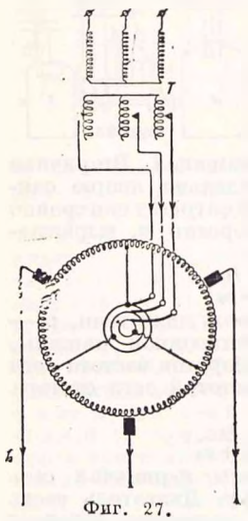
$$f_2=f_1\frac{p_1}{p_1+p_2}.$$

Для понижения частоты первичная сеть приключается к статору. Двигатель часть поступающей в него мощности передает трансформаторным путем во вторичную сеть, а остальная часть, за вычетом потерь, идет на вращение синхронного генератора. Последний отдает электрич. энергию в ту же вторичную сеть. Индукционная машина в части $\frac{p_2}{p_1+p_2}$ мощности работает трансформатором, а в части $\frac{p_1}{p_1+p_2}$—как двигатель. Очевидно синхронная машина д. б. рассчитана только на вторую часть мощности; в виду этого агрегат имеет меньшие размеры, чем двигатель-генератор. Для повышения частоты первичная сеть присоединяется к ротору. В этом случае часть $\frac{f_2}{f_1}$ мощности поступает во вторичную сеть трансформаторным путем, а остальная часть получается вследствие вращения индукционной машины—синхронной машиной. Последняя работает при этом как синхронный двигатель. Пуск П. частоты производится так же, как у каскадного П.—агрегат доводится до синхронной скорости помощью регулирования реостата, приключенного к кольцам ротора. Для агрегата возможен асинхронный режим, при к-ром работа обеих машин совершенно отличается от нормальной.

Преобразование частоты может производиться также помощью каскадных соединений индукционного двигателя. При каскадном соединении двух двигателей ротор второго двигателя соединен с кольцами ротора первого, причем статор его замкнут накоротко. Одна из сетей приключается к статору первого двигателя, а другая—к кольцам

его ротора. Недостатком системы является то, что необходимо иметь синхронный генератор во вторичной сети; в противном случае частота вторичной сети не будет постоянна. При параллельном соединении статора и ротора второй индукционной машины (каскад И. Черданцева) можно обойтись без синхронной машины, так как каскад вращается с постоянной скоростью.

3) Коллекторный П. частоты. Коллекторный П. частоты применяется в различных системах регулирования скорости индукционного двигателя; он преобразует частоту сети в частоту скольжения двигателя. П. частоты представляет собою якорь, вращаемый посторонним двигателем внутри статора из листового железа. Статор выполняется обычно без всякой обмотки; назначение его — служить магнитной цепью для поля якоря. На якоре П. находится обмотка, приключенная, как и в одноякорном П., к кольцам и коллектору (фиг. 27). Переменный ток сети через трансформатор T подводится к кольцам. Для получения трехфазного тока на коллекторе помещены 3 щетки, расположенные под углом в 120°. Переменный ток частоты сети создает магнитное поле, вращающееся относительно обмотки якоря; число оборотов поля выражается ф-лой:


Фиг. 27.

$$n_0 = \frac{60 \cdot f_1}{p},$$

где f_1—частота сети, p—число пар полюсов обмотки. При вращении самого якоря посторонним двигателем скорость магнитного поля в пространстве отлична от скорости относительно обмотки. Скорость в пространстве, а следовательно и относительно неподвижных щеток равна алгебраич. сумме скоростей поля и вала. Соответственно скорости поля частота напряжения на щетках отлична от частоты на кольцах: она зависит от абсолютной скорости поля и выражается формулой:

$$f_2 = \frac{p\,(n_0 \pm n)}{60},$$

где n—число оборотов вала. Как следует из ф-лы, при одинаковом направлении вращений поля и якоря частота f_2 больше частоты f_1; при противоположных направлениях вращения частота f_2 меньше частоты сети. Обычно пользуются П. для уменьшения частоты.

Величина эдс на щетках коллектора в П. частоты не зависит от скорости вала, т. к. величина поля (пренебрегая сопротивлением обмотки) и скорость его относительно якоря неизменны. П. частоты, соединенный с ротором индукционного двигателя, часто применяется и для компенсации сдвига фаз в нем. Для компенсации поворачивают щетки на коллекторе П., т. к. при этом эдс смещаются по фазе. Вращение якоря П. производится в зависимости от способа регулирования скорости индукционного двигателя или непосредственно им или же вспомогательным двигателем.

4) Индукционный П. частоты. Индукционные П. употребляются в системах с переключением приводных двигателей на различные сети для изменения их скорости, для электросварки переменным током и на испытательных станциях электромашиностроительных заводов. Индукционный П. по своей конструкции сходен с обыкновенным индукционным двигателем с многофазным ротором. Он применяется обычно для увеличения числа периодов, например для преобразования энергии 50 периодов в энергию с частотой в 100 периодов. Статор П. приключается к первичной сети, а ротор—ко вторичной. Увеличение числа периодов происходит вследствие того, что ротор вращают посторонним двигателем в направлении, противоположном направлению вращения магнитного поля статора. Последнее вращается относительно обмотки ротора с суммарной скоростью самого поля и вала и индуктирует в его обмотке эдс с частотой

$$f_2 = \frac{60\,(n_0 + n)}{p},$$

где n_0—число оборотов поля, n—число оборотов ротора, p—число пар полюсов. Индукционный П. при повышении частоты обладает бо́льшим кпд, чем двигатель-генератор; при понижении частоты он выгоден в пределах от $f_2 = f_1$ до $f_2 = 0{,}6 f_1$. Крупным недостатком является необходимость связывать одну из сетей с вращающимися кольцами. В П. для сварки вторичный ток частотой в 150 пер/ск. получают из статора; первичный ток 50 периодов подводят к ротору. В этом П. ротор вращают по направлению вращения магнитного поля.

5) Одноякорный асинхронный П. частоты. Для преобразования энергии большей частоты в энергию меньшей, например 50 периодов в $42\frac{1}{2}$, можно воспользоваться индукционной машиной с многофазным ротором. Для этого статор ее приключается к одной сети, а ротор—к другой. Необходимым условием работы является наличие во вторичной сети синхронной машины. Индукционная машина, приключенная к сетям, имеет двойное питание: обе сети посылают в ее обмотки намагничивающий ток. В отличие от синхронного режима индукционного П. частоты величины напряжений сетей не находятся в какой-либо зависимости друг от друга. П. можно рассматривать как совмещение в одном корпусе двух индукционных машин: простой, с первичной обмоткой на статоре, и обращенной, с первичной обмоткой на роторе. В каждой обмотке протекают первичный ток и индуктированный другой обмоткой вторичный ток. Обмотки П. приключаются к сетям так, что поля статора и ротора вращаются в разные стороны. При таком включении индукционная машина работает как совмещение двигателя, питаемого током большей частоты, и асинхронного генератора, дающего ток меньшей частоты. Обмотка, приключенная к первичной сети, создает момент вращения с индуктированными ею токами в другой обмотке; этот момент преодолевает тормозной момент вторичной обмотки, образованный

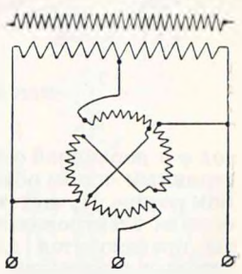
с индуктированными ею токами. Число оборотов П. ниже синхронного для обмотки, приключенной к сети большей частоты, и выше синхронного — для другой обмотки. При параллельной работе П. с генераторами, приключенными ко вторичной сети, П. отдает все время одну и ту же мощность. На изменения нагрузки реагируют только синхронные генераторы. Регулирование величины отдаваемой мощности м. б. произведено специальными мерами, например включением П. через потенциал-регулятор. При получении намагничивающего тока из вторичной сети от синхронных двигателей, а не генераторов, частота вторичной сети получается в небольших пределах переменной; пуск П. производится очень просто: он пускается в ход как обыкновенный индукционный двигатель, а затем по достижении скорости вторичная обмотка отключается от реостата и приключается к своей сети. Кпд синхронного П. близок по величине к кпд двигатель-генератора.

6) Каскад двух одноякорных П. Для преобразования частоты иногда пользуются электрич. и механич. соединениями двух одноякорных П. Переменный ток первичной сети подводят к кольцам якоря первого П.; здесь он преобразуется в постоянный ток и идет через щетки в коллектор второго П. На кольцах последнего получается переменное напряжение измененной частоты. Числа периодов относятся как числа полюсов обоих одноякорных П. Достоинством этой системы является больший кпд, чем у двигатель-генератора; к числу недостатков следует отнести зависимость напряжений сетей друг от друга и наличие двух коллекторов.

П. числа фаз. Преобразование электрич. энергии сети с одним числом фаз в энергию с другим числом фаз производится стационарными трансформаторами и специальными машинами. П. числа фаз употребляют гл. обр. в электрич. тяге. Они устанавливаются на электровозе и преобразуют однофазный ток линии в трехфазный ток, питающий тяговые двигатели или П. переменного тока в постоянный. Эти системы, принятые в Австрии и Венгрии, дают возможность применять трехфазные двигатели и двигатели постоянного тока при однолинейной воздушной подводке переменного тока. П. числа фаз употребляется и для питания мощной однофазной установки, например электропечи от трехфазной сети; назначение П. в этом случае создавать равномерную нагрузку фаз.

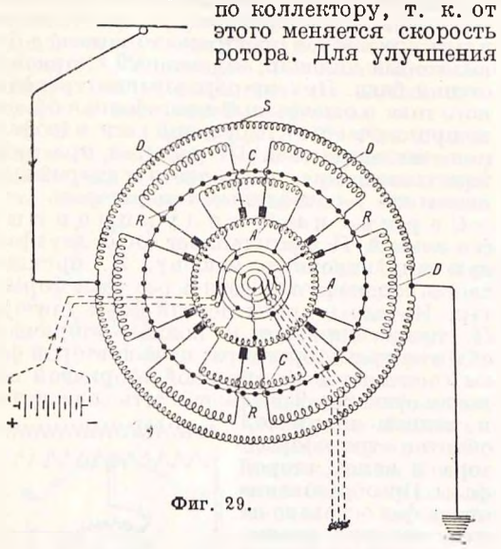
Синхронный фазный П. П. состоит из статора и ротора. На статоре находятся однофазная и трехфазная обмотки. Последняя располагается в пазах, выштампованных в статорном железе, концентрично с пазами для однофазной обмотки. Ротор П. представляет собой индуктор—он несет на себе обмотку, питаемую постоянным током от возбудителя. Этот П. является механич. совмещением однофазного двигателя и трехфазного синхронного генератора. Величина напряжения трехфазного тока зависит от силы тока возбуждения; последний регулируется помощью реостатов. При пуске П. доводится до скорости, близкой к синхронной, вспомогательным двигателем; роль его часто играет возбудитель, к-рый питается при этом от батареи и работает шунтовым двигателем. П., употребляемый на электровозе, имеет специальную конструкцию—статор его погружен в бак с маслом; для изолирования ротора от масла в междужелезное пространство помещен бакелитовый цилиндр, заделанный с торцов в стенки бака. При преобразовании трехфазного тока в однофазный многофазная обмотка приключается к первичной сети, однофазная—ко вторичной. П. работает при этом как совмещение трехфазного синхронного двигателя с однофазным генератором.

Сериесный индукционный фазный П. представляет собой двухфазную индукционную машину. П. приключается к однофазной сети через трансформатор. Начало и конец первой фазы статора П. присоединяются к концам вторичной обмотки трансформатора; начало второй фазы соединяется с серединой вторичной обмотки (фиг. 28). Трехфазная сеть подводится к концам вторичной обмотки трансформатора и концу второй фазы. Преобразование числа фаз основано на том, что при вращении ротора во второй фазе обмотки статора индуктируется эдс, сдвинутая на 90° от напряжения обмотки трансформатора и составляющая 86,6% от нее по величине. Двухфазное напряжение обмотки трансформатора и фаза статора позволяют получить трехфазное напряжение. Действительно напряжения между точками присоединения трехфазной сети равны и сдвинуты на 120°. Преобразование двухфазного напряжения в трехфазное производится т. о. по схеме Скотта (см. *Трансформатор*). При пуске П. разворачивается вспомогательным однофазным коллекторным двигателем. Недостатком П. является низкий $\cos\varphi$ в первичной сети. Для улучшения его иногда П. делается синхронным; ротор его возбуждается постоянным током от специального генератора. Последний служит при пуске пусковым двигателем. Сериесные фазные П. употребляют на америк. электровозах.


Фиг. 28.

Преобразователи числа фаз и периодов. Эти преобразователи представляют собой статор, снабженный двумя обмотками, и два концентричных ротора. На промежуточном роторе находится короткозамкнутая обмотка, которая питается постоянным током от батареи. Внутренний ротор несет обмотку, соединенную с коллектором и кольцами. На фиг. 29 видно взаимное расположение обмоток. Статорная обмотка S питается однофазным током; промежуточный ротор с короткозамкнутой обмоткой R вращается. Вследствие этого в машине образуется вращающееся магнитное поле. Последнее индуктирует в обмотке A внутреннего ротора многофазное напряжение. С колец обмотки берут трехфазный ток. Частота напряжения, индуктированного в обмотке, равна при неподвижном роторе частоте сети. Для изменения частоты необходимо вращение внутреннего ротора. Оно осуществляется вслед-

ствие присоединения обмотки D статора к щеткам коллектора обмотки A. Регулирование частоты производится сдвигом щеток по коллектору, т. к. от этого меняется скорость ротора. Для улучшения



Фиг. 29.

cos φ в первичной сети служит питаемая постоянным током обмотка C на промежуточном роторе. П. частоты и числа фаз применяется на электровозах. Регулирование частоты производится для изменения скорости тяговых двигателей.

Лит.: Холуянов Ф., Альтернаторы и преобразователи переменно-постоянного тока, 2 изд., Л., 1925; Пиотровский Л. М. и Попов В. К., Испытание машин переменного тока, вып. 2, Л., 1927; Фауль Ф., Справочник по электротехнике, вып. 2, М., 1928; Arnold E. u. la Cour J., Die Wechselstromtechnik, B. 4—5, T. 1, B., 1923; Hill E., Rotary Converters, Their Principles, Construction a. Operation, London, 1927; Whitaker F., Rotary Converters, London, 1927; Manduit A., Machines électriques (Théorie, essais et construction), Paris, 1922.

А. Бамдас.

ПРЕРЫВАТЕЛИ электрические, см. *Электрические прерыватели.*

ПРЕСБИОПИЯ, изменение зрения, сказывающееся в отодвигании ближайшей точки ясного зрения. Подобное отодвигание ближайшей точки обусловливается тем, что вместе с возрастом хрусталик глаза делается все менее эластичным и все меньше изменяет радиус своей кривизны при напряжении аккомодационной мышцы. Так, по Дондерсу, если в 10-летнем возрасте мы можем аккомодировать уже на 7 *см*, то в 20-летнем возрасте ближайшая точка отодвигается на расстояние в 10 *см*, в 45-летнем—на расстояние в 33 *см*, в 65-летнем—в бесконечность, т. е. глаз вовсе теряет способность аккомодации. Поскольку подобное удаление от глаза ближайшей точки ясного зрения становится практически заметно лишь в старом возрасте, П. и обозначает буквально—«старческое зрение».

С. Кравков.

ПРЕСС, механизм, служащий для деформации материалов и работающий давлением.

П. применяются в различных производствах, когда требуется произвести значительные усилия сжатия, напр. при металлообработке давлением—при ковке, штамповке, при сборке, когда необходимо бывает соединять части со значительным усилием, при упаковке очень рыхлых, объемистых товаров, для разделения тел, находящихся в различных агрегатных состояниях, напр. отделение масла от жмыха (см. *Маслобойное производство*), для *брикетирования* (см.), в *фанерном производстве* (см.) и т. д. Одной из главных областей применения П. является *горячая обработка металлов* (см.); при ковке давление П. передается на деформируемое тело бойком. Движение бойка м. б. равномерным—гидравлич. или парогидравлические П. и неравномерным—П. фрикционные (см. *Фрикционный пресс*) и эксцентриковые или кривошипные. Первые (гидравлич. и парогидравлич. П.) применяются главным обр. для ковки очень крупных изделий и работают при давлении: гидравлические 100—250 *atm*, а парогидравлические 500 *atm* и выше (П. системы Губера для специального назначения 3 000—7 000 *atm*) и развивают общее давление 100—15 000 *m*. Фрикционные П. применяются гл. обр. для штамповки цветных металлов, а эксцентриковые (кривошипные)—горизонтальные для *ковально-осадочных работ* (см.), вертикальные—для холодной штамповки, обрезки заусенцев и для очень мелких ковочных изделий (П. системы Ридера). Различие действий П. и молота заключается в том, что бойки молота (верхний и нижний) не связаны между собой жестко, а у П. они жестко связаны. Поэтому при движении верхнего бойка молота нижний, восприняв удар, продолжает движение, поглощаемое массой фундамента; при работе П. вне конструкции его не проявляется никаких напряжений. По причине медленности движения рабочей части П. работа на них выполняется значительно медленнее, чем на паровых молотах. Однако современные конструкции т. н. быстроходных П. по скорости работы могут конкурировать с паровыми молотами. В эксплоатационном отношении гидравлич. П. имеют значительные преимущества: не нужен дорогой фундамент, не разрушаются от сотрясения здания, а благодаря постепенности нажатия за один ход плунжера (с затратой одинакового времени) толщина поковки уменьшается сразу на бо́льшую величину, чем под молотом. В табл. 1 даны сравнительные мощности П. и молотов.

Табл. 1.—Сравнительная мощность прессов и молотов.

∅ поковки, *см*	Мощн. П., *m*	Вес бабы молота, *m*	∅ поковки, *см*	Мощн. П., *m*	Вес бабы молота, *m*
12	100	0,5	75	1 200	15,0
15	150	0,75	90	1 500	20,0
20	200	1,0	120	2 000	40,0
25	300	2,0	150	3 000	80,0
30	400	3,0	180	4 000	120,0
35	500	4,0	200	4 500	—
40	600	5,0	220	5 000	—
50	800	7,0	250	6 000	—
60	1 000	10,0	—	10 000	—

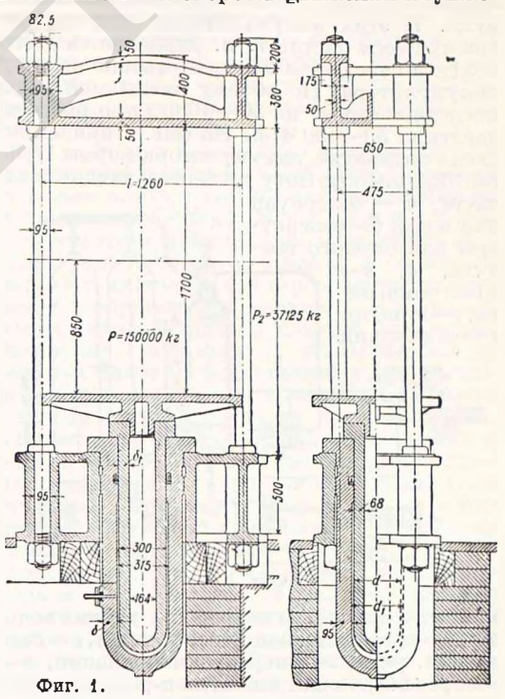
Кроме обыкновенных ковочных работ на П. выполняются всякого рода штамповочные работы, исключая те случаи, когда приходится штамповать мелкие изделия (для такого рода работ наиболее подходит легкий штамповочный молот). При штамповочных работах на П. штампы менее подвержены порче, а поэтому они м. б. изготовлены облегченного типа и более дешевые. Кроме того гидравлич. П. производятся давильные, загибочные работы (например листы для котлов), осадка концов, насадка фланцев, буртиков,

муфт, дыропробивание, пакетирование, прессование электродов, фанеры и многослойных досок, правка валов, рельсов, железных балок и пр.

П. сист. Дика представляет собой 2 цилиндра. Один из них гидравлический (50—350 *atm*), другой—прессовый. Скалка поршня гидравлич. цилиндра соединена со штемпелем, входящим в прессовый цилиндр. В последний закладывают горячий слиток цветного металла (латунь, алюминиевые сплавы, электрон и пр.), к-рый выдавливается через отверстие матрицы штемпелем. Отверстие матрицы может иметь самую разнообразную форму и образовывать как сплошное сечение выдавленной полосы, так и трубчатое.

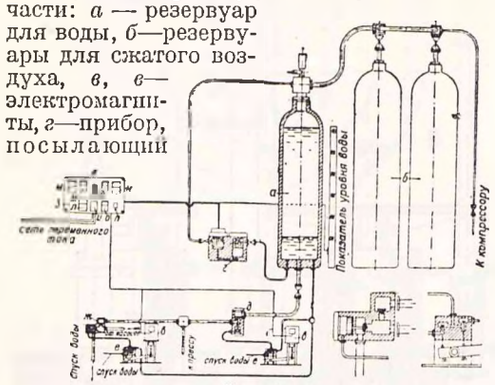
Чисто гидравлические П. приводятся в действие исключительно водой или другой жидкостью (масло). Гидравлич. П. различают по назначению: 1) П. для *брикетирования* (см.), 2) штамповочные П. для штамповки ювелирных изделий и т. п., 3) П. для изготовления приводных ремней (см. *Ремни приводные*), 4) прошивочные и вытяжные П. для прошивки снарядных болванок, вытяжки патронов и т. п., 5) ковочные П., 6) волочильные П. для волочения прутков и труб, 7) отжимные П. для отпрессовывания жидкой части смеси от твердой, напр. для выжимки масла, отжимки текстильного товара и т. п., 8) колесные П. для насадки бандажей на колеса, колес на оси, 9) загибочные П., включая бульдозеры, 10) П. для глубокой вытяжки, напр. частей автомобильных кузовов и рам, частей стальных ж.-д. вагонов, 11) нагревательные П. для прессования в горячем состоянии, снабжаемые обычно рядом плит, обогреваемых паром, водой или электричеством, 12) паковочные П. для спрессовывания рыхлых материалов (шерсти, хлопка, концов, бумажных и металлич. обрезков и пр.) для упаковки и значительное количество П. специальных назначений, описанных в соответственных производствах. По положению прессового цилиндра различают гидравлич. П. обычного типа с вертикальным цилиндром, расположенным внизу (фиг. 1), и обратного типа, у которых цилиндр расположен сверху; П. обоих типов бывают одно- и многоцилиндровыми. Кроме того для нек-рых целей (напр. для волочильных П.) применяют П. с горизонтальным расположением цилиндра.

Гидравлич. П. (фиг. 1) состоит из рабочего цилиндра, в котором ходит плунжер, снабженный на верхнем конце траверсой или подвижной прессовой плитой. Цилиндр опирается закраинами на нижнюю неподвижную плиту, к-рая соединяется тягами с верхней плитой. Прессование происходит между траверсой и неподвижной верхней плитой. Для целей ковки удобнее, если нижняя плита остается неподвижной, поэтому в качестве ковочных обычно применяется П. обратного типа. У них опрокинутый рабочий цилиндр укреплен на верхней неподвижной плите; в цилиндре движется вверх и вниз плунжер, на свободном конце к-рого закреплена наглухо траверса с бойком. Направляющими для траверсы служат колонны, связывающие верхнюю и нижнюю плиты П. Рядом с рабочим цилиндром устанавливаются на верхней неподвижной плите гидравлические цилиндры с плунжерами, предназначенные для поднятия траверсы после каждого хода вниз. Подача воды в П. совершается одно- или многоцилиндровыми прессовыми насосами. Т. к. скорость движения плунжера меняется, то должно меняться и количество подаваемой воды, а следовательно и скорость насоса, или же излишняя подаваемая насосом вода должна при посредстве автоматич. перепускных клапанов отводиться обратно. Так как первое требование трудно достижимо на практике, а второе сопряжено с потерями, то между насосом и прессом устанавливают гидравлический аккумулятор; задачей его является скапливание воды под давлением в периоды превышения подачи насосов над расходом воды П. и отдача ее в моменты ускоренной работы насоса. Аккумуляторы бывают грузовые и воздушно-гидравлические; первые состоят из гидравлического цилиндра, плунжер которого нагружен постоянным грузом, у вторых давление поступающей в аккумулятор воды поддерживается сжатым воздухом. Грузовой аккумулятор имеет следующие предохранительные приспособления: а) перепускной клапан, который при достижении плунжером аккумулятора крайнего верхнего положения перепускает воду из нагнетательного трубопровода во всасывающий; б) предохранительный клапан, предназначенный для того, чтобы остановить быструю убыль воды в цилиндре во время разрыва нагнетательного трубопровода. Остановка гидравлич. насоса и пуск в ход производятся от плунжера аккумулятора автоматически посредством электрич. контактов, к-рыми замыкается или прерывается ток. К недостаткам грузового аккумулятора, особенно при высоких давлениях, нужно отнести износ плунжера и уплотняющей



Фиг. 1.

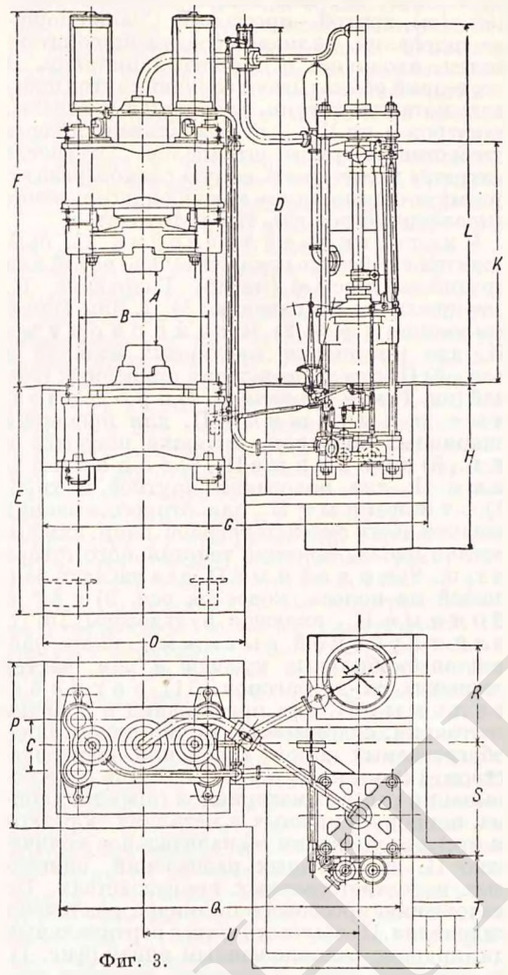
набивки. Исправление этих дефектов требует прекращения работы всей установки иногда на продолжительное время. В последнее время взамен грузовых аккумуляторов начали применять аккумуляторы воздушно-гидравлические, работающие давлением воздуха. В этих аккумуляторах отсутствуют движущиеся части, т. к. давление сжатого воздуха передается непосредственно на воду аккумулятора. По объему вмещаемой воды последние строят на 50—6 000 *л* при рабочем давлении 50—400 *atm*. На фиг. 2 приведена схема пневматич. аккумулятора фирмы Hydraulik, Duisburg. В эту установку входят след. части: *а* — резервуар для воды, *б*—резервуары для сжатого воздуха, *в*, *в*—электромагниты, *г*—прибор, посылающий



Фиг. 2.

электрич. сигналы о положении уровня воды в *а*, *д*—автоматич. запорный клапан, *е*—гидравлич. реле, *эс*—перепускной клапан, *з*—распределительная доска, на к-рой: *и*—главный выключатель, *к*—трансформатор, *л*—автоматич. выключатель нулевого напряжения, *м*—реле для автоматич. запорного клапана, *н*—реле для *эс*, *о*—предохранительное реле, *п*—выключатель для холостого хода насоса независимо от положения уровня воды в *а*. Размеры и количество воздушных резервуаров находятся в зависимости от устанавливаемого понижения давления (около 10%) сжатого воздуха при условии понижения уровня воды в аккумуляторе до низшего допустимого предела.

Управление гидравлич. П. совершается распределительным механизмом (дистрибутор), связанным с заполненным водою под давлением нагнетательным трубопроводом. Для непосредственной подачи воды в рабочий цилиндр в настоящее время строят многоступенчатые гидравлич. насосы с автоматич. регулировкою как количества, так и давления подаваемой воды в зависимости от нагрузки П. К недостаткам такой установки нужно отнести следующее: если насос работает непрерывно, то вода при остановке П. переключается обратно к насосам и т. о. часть работы насосов теряется; в процессе работы наибольшее давление получается не сразу, а постепенно, поэтому работа насоса д. б. строго согласована с работою П. Рабочее давление достигает 300—400 *atm*.



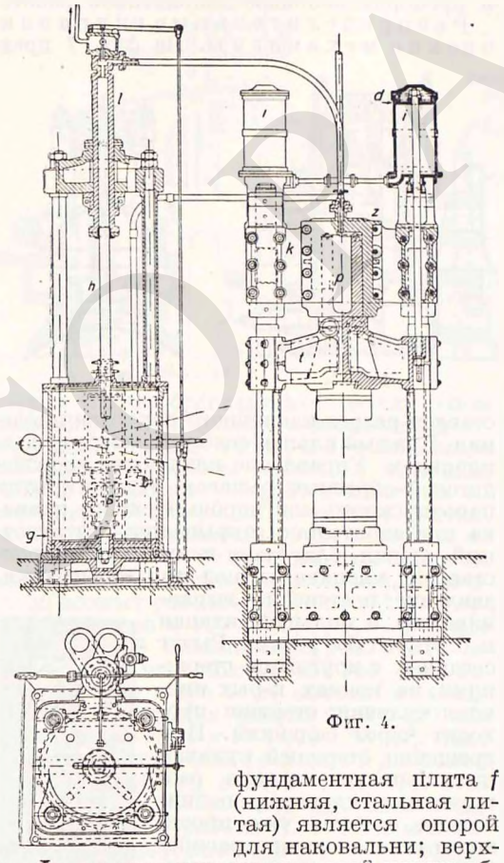
Фиг. 3.

Парогидравлические П. Каждый такой П. состоит из следующих главных частей: собственно П. и мультипликатора. На фиг. 3 помещен эскиз П. с мультипликатором мощностью 300—1 500 *т* англ. фирмы Davy Brothers Ld, Sheffield. Давление пара в этих П. принято в 10 *кг/см²*. Гидравлич. давление составляет 400 *кг/см²*. Размеры, указанные на фиг. 3 буквами, даны в табл. 2. Основное преимущество П. с мультипликатором состоит в том, что на той части хода, где плунжер П. не встречает сопротивле-

Табл. 2.—Размеры кузнечных П. с мультипликаторами (в *мм*).

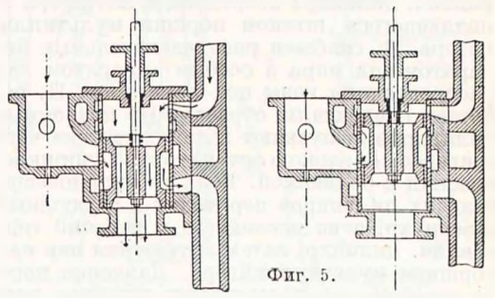
Мощность П. в *т*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*I*	*K*	*L*	*O*	*P*	*Q*	*R*	*S*	*T*	*U*
300	610	1 065	530	3 200	1 980	5 030	4 345	1 220	535	2 210	5 180	2 590	2 440	3 660	1 295	1 600	1 450	2 360
400	685	1 220	610	3 605	2 590	5 790	4 725	1 295	535	3 125	5 710	2 745	2 590	3 960	1 295	1 600	1 450	2 590
500	760	1 525	760	4 955	3 200	4 570	6 250	2 745	610	3 355	4 875	3 580	3 050	4 650	1 370	1 700	1 980	3 200
600	915	1 525	760	5 205	3 505	5 105	6 555	2 895	760	3 505	4 800	3 660	3 050	4 955	1 525	1 830	1 980	3 430
800	1 065	1 830	915	5 790	3 380	5 640	7 160	2 745	915	3 660	5 485	4 040	3 355	5 410	1 675	1 830	1 980	3 660
1 000	1 220	2 135	1 065	6 400	4 115	5 030	8 080	2 745	990	3 960	6 095	4 875	3 810	6 705	1 755	1 905	2 085	4 190
1 200	1 220	2 440	1 140	6 605	4 345	5 335	8 915	3 200	1 065	4 280	6 320	5 335	4 570	7 470	1 755	2 005	2 135	4 650
1 500	1 370	2 745	1 220	7 265	5 255	6 325	9 980	3 200	1 220	4 570	7 010	6 095	4 725	8 305	1 980	2 235	2 135	5 180

ния, в рабочий цилиндр П. поступает вода из трубопровода низкого давления (4—6 *кг/см²*), достаточного для преодоления сопротивления движению плунжера. Когда это давление оказывается недостаточным, пускают в ход мультипликатор, к-рый нагнетает воду давлением до 400 *atm* и выше и производит полезную работу П. Составные части собственно П. (фиг. 4) следующие:



Фиг. 4.

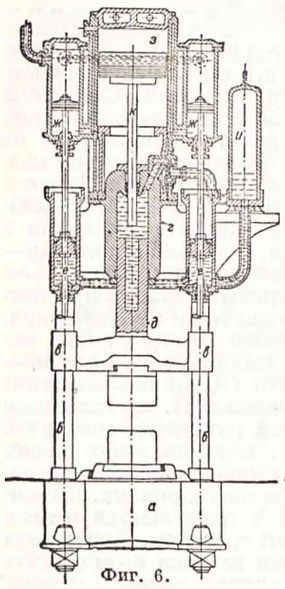
фундаментная плита *f* (нижняя, стальная литая) является опорой для наковальни; верхняя и нижняя поверхности этой плиты обработаны; для четырех колонн имеются точно высверленные отверстия. Верхняя плита *k*—стальная литая; для рабочего цилиндра и колонн высверлены отверстия; на этой плите кроме того устанавливаются 2 подъемных цилиндра *i*, *i*. Обе плиты связаны колоннами; последние точно пригнаны по соответствующим отверстиям и устанавливаются строго параллельно, т. к. служат направляющими для подвижной траверсы. Особенное внимание обращается на закрепление колонн, от чего зависит жесткость конструкции П., обусловливающая правильность работы. Подвижная траверса *t* отливается из стали, имеет 4 муфты соответственно расположению колонн со вставными бронзовыми вкладышами. Рабочий плунжер *p* изготовляется из стали, поверхность его тщательно отполирована; плунжер наглухо соединен с подвижной траверсой. Гидравлич. рабочий цилиндр *г* изготовляется из стального литья, устанавливается на верхней плите (архитрав) и закрепляется на последней. Подъемные цилиндры *i* располагаются по сторонам рабочего гидравлич. цилиндра. Штоки поршней *d* этих цилиндров прикрепляются непосредственно к подвижной траверсе. Эти цилиндры и поршни, работающие паром, изготовляются из чугуна; поршни снабжены соответствующими поршневыми кольцами; штоки изготовлены из кованой стали; сальники имеют мягкую набивку. Наковальня изготовляется из литой стали; для установки нижней обжимки в наковальне выбраны пазы в форме ласточкина хвоста; наковальня устанавливается на нижней плите П. Для П. мощностью в 1 000, 1 200 и 1 500 *т* взамен наковальни изготовляется и устанавливается на нижней плите П. особая стальная плита с пазами для помещения на ней нижней обжимки. Мультипликатор занимает сравнительно небольшую площадь, устанавливается возле П. и состоит из парового цилиндра *g*, в к-ром движется поршень с поршневыми кольцами. Свободный конец штока *h* поршня служит плунжером гидравлич. цилиндра *l*, укрепленного на верхней плите мультипликатора, к-рая поддерживается четырьмя колоннами. Паровой цилиндр изготовляется из чугуна, устанавливается на особом солидном основании в виде чугунной плиты; гидравлич. цилиндр—из кованой или литой стали; шток тоже стальной. Мультипликатор снабжен золотником *s* (фиг. 5) для впуска и выпуска пара. Давление пара принято 10 *кг/см²*. При посредстве гидравлич. цилиндра мультипликатора м. б. достигнуто гидравлич. давление до 400 *кг/см²*. Управление П. производится при посредстве одной рукоятки, связанной с системой рычагов. Если давление падает мгновенно по каким-либо причинам, то автоматически включаются гидравлич. подъемные цилиндры, чем и исключается всякая возможность падения траверсы. Движением рукоятки управления имеется возможность точно регулировать длину хода П. и остановить его в любой момент. Воздушный резервуар соединяется с гидравлич. насосом и компрессором. В этом резервуаре заключаются вода и воздух под давлением 4 *кг/см²*. Скорость движения траверсы м. б. принята ок. 20 *см/ск* и число нажимов в 1 мин. при коротком ходе м. б. сделано в среднем 90—100.



Фиг. 5.

На фиг. 6 представлена схема парогидравлич. П. с мультипликатором иной конструкции, более компактной, чем предыдущая. Составные части этого П. следующие: нижняя плита *а*, верхняя плита, связанная с нижней четырьмя колоннами *б*, траверса *в*, перемещающаяся по этим колоннам, рабочий гидравлич. цилиндр *г*, плунжер *д*, 2 уравновешивающие цилиндра *е*, 2 подъемные цилиндра *эс*. На верхней плите установлены кроме того паровой цилиндр мультипликато-

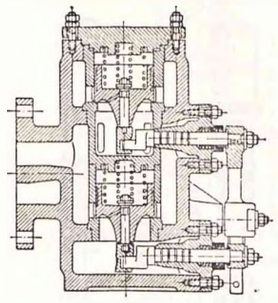
тора *з* и воздушный резервуар *и*. Нижняя плита укрепляется болтами на фундаменте. Фундамент рассчитывается только на вес П. Рабочий гидравлич. цилиндр составляет одно целое с верхней плитой. Чтобы уменьшить длину большого плунжера, последний изготовляют в форме полого цилиндра, в к-рый и проходит малый плунжер *к*. Верхнюю плиту и гидравлический цилиндр изготовляют из стального литья, плунжер и колонны—стальные кованые, точеные. Оба уравновешивающие цилиндра, расположенные по сторонам рабочего цилиндра, соединены между собой особой трубкой, а один из этих цилиндров соединен трубкой с воздушным резервуаром *и*.

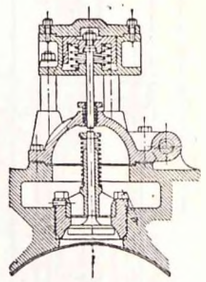


Фиг. 6.

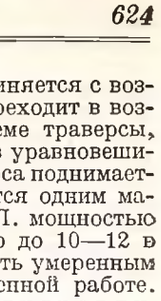
В процессе работы при опускании траверсы вода из уравновешивающих цилиндров переходит в воздушный резервуар, а из последнего в рабочий цилиндр; при обратном ходе вода поступает под поршни уравновешивающих цилиндров из воздушного резервуара. Давление в воздушном резервуаре поддерживается от 15 до 20 *atm*. Подъемные паровые цилиндры соединены особой трубкой. В мультипликатор пар впускается над поршнем. Давление пара передается воде гидравлич. цилиндра посредством плунжера *к*, являющегося штоком поршня мультипликатора. П. снабжен распределительным аппаратом для пара и особым аппаратом для распределения воды под давлением. П. работает следующим образом. Из подъемных цилиндров выпускают пар, вследствие чего траверса с поправкою опускается до соприкосновения с болванкой. Вода из уравновешивающих цилиндров переходит в воздушный резервуар, а из последнего в рабочий гидравлич. цилиндр, затем впускается пар над поршнем мультипликатора. Давление пара на поршень передается через плунжер гидравлич. цилиндру; в это время рабочий гидравлич. цилиндр автоматически отключается от уравновешивающих цилиндров. Давление в рабочем цилиндре доходит до 600—650 *кг/см²*. При конце нажатия пар выпускают из цилиндра мультипликатора и впускают под поршни подъемных цилиндров. Траверса поднимается до своего начального положения. Поршень мультипликатора также передвигается в верхнее положение под давлением воды в силу того, что давление в воздушном резервуаре превышает то давление, к-рое вызвано весом поршня. В случае обработки болванки значительной толщины, когда требуется выше поднять траверсу, поступают след. обр. Пар из цилиндра мультипликатора выпускают, оставляя пар под поршнями подъемных цилиндров; рабочий гидравлический цилиндр соединяется с воздушным резервуаром; вода переходит в воздушный резервуар при подъеме траверсы, а из воздушного резервуара в уравновешивающие цилиндры. Т. о. траверса поднимается еще выше. П. обслуживается одним машинистом. Число нажатий в П. мощностью 3 000—4 000 *т* м. б. доведено до 10—12 в мин. Расход пара можно считать умеренным и пропорциональным выполненной работе.

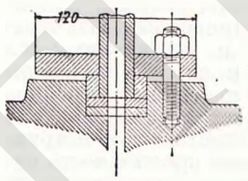
Распределительные гидравлические механизмы. На фиг. 7 пред-


Фиг. 7.


Фиг. 8.

ставлен разрез клапанного парораспределения. Каждый клапан снабжен разгрузочным клапаном. Управление клапанами производится Т-образным рычагом. При открытии паровпускного или паровыпускного клапана предварительно открывается разгрузочный клапан, благодаря чему оба пространства над клапаном и под ним сообщаются, давление постепенно выравнивается и большой клапан м. б. открыт без усилия. Рычаг соединен с круглыми стержнями, на концах к-рых имеются кулачки; стержни проходят через сальники. При вращении стержней кулачки подталкивают сначала разгрузочные клапаны, поднимая их, а затем уже происходит и перемещение распределительного клапана; каждый клапан загружен цилиндрич. пружиной. На фиг. 8 представлен разрез клапана для наполнения. На фиг. 9 изображена манжета для уплотнения плунжера, а на фиг. 10—деталь присоединения напорной трубы к гидравлич. цилиндру.


Фиг. 9.



Фиг. 10.

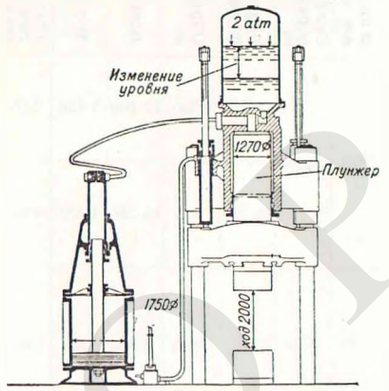
На преодоление трения в манжетах при движении плунжера затрачивается 15% номинальной мощности. Сопротивление от трения (R *кг*), противодействующее движению плунжера при давлении p, по Вольнеру определяется по ф-ле:

$$R = R_0 + \pi \cdot D \cdot b \cdot p \cdot \mu,$$

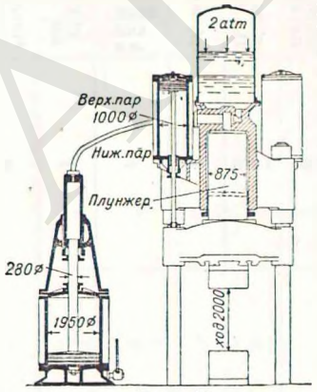
где b—высота трущейся поверхности набивки (манжета), принимаемая в 1,2—2,0 *см*; p—рабочее давление воды; μ—коэф. скользящего трения между плунжером и набивкою (0,03—0,21); D—диам. плунжера в *см*; R_0—сопротивление от неприработавшихся еще

вначале твердых манжет; при вертикальном плунжере R_0=0. Толщина стенки гидравлич. цилиндра и плунжера определяется по обычным ф-лам сопротивления материалов для толстостенных сосудов.

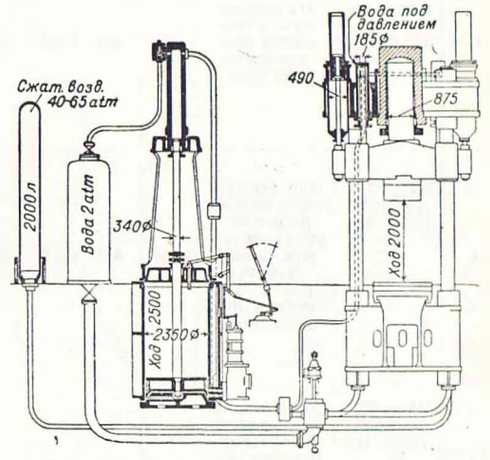
Со времени начала применения П. для ковочных работ было разработано и пущено в эксплоатацию значительное количество П. разных систем, отличающихся между собою только конструктивными особенностями отдельных составных частей и деталей, тогда как принцип работы оставался прежний. Табл. 3 характеризует работу ковочных П. последних конструкций и разных систем. Схемы рассматриваемых П. представлены на фиг. 11, 12 и 13. Всеми испытываемыми П. была выполнена одинаковая работа, а именно: 30 полных рабочих ходов по 150 *мм* глубины проковки и 110 легких рабочих ходов по 50 *мм*; 30 полных обратных ходов по 250 *мм* и 110 неполных по 150 *мм*, все в течение 12 мин.; при этом полная полезная работа П. считается равной 25 000 000 *кгм* [2 500 000 *кг* × (30 × 15 + 110 × 5) *см*]. Для вычисления стоимости расходов и экономии принята стоимость 1 kWh—23,5 к. и 1 *т* пара—23 р. 50 к. Тепловой кпд равен отношению полезной работы П. к механич. эквиваленту тепла, выделенного за это время углем в топке паровых котлов, обслуживающих П. При обратном ходе плунжера д. б. преодолены силы, действующие при холостом ходе подвижной траверсы вниз и состоящие: 1) из веса движущихся масс (траверсы, плунжера и бойка); 2) из давления воды на рабочий плунжер, соответствующего давлению в наполняющем резервуаре; 3) из сил ускорения движущихся масс для достижения требуемой скорости холостого хода; 4) из сил трения; при этом сопротивление при обратной подаче воды из рабочего цилиндра в наполняющий резервуар слагается из статич. давления, соответствующего уровню воды в резервуаре, и из динамич. давления, соответствующего скорости движения обратного потока воды. Сопротивление обратному ходу в чисто гидравлич. П., работающих при сравнительно невысоких давлениях, вследствие большого веса движущихся масс получается больше, чем в парогидравлич. П. Для чисто гидравлич. П. мощностью в 2 500 *т* необходимо преодолеть при обратном ходе силу ок. 225 *т*, а для такого же парогидравлич. П.—ок. 150 *т*. К преимуществам чисто гидравлических П. должны быть отнесены наряду с известной простотой установки также возможность осуществления длинных рабочих ходов, а также то обстоятельство, что вследствие действия инерции масс аккумулятора давление в рабочем цилиндре возрастает к концу рабочего хода. В виду этих свойств чисто гидравлич. П. предназначаются преимущественно для штамповальных и прошивочных работ. К недостаткам следует отнести то, что обслуживаемые вручную распределительные устройства находятся под высоким давлением и частые переключения на перемену хода могут вызвать гидравлич. удары в трубопроводах и следовательно повреждения последних. Далее необходимо отметить, что чисто гидравлич. П., особенно предназначаемые для выполнения крупных ковочных работ, требуют и солидных гидравлич. установок. При выходе из строя по каким-либо причинам аккумуляторной установки неизбежно д. б. приостановлена и работа П. Кроме того степень использования крупного П. невысока вследствие значительных по времени перерывов в работе, зависящих от характера процесса работы. Хотя в Англии изготовляют иногда П. мощностью более 1 000 *т* чисто гидравлические, в Германии лишь П. малой



Фиг. 11.



Фиг. 12.



Фиг. 13.

мощности или П. особого назначения строят чисто гидравлические. Вследствие указанных недостатков чисто гидравлич. П. перешли на изготовление парогидравлич. П., применяя взамен аккумулятора мультипликатор. В чисто гидравлич. П. подводимая рабочая вода находится под определенным постоянным давлением и периодически пускается в рабочие цилиндры. В парогидравлич. П. вода высокого давления вырабатывается в период ковочной работы для каждого хода отдельно. К преимуществам парогидравлич. П. нужно отнести то, что все распределительные органы, в противоположность чисто гидравлич. П., находятся под низким давлением и что они совершенно не

Табл. 3.—Характеристика работы ковочных П. разных систем

	Система и размеры П.				Мультипликатор			Обратный ход			Расход воды гидравлич. установкой *1				
	Рабочий ход	Обратный ход	Давл. перед плунж., atm	Ø плунж. П., мм	Паров. цилиндр Ø, мм	Паров. цилиндр полезн. ход, мм	Ø штанги, мм	Число цилиндров	Ø цилиндров, мм	Сила тяги обратн. хода, т	Гидравлич. плунжер, л	Обратн. ход, л	Всего, л	В 1 мин., л	Расход энергии центр. станции, kWh
1	Чисто гидравлич. (аналогичный фиг. 11, но без мультипликатора)		200	1 270	—	—	—	2	270	225	14 330	2 760	17 090	1 450	147
											14 330	875	15 205	1 330	135
2а	Парогидравлич. (фиг. 11)	От гидравлич. установки при 200 atm	200	1 270	1 750	2 000	370	2	270	225	—	2 805	2 805	245	25
	Может быть применен так же, как чисто гидравлич. П. на давлении 200 atm										—	880	880	75	7,6
2б	Парогидравлич. (аналогич. фиг. 11)	От гидравлич. установки при давлении 200 atm	430	875	1 950	2 000	280	2	220	150	—	1 871	1 871	156	15,7
											—	585	585	49	4,9
3а	Парогидравлич. (фиг. 12)	Пар (управление подъемным цил. верхним паром, нижн. паровое простр. постоянно под давлением)	430	875	1 950	2 000	280	2	1 000	150	—	—	—	—	—
											—	—	—	—	—
3б	Парогидравлич. (фиг. 12)	Пар(управление подъемным цил. нижним паром с перепуск. в пространство над поршнем)	430	875	1 950	2 000	280	2	1 000	150	—	—	—	—	—
											—	—	—	—	—
4	Парогидравлич. (фиг. 13)	Воздушно-гидравлический. Давление сжатого воздуха от 45 до 65 atm	430 (те же и для двух вспомог. гидравлич. цилиндров)	875	2 350	2 500	340	2 цил. обр. хода	490	150	—	—	—	—	—
								2 вспомог. гидр. цил.	185	245	—	—	—	—	—

*1 Экономия при использовании пара в подогревателе исчислена из экономии угля. *2 Без переклю в цилиндрах обратного хода при частичных рабочих ходах. *4 Холостой ход 1,75 м. *5 Холостой ход цилиндра. *8 При выключенных двух вспомогательных гидравлич. цилиндрах. *9 Кпд при получении

мощностью по 2 500 m при выполнении одинаковой ковочной работы.

Расход пара			Затраты			Экономия при использовании мятого пара				Общая стоимость энергии, затрач. на ковочные работы		Стоимость, отнесенная к работе чисто гидравл. П., принятой за 1		Тепл. кпд, отнесен. к теплу топлива, затрач. в топке котла			Примечание
						а) в турбине низк. давления		б) в подогревателе питательной воды						без использ. мятого пара, η_{th}	с использ. отработ. пара		
Мультипликатор, кг	Обратн. ход, кг	Всего, кг	Пар, руб.	Вода подпит., руб.	Всего, руб.	kWh	стоим., руб.	колич. отраб. пара, кг	стоим., руб. *1	а)	б)	а)	б)		а) в турб. низ. давл., η_{th}	б) в подогр. для воды, η_{th}	
—	—	—	—	34,55	34,55	—	—	—	—	34,55	34,55	1	1	0,0531 (0,094) *9	—	—	*2
—	—	—	—	31,73	31,73	—	—	—	—	31,73	31,73	0,92	0,92	0,058 (0,103) *9	—	—	*3
1 860	—	1 860	43,71	5,88	49,59	59	13,87	1 490	23,97	38,72	25,62	1,03	0,740	0,0306	0,0322	0,0582	*2
1 915	—	1 915	45,00	1,79	46,79	59	13,87	1 530	24,91	32,92	21,88	0,95	0,635	0,0315	0,0326	0,0639	*3
2 308	—	2 308	54,24	3,69	57,93	73	17,16	1 850	29,73	40,77	28,20	1,28	0,815	0,0258	0,0267	0,0505	*2
2 380	—	2 380	55,93	1,15	57,08	73	17,16	1 910	30,67	39,93	26,41	1,25	0,765	0,0259	0,0269	0,0509	*3
	2 300	4 608	108,29	—	108,29	146	34,31	3 695	53,33	73,80	48,95	2,14	1,420	0,0135	0,0140	0,0280	*2, 4
2 308	1 637	3 945	92,71	—	92,71	125	29,38	3 160	50,88	63,39	41,83	1,83	1,210	0,0154	0,0164	0,0327	*2, 5
	1 161	3 469	81,52	—	81,52	110	25,85	2 780	44,65	55,68	36,87	1,61	1,070	0,0179	0,0187	0,0373	*2, 6
	551	2 929	68,69	—	68,69	93	21,86	2 350	37,84	46,99	31,00	1,36	0,898	0,0213	0,0221	0,0443	*3, 4
2 378	637	3 015	70,85	—	70,85	96	22,56	2 450	39,36	48,30	31,49	1,40	0,910	0,0207	0,0215	0,0436	*3, 5
	661	3 039	71,42	—	71,42	96	22,56	2 475	39,83	48,87	31,58	1,41	0,910	0,0205	0,0214	0,0432	*3, 6
	442	2 750	64,63	—	64,63	87	20,45	2 210	35,49	45,29	29,14	1,28	0,834	0,0227	0,0235	0,0470	*2, 4
2 380	255	2 563	60,23	—	60,23	82	19,27	2 060	33,14	42,07	27,10	1,19	0,785	0,0243	0,0253	0,0502	*2, 5
	355	2 663	62,58	—	62,58	84	19,74	2 135	34,31	43,95	28,27	1,24	0,820	0,0234	0,0243	0,0484	*2, 6
	215	2 593	60,94	—	60,94	82	19,27	2 080	33,49	42,78	27,45	1,19	0,795	0,0240	0,0251	0,0500	*3, 4
2 378	155	2 533	59,53	—	59,53	80	18,80	2 030	32,67	41,81	26,86	1,18	0,777	0,0246	0,0256	0,0508	*3, 5
	190	2 568	60,35	—	60,95	82	19,27	2 065	33,37	42,19	26,98	1,19	0,780	0,0242	0,0251	0,0506	*3, 6
2 250		2 250	52,88	—	52,88	72	16,92	1 800	28,91	37,07	23,97	1,04	0,694	0,0265	0,0288	0,0574	*7
2 050		2 050	48,18	—	48,12	65	15,28	1 615	26,44	34,0	21,74	0,955	0,623	0,0291	0,0316	0,0634	*8

чения на постоянное давление в цилиндрах обратного хода. *3 С переключением на постоянное давление 1,00 м. *6 Холостой ход 0,50 м. *7 При нормальной работе включены два вспомогательных гидравлич. электрич. энергии от газодинамо, работающих на колошниковом газе.

© ГПНТБ

требуют устройства дорогостоящих аккумуляторных и насосных установок. К недостаткам парогидравлич. П. нужно отнести плохое использование пара как в мультипликаторе, так и в подъемных цилиндрах (обратный ход) вследствие того, что пар в этих случаях работает почти без расширения. Кроме того длинный ход плунжера м. б. получен лишь путем нескольких последовательных ходов мультипликатора, что становится невыгодным в экономич. отношении. Мультипликаторы рассчитываются на подачу воды в объеме, соответствующем расходу при ходе рабочего плунжера в 100—200 *мм*. Парогидравлические П. обычно предназначаются лишь для свободной ковки и вытяжки. Нормально парогидравлич. П. работают водою под давлением 400—500 *atm*. В конструктивном отношении парогидравлич. П. различаются устройством для обратного хода плунжера, а именно подъемные цилиндры могут работать или паром или водою под давлением или наконец при посредстве сжатого воздуха. На фиг. 11 изображен схематически парогидравлич. П. с гидравлич. подъемными цилиндрами. На фиг. 12 показан парогидравлич. П., применяемый гл. обр. для больших ковочных работ с паровыми подъемными цилиндрами. На фиг. 13 показана схематически другая конструкция парогидравлич. П. с паровым мультипликатором и подъемными цилиндрами, работающими сжатым воздухом. Чтобы уменьшить расход пара, его заменяют в подъемных цилиндрах водой под давлением или сжатым воздухом. При чисто гидравлич. подъеме (обратном ходе) необходима установка отдельного мультипликатора или специального насосного агрегата для обслуживания подъемных цилиндров. В эксплоатации такая установка является весьма сложной, т. к. машинисту приходится следить за распределительными аппаратами как для рабочего хода плунжера, так и для подъема. Этот недостаток ослаблен в конструкциях с воздушными подъемными цилиндрами. Возле последних ставят 2 вспомогательных гидравлических цилиндра. Вода под давлением поступает в эти цилиндры от мультипликатора в пространство над плунжером, причем последние опускают вниз траверсу. Размеры этих вспомогательных гидравлических цилиндров д. б. выбраны так, чтобы развиваемая ими мощность была достаточной для приведения подвижной траверсы из верхнего положения в нижнее. При этом сжатый воздух, расширившийся в подъемных цилиндрах при ходе рабочего плунжера и траверсы вверх до 40 *atm* (примерно), при обратном ходе траверсы переходит снова в воздухосборник и в то же время сжимается здесь до давления в 65 *atm*. Подающий плунжер мультипликатора д. б. так рассчитан в отношении подачи количества воды, чтобы ее было достаточно для упомянутых вспомогательных цилиндров и для рабочего цилиндра на длину ковочного хода в 150 *мм*. При этих условиях как подвод бойка к поковке при помощи вспомогательных гидравлич. цилиндров, так и рабочий ход плунжера производятся за один ход мультипликатора. В табл. 4 приведено изменение величины усилия N, потребного для обратного хода траверсы, в зависимости от длины h хода плунжера от верхней мертвой точки

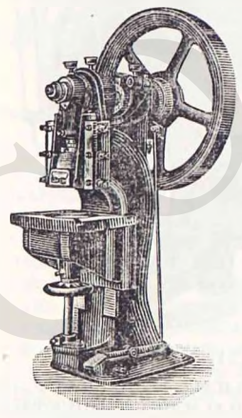
Табл. 4.—Изменение величины усилия N в зависимости от длины хода h.

h, *мм* . .	0	265	530	795	1 060	1 325	1 590	1 855
N, *т* . .	150	161	172	181	199	216	236	257

В отношении потребления тепла чисто гидравлич. П. работают при наиболее выгодных условиях. Теплоиспользование в чисто гидравлич. П., как позволяет судить тепловой кпд, сравнительно высокое. Только парогидравлич. П. с гидравлич. обратным ходом и с использованием отработанного пара, а также парогидравлич. П. с применением сжатого воздуха для подъемных цилиндров и при использовании мятого пара превосходят по величине кпд чисто гидравлич. П. Тепловой кпд чисто гидравлич. П. составляет в среднем 5—6% при получении электрич. тока от паротурбины. На экономичность работы парогидравлич. П. влияет также в значительной степени и сама конструкция его. Расход пара в мультипликаторе разных систем П. колеблется незначительно; более существенное значение имеет способ подъема траверсы. Наиболее выгодной оказывается работа П. с гидравлич. подъемом и затем с использованием для этой цели сжатого воздуха. Экономичность работы П. может быть повышена при условии использования отработанного пара. Эксплоатационные расходы понижаются на 30% при использовании отработанного пара в турбинах низкого давления и на 50—60% при использовании для других надобностей, напр. для подогрева питательной воды или для отопительных целей. Для того чтобы можно было установить наибольшую выгодность того или другого П., необходимо принять во внимание экономич. данные не только в отношении расхода тепла, но и размеры капитальных затрат на установку. **Л. Лебедев.**

П. эксцентриковые. В эксцентриковых П. вращение рабочего вала преобразуется в поступательно-возвратное движение ползуна либо с помощью эксцентрика, насаженного на прямой рабочий вал, либо посредством шатуна коленчатого вала. Эти П. приводятся в действие от трансмиссии или от отдельного мотора, установленного непосредственно на самом П. или рядом с ним. Для равномерности хода П. во время работы служит массивное маховое колесо. Для устранения опасности поломки механизма или станины при перегрузке в конструкцию П. вводится особый предохранитель, или р е г у л я т о р д а в л е н и я, устраиваемый обычно в столе П. или в ползуне. Применение этих П. в металлообрабатывающей промышленности чрезвычайно разнообразно, особенно при массовом или крупносерийном производстве различных мелких кузнечных изделий (болты, гайки, заклепки, костыли, гвозди и т. д.), при обработке более крупных изделий различными приемами ковки (оси, валы, рамы, рычаги, колеса, эксцентрики, сцепные вагонные приборы и т. д.), а также при массовом штамповании и протяжке самых разнообразных изделий и деталей из листового металла (газовая и электрич. арматура, вело- и моточасти, гильзы ружейные и орудийные, инструменты, посуда, скобяные, галантерейные и другие товары). Эксцентриковые П. изготовляются разнообразных конструкций, мощностей и величин; их классифицируют на два основных типа: 1) эксцентриковые П. с о т к р ы т ы м р а б о ч и м з е в о м и 2) эксцентриковые П. с з а к р ы т ы м р а б о ч и м з е в о м.

Общий вид П. первого типа показан на фиг. 14. В зависимости от различных производственных условий оба типа П. могут быть выполнены либо вертикальными, либо горизонтальными, либо наклоняемыми под произвольным углом к горизонту (фиг. 15). Мощность (сила давления) варьирует в очень широких пределах в зависимости от рода работ, характера, вида и свойств обрабатываемых материалов и в особо крупных и мощных моделях достигает 1 500 000 *кг* и выше. Станины в большинстве случаев делаются литые, с приданием им формы и размеров,



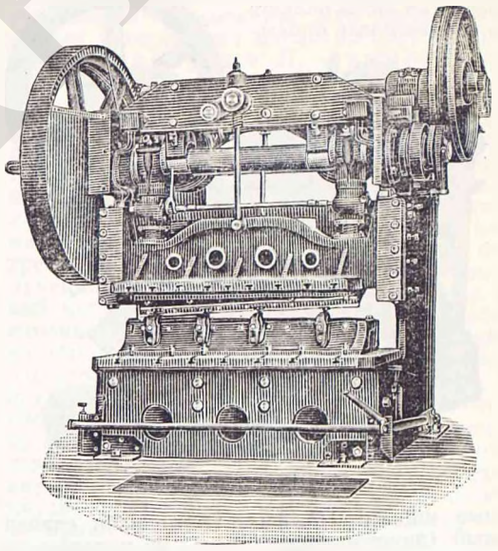
Фиг. 14.



Фиг. 15.

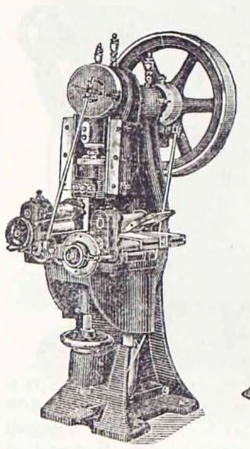
соответствующих типам, видам и мощностям П. Прочность станины—одно из существенных условий для надежности и безопасности работы П. (в крупных и мощных П. в особенности), и поэтому нек-рые фирмы выпускают свои П. со станинами, сделанными из стальных прокатных плит (фиг. 16). При открытом рабочем зеве П. делают как одностанинные, так и двухстанинные, при закрытом рабочем зеве или при сравнительно больших размерах стола П. делают двухстанинные с расположением между ними рабочего зева.

При всяких конструктивных формах П. его ползун имеет принудительное направление рабочего движения по направляющим, обычно снабжаемым бронзовыми вкладышами, легко сменяемыми в случае их износа. Изменение расстояния между нижней поверхностью ползуна и верхней поверхностью стола (открытие зева) м. б. достигнуто либо перестановкой ползуна либо перемещением с помощью винта рабочего стола П. (фиг. 14, 17). Включение П. производится либо ножной педалью или ручным рычагом либо с помощью мотора с кнопочным управлением последним. В зависимости от требований производства П. может быть сделан или с непрерывным поступательно-возвратным движением ползуна или ползун автоматически выключается в его высшем положении после каждого хода. Для этой цели обычно применяют т. н. однооборотную муфту, одна из конструкций к-рой была описана ранее (см. *Ножницы*). Во избежание несчастных случаев с рабочими П. снабжаются специальными приспособлениями для предохранения от случайного и непредвиденного включения их и внезапного повторного хода ползуна. Удобства и безопасность управления П. в работе требуют, чтобы расположение всех деталей управления было сосредоточено по возмож-

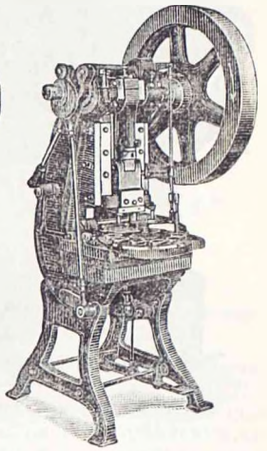


Фиг. 16.

ности близко и удобно для работающего на П. рабочего и с максимальной гарантией безопасности для него при производстве им всех необходимых в работе манипуляций с П. или с обрабатываемым материалом. Питание П. обрабатываемым материалом осуществляется ручным, полуавтоматич. или автоматич. путем. На фиг. 18 показан П. с автоматич. подачей заготовок для работы при



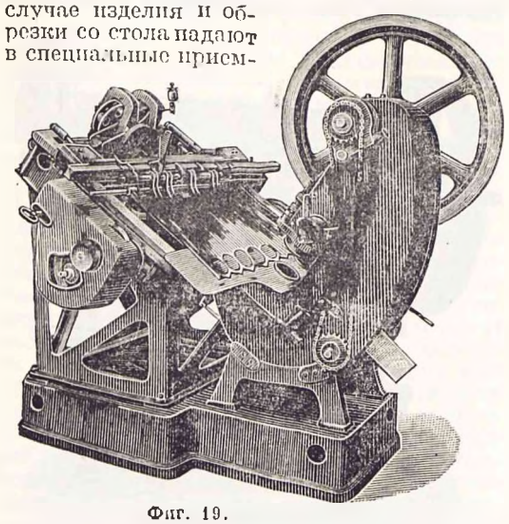
Фиг. 17.



Фиг. 18.

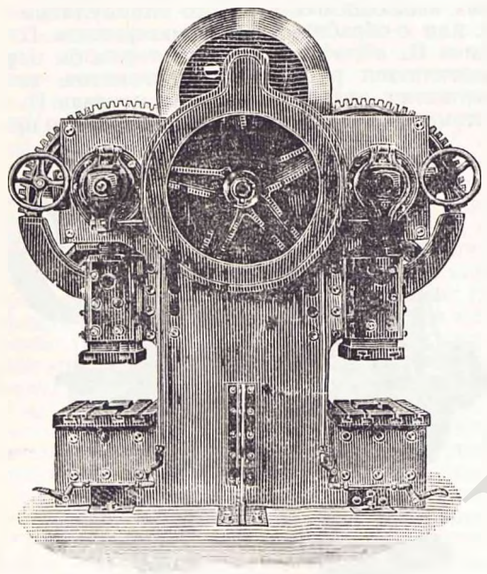
помощи прерывисто вращающегося диска (р е в о л ь в е р н а я п о д а ч а) в столе П. Обрабатываемые предметы вкладываются в гнезда (обычно не менее 8 гнезд) вращающегося диска и они автоматически подводятся под ползун П.; диам. диска 330—584 *мм*. На фиг. 17 показан П. с автоматич. питанием его в работе ленточным металлом при массо-

вой штамповке мелких изделий, а на фиг. 19 П. с автоматич. подачей для вырезания заготовок в шахматном порядке. При массовом производстве однообразных мелких изделий из тонкого листового или полосового металла применяют наклоняющиеся П.; в этом случае изделия и обрезки со стола падают в специальные прием-



Фиг. 19.

ные ящики. На фиг. 20 показан сдвоенный (двусторонний) пресс, на котором ведут различные операции по обработке одной и той же детали или же обрабатывают разные детали. В целях использования одних и тех же прессов для разных работ

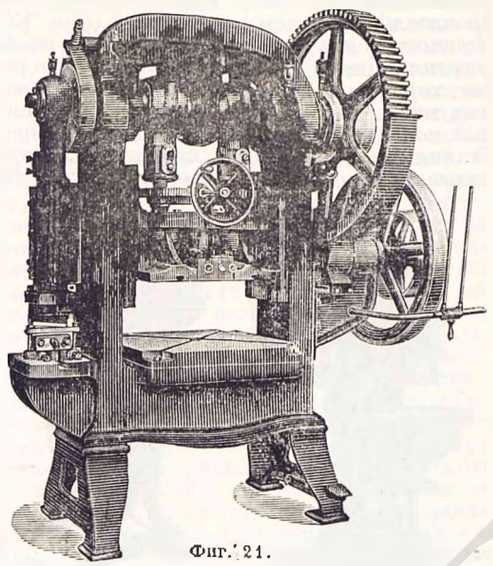


Фиг. 20.

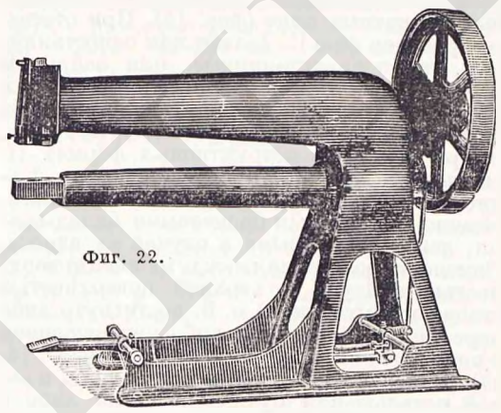
многие фирмы выпускают П., допускающие регулировку стола по высоте, возможность снятия стола и замены его специальным рогом для перехода к работам по загибанию или обжиму продольных фальцев, к клепке и т. д. В случаях необходимости П. могут быть снабжены небольшими ножницами (фиг. 21) или добавочным вспомогательным П., действующим от основного рабочего вала П., для производства нек-рых промежуточных операций при обработке детали или изделия на основном П.

Для обработки длинных полых изделий (труб, конусов и т. д.) применяют П. с удлиненным хоботом (фиг. 22), образующим соответственный вылет. При серийном производстве разных деталей машин, металлич. конструкций и т. д. устанавливают П., к-рые работают то как многоштемпельные дыропробивные П. то как гильотинные ножницы или штампуют или протягивают детали и т. д. П. такого типа показан на фиг. 16. Для перемены штампов или подачи и съема тяжелых деталей устанавливают в непосредственной близости к П. или даже на станине П. кран.

При штамповании (и протяжке) изделий на эксцентриковых П. очень существенную

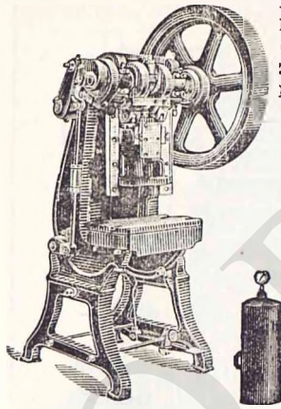


Фиг. 21.

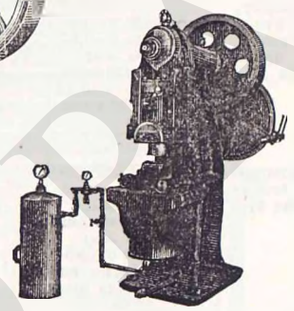


Фиг. 22.

роль играет глубина протяжки. Чем она больше, тем большая требуется вязкость и пластичность обрабатываемого металла во избежание возрастания брака в поделках от образования складок и трещин. Для углубления протяжки за один ход при изготовлении чашеобразных изделий из заготовленных металлич. кружков (высечек) применяют протяжные П. (фиг. 23) с двумя ползунами (наружным и внутренним), скользящими один внутри другого и с независимыми друг от друга движениями. В последнее время находят применение П., снабжаемые специальными пневматич. приспособлениями для зажима листов и для выбрасывания (эжектирования) протянутых изделий (фиг. 24). Введение этих приспособлений позволяет увеличить



Фиг. 23.



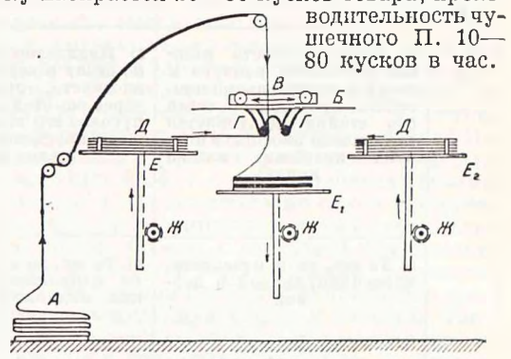
Фиг. 24.

глубину протяжки и выполнить в производстве несколько операций за один ход ползуна, например вырезать кружок, протянуть гильзу (трубку, чашку) и пробить отверстие в днище. Регулирование силы давления в пневматических приборах, необходимой для зажима обрабатываемых листов, очень легко и удобно производят с помощью специального клапана. Прессы одинарного действия, снабженные специальным пневматич. цилиндром, производят двойную протяжку за один ход ползуна (патент фирмы Вейнгартен). Пневматич. приспособлениями м. б. снабжены не только новые П., но и ранее установленные. При наличии в цехе готовой пневматич. сети воздушный резервуар при П., служащий для выравнивания давления, включают непосредственно в сеть, а если ее нет, то применяют соответствующую мощности П. индивидуальную компрессорную установку. Правильность работы П. и устранение причин появления брака в изделиях и напрасной порчи материалов по конструктивным недостаткам или небрежности постройки самых П. требуют, чтобы принимаемые от заводов-производителей П. удовлетворяли требованиям «норм точности». Эти нормы и методы проверки изложены в табл. 5 на ст. 639—40.

При обеспеченности завода (цеха, мастерской) длительной и полной загрузкой по массовому производству однообразных или однотипных изделий П. могут быть подобраны в строгом соответствии с характером выполняемой каждым работы и с узкой специализацией каждого П., в условиях же переменной и разнообразной производственной загрузки такая строгая специализация прессов м. б. невыгодной, и поэтому необходимо оборудовать цех П., допускающими возможность разнообразного применения. Кроме эксцентриковых П. в металлопромышленности получили значительное распространение П. рычажные (см. *Рычажные прессы*).

М. Архаров.

П. в текстильной промышленности употребляются для придания тканям костюмным, одежным и подкладочным, плательным, а также шерстяным и полушерстяным платкам шерстистой и плотной отделки (см. *Аппретура текстильных изделий*). Задача прессования заключается в том, чтобы придать тканям и закрепить на них блестящий или матовый вид, в зависимости от темп-ры прессования, способа набора на картон, времени прессования, давления и аппретуры, предшествовавшей прессованию. Для прессования тканей употребляют цилиндрические или желобчатые П.—самопрессы (см. *Желобчатый пресс* и *Мульден-пресс*) и гидравлические—чушечные, паровые и электрические П. Цилиндрич. П. отличаются большой производительностью, в гидравлических же П. ткань находится продолжительное время под давлением, отчего эффект прессовки выше. Чушки представляют собой горячие бруски, нагреваемые до желаемой $t°$ в печах. Для получения глянца товар набирают на глянцевый картон лицом к картону, а изнанка к изнанке или прокладывается листом картона или остается без него, соприкасаясь одна с другой. Для матовой бархатистой отделки куски товара складывают лицом внутрь и набирают на матовый картон изнанкой. Между двумя листами картона получается петля товара из двух полотен, сложенных лицом внутрь. В зависимости от характера отделки, переплетения ткани и пр. разные ткани набирают на картон по-разному. Между набранными на картон кусками товара кладут железные листы, между которыми помещают нагретые чугунные чушки. Набранная т. о. вагонетка товара вкатывается в П., где товар прессуется в течение 1—3 час. Степень прогрева чушек неодинаковая, поэтому отделка товара м. б. неоднородной, и кроме того затруднено охлаждение товара по окончании прессования, зато товар получается очень эластичный и бархатистый. В вагонетку набирается 20—80 кусков товара; производительность чушечного П. 10—80 кусков в час.

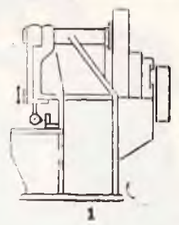
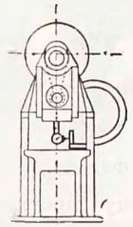
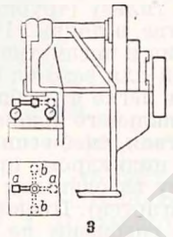
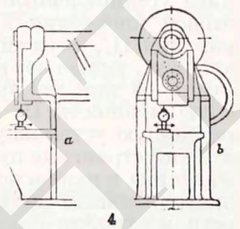
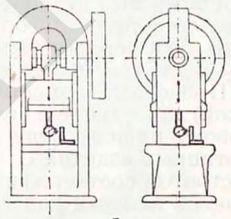
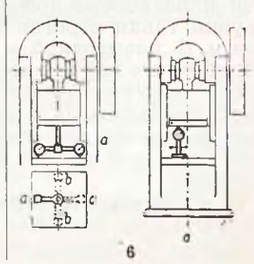


Фиг. 25.

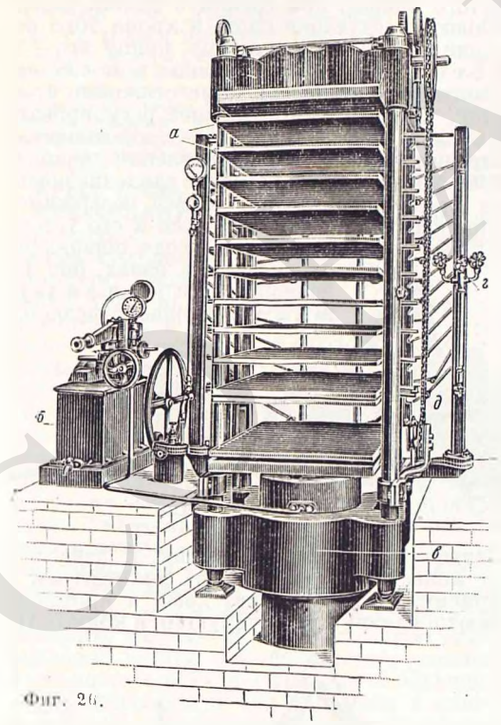
Для прокладывания картона или дощечек в товар служит следующая машина (фиг. 25): товар A поступает на движущийся по подставке $Б$ в горизонтальном направлении самоклад B, снабженный резиновыми шариками $Г$, к-рые посредством пневматич. устройства попеременно присасывают листы картона $Д$, помещенные на столах E и E_2, и кладут их между петель материи, складываемой на столе E_1. Столы E, E_1 и E_2 автоматически передвигаются по вертикали механизмами $Ж$.

В плитных П. товар помещается между обогреваемыми паром или электрич. током плитами. Давление в П. создается гидрав-

Табл. 5.—Нормы и методы проверки эксцентриковых П.

Тип П.	Объект проверки	Метод проверки	Допустимые отклонения в *мм*	Схемы установки индикаторов для испытания
П. с открытым рабочим зевом	1) Перпендикулярность направляющих ползуна к столу в вертикальной плоскости, проходящей через ось стойки (допускается наклон направляющих исключительно внутрь)	1) Индикатор укрепляется в ползуне, движущемся вверх и вниз, причем пуговка индикатора скользит по угольнику, установленному на столе в вертикальной плоскости, проходящей через ось стойки (схема 1)	Для П. с максимальным давлением: а) до 50 *т* отклонение 0—0,05 на 300 *мм*; б) 50—250 *т* отклонение 0—0,07 на 300 *мм*; в) свыше 250 *т* отклонение 0—0,13 на 300 *мм* хода	 1
	2) То же, но в плоскости, перпендикулярной к первой	2) То же, но с поворотом индикатора и угольника на 90° (схема 2)	а) до 50 *т* отклонение 0,03 на 300 *мм*; б) 50—250 *т* 0,05 на 300 *мм*; в) > 250 *т* отклонение 0,1 на 300 *мм* хода ползуна	 2
	3) Перпендикулярность крепления штемпеля к столу в вертикальной плоскости, проходящей через ось стойки (допускается наклон отверстия только внутрь)	3) Индикатор укрепляется в ползуне на рычаге, согнутом под углом 90°, причем пуговка индикатора касается стола в двух противоположных точках, отстоящих друг от друга на 300 *мм* в вертикальной плоскости, проходящей через ось стойки (схема 3, *а*)	а) до 50 *т* отклонение 0—0,05 на 300 *мм*; б) 50—250 *т* отклонение 0—0,07 на 300 *мм*; в) свыше 250 *т* отклонение 0—0,13 на 300 *мм* расстояния точек измерения	 3
	4) То же, но в плоскости, перпендикулярной к первой	4) То же, но с поворотом на 90° (схема 3, *b*)	а) < 50 *т*—0,03 на 300 *мм*; б) 50—250 *т*—0,05 на 300 *мм*; в) свыше 250 *т*—0,1 на 300 *мм* расстояния точек измерения	 4
	5) Параллельность нижней плоскости ползуна к столу в вертикальной плоскости, проходящей через ось стойки (допускается отклонение плоскости ползуна кнаружи, только книзу)	5) Индикатор движется по столу в вертикальной плоскости, проходящей через ось стойки, причем пуговка его касается нижней плоскости ползуна (схема 4, *а*)	а) до 50 *т* отклонение 0—0,5 на 300 *мм*; б) 50—250 *т* отклонение 0—0,07 на 300 *мм*; в) свыше 250 *т* отклонен. 0—0,13 на 300 *мм* перемещения индикатора	 5
	6) То же, но в плоскости, перпендикулярной к первой	6) То же, но с изменением направления движения индикатора на 90° (схема 4, *а*)	а) до 50 *т* 0,03 на 300 *мм*; б) 50—250 *т* 0,05 на 300 *мм*; в) свыше 250 *т* 0,1 на 300 *мм* перемещения индикатора	
П. с закрытым рабочим зевом	Объекты проверки те же, что и в П. с открытым зевом, но из-за наличия двух стоек основной плоскостью проверки делается вертикальная плоскость, проходящая через обе стойки	Методы проверки те же, что и в П. с открытым зевом (схемы 5 и 6)	Нормы отклонений во всех случаях одинаковы и выражаются следующими величинами: а) до 50 *т* отклонение 0,03 на 300 *мм*; б) 50—250 *т* отклонение 0,05 на 300 *мм*; в) свыше 250 *т* отклонение 0,08 на 300 *мм*	 6

лич. насосом, а охлаждение—циркулирующей в плитах водой. Набранный на картон товар закладывают между чугунными полыми плитами *а* (фиг. 26) по 1, по 2 куска и более и по заполнении П. прессуют при помощи гидравлич. насоса *б* до требуемого давле-


Фиг. 26.

ния. При определенном давлении (обычно 250—350 *atm*) выключают насос *б*, прогревают плиты *а* паром через трубу *г* и шарнирные трубки *д*. Прогрев ведут $^1/_2$—2 часа, следя за давлением, и по окончании прессования охлаждают плиты водой в течение $^1/_4$—1 часа или дают товару остыть самому. Горячие плитные П. делаются на 11—32 плиты. Гидравлический цилиндр обычно составляет одно целое с нижней неподвижной платформой *в*.

Широкие товары сначала дублируют, складывая пополам по длине лицо с лицом или изнанка с изнанкой, затем набирают на картон и прессуют. Производительность плитных П. 6—30 кусков в час на малых и 10—40 кусков на больших П. Расход мощности на насос 1,5—7 HP в зависимости от силы П.

Прессовку чулочных изделий производят на таких же П.; чулки перекладывают картоном. Загрузка в П. составляет 120—250 десятков, длительность прессовки $^1/_4$—$1^1/_2$ часа.

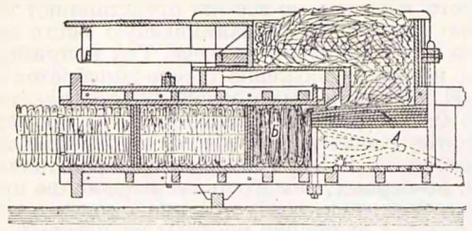
Для упаковки товара употребляют такие же П., но без плит. Куски товара прокладывают деревянными щитами. Товар выдерживают в П. 1—3 часа. В П. загружают 40—600 кусков.

Лит.: Буров Н. Ф., Аппретура и отделка хлопчатобумажных тканей, М.—Л., 1924; Иоксимович Ч. М., Отделка тканей, М., 1914; Серебряков А. М., Отделка суконных товаров, М., 1930; Холл А., Аппаратура для беления, крашения, печатания и отделки в текстильной промышленности, пер. с англ., Москва, 1929; Reiser N., Die Appretur der wollenen u. halbwollenen Waren, 2 Auflage, Leipzig, 1912.

З. Фукс.

П. для сена и соломы. Такие объемистые продукты сел. хозяйства, как сено и солома, хотя и уплотняются после укладки в стога и ометы, но все же представляют собою рыхлую массу, занимающую много места при небольшом уд. весе. Так например, уд. вес свежесложенного сена колеблется от 0,06 до 0,075. Через месяц он повышается до 0,09, через 6 месяцев—до 0,110. Уд. вес плотно слежавшейся соломы также приближается к 0,1. Эта громоздкость представляет, во-первых, значительные неудобства при хранении, т. к. требуется много места и вызываются излишние расходы на постройки, а во-вторых, затрудняется перевозка, особенно же на дальние расстояния как по ж.д., так и водным путем. Между тем вопросы дальнего транспорта сена и соломы приобретают теперь особенное значение. Во-первых, укрупненные хозяйства, специализированные на таких отраслях, как животноводство, требуют и будут еще более требовать в будущем доставки огромных количеств объемистых кормов к определенным местам с расстояний, значительно бóльших, чем это было при частновладельческом хозяйстве. Во-вторых, солома как сырье для производства целлюлозы и бумаги, особенно после изобретения способа получать из нее белую бумагу высокого качества, должна будет перевозиться из дальних степных и безводных мест к фабрикам и заводам, расположенным около значительных водных источников. Поэтому прессование сена и соломы в целях возможного уменьшения их объема является очередным вопросом, требующим к себе большого внимания. Степень прессования может быть различной. Для технич. переработки плотность можно доводить до значительных пределов, но если напр. сено или овсяная и другие соломы предназначаются для корма, то прессование не может быть произвольным. При помощи сильных П. плотность сена можно довести до 0,4 и выше, т. е. уменьшить его объем в 6 раз, тогда его уд. вес будет близок к плотности дерева (тополь). Но кормовые достоинства сена от сильного прессования страдают, т. к. стебли разрушаются и превращаются в труху. По Мельникову самой удобной плотностью для сена будет 0,24, т. е. уменьшение его объема в 4 раза. Сено недостаточно сухое прессуется слабо. Лучше прессуется сено с суходольных лугов. Солома с излишней влажностью также прессуется слабо. Помимо плотности при прессовании необходимо придавать продукту определенную форму и размеры. Так, если сухая солома идет из-под молотилки на хранение в закрытое помещение, то иногда за молотилкой ставят П., из-под к-рого она в виде беспрерывной ленты перемещается на склад в несвязанном виде. При прессовании же сена и соломы для транспорта требуется форма тюков определенных размеров, кратных размерам вагона, в к-рый тюки должны грузиться. При заготовках для нужд армии требуются тюки размерами 35 × 45 × 80 *см*, при весе ок. 50 *кг*, т. е. при очень сильном прессовании (уд. в. около 0,4). Прессование производится различным образом при помощи П. разных систем. По характеру процесса конструкцию сенных П. можно разбить на две группы: 1) действующие периодически и 2) непрерывно. П. первой группы бывают

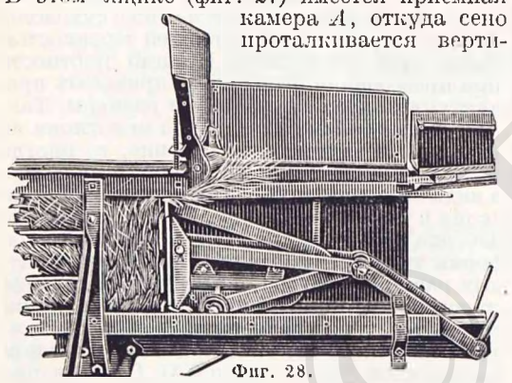
только ручные, тогда как второй приводятся в действие конной тягой или же механич. двигателем. П. первой группы не дают силь-



Фиг. 27.

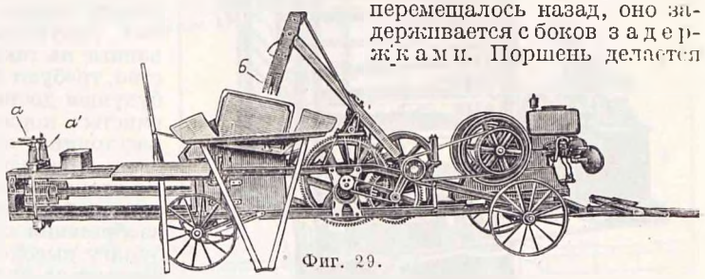
ного прессования. В них обитый листовым железом ящик, открытый сверху, набивают постепенно слоями, которые утаптывают ногами, с загибанием концов стеблей внутрь, а затем закрывают крышкой. При помощи механизма П. эта крышка приближается ко дну или же, наоборот, дно—к крышке и, когда прессование кончено, то тюк через прорезы в дне и крышке завязывается проволокой и вынимается. Винтовые П. не получили распространения, т. к. мало производительны, требуют много энергии и быстро изнашиваются. Из других конструкций распространены рычажные системы ручных сенных прессов Ингерсоля и Гиттона. Плотность прессования ручными П. невелика и доходит всего до 0,15. Соответственно с этим в закрытый вагон можно погрузить до 5 *m* и до 9 *m* на платформу. Часовая производительность их 0,4—0,5 *m*. Для работы необходимо 4 человека.

Вторая группа П., действующих непрерывно, работает совершенно иным способом. Основной частью такого П. (фиг. 27) является продолговатый, в виде трубы ящик прямоугольного поперечного сечения, составленный из отдельных брусков или металлич. полос, расположенных на нек-ром расстоянии друг от друга и связанных хомутами. В этом ящике (фиг. 27) имеется приемная камера *A*, откуда сено проталкивается верти-



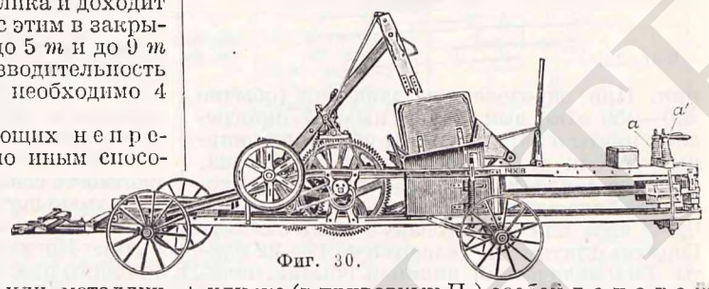
Фиг. 28.

кальными слоями поршнем в прессовальную камеру *Б*. Поршень квадратного поперечного сечения имеет возвратно-поступательное движение от коленчатого вала или от кривошипа зубчатого колеса (фиг. 28). Есть конструкции и более сложные, приспособленные к более сильному прессованию. Т. к. сено подается небольшими порциями, то прессование за один ход поршня может быть очень сильным; сжатие становится возможным потому, что порции сена, протолкнутого вперед, при трении о стенки задерживают следующие слои, а кроме того сечение ящика к наружному концу его — к устью — делается меньшим и может изменяться соответствующими стяжками *a*, *a'* (фиг. 29 и 30), что позволяет регулировать и степень прессования. Пока сопротивление передних слоев больше давления поршня, происходит сжатие; когда же давление поршня преодолеет трение, то все содержимое ящика начинает перемещаться к его устью. Чтобы сено при обратном ходе поршня не перемещалось назад, оно задерживается с боков задержками. Поршень делается



Фиг. 29.

меньшего сечения, чем ящик, и действует от коленчатого вала. Сено закладывают в приемную камеру через ковш и проталкивают в камеру или вручную (при конных П.)



Фиг. 30.

или же (в приводных П.) особой лопатой *б*, опускающейся автоматически в момент, когда поршень находится в своем начальном положении, и поднимающейся, когда поршень начинает рабочее движение. Чтобы разделить сено на тюки, в ящик закладывают особые разделительные доски (фиг. 27) с прорезами трапецоидальной формы для продевания проволоки. Когда тюк принял нормальную длину, его туго связывают тремя рядами проволоки. При дальнейшем движении тюк сам выходит из ящика, и его только остается убрать. По этой схеме построены все П., работающие как от конной тяги, так и от механич. двигателя. Конные П. имеют привод, смонтированный вместе с П. Привод этот имеет дышло, к-рое и приводится в движение упряжными животными (лошадьми и волами). Приводные П. действуют от механич. двигателя, который стоит отдельно или же монтируется на самом П. Производительность конных П. колеблется от 0,5 до 0,9 *m* в час при плотности от 0,26 до 0,3. Для работы нужны две смены лошадей и от $4^1/_2$ до $5^1/_2$ рабочих (один погонщик—полурабочий). При помощи приводных П., работающих от 4-, 6-сильного двигателя, плотность может быть доведена до 0,4. Часовая производительность их при 6—8 рабочих колеблется от 1,2 до 3,0 *m*. Кроме сена и соломы эти системы П. можно применять для прессования хлопка, древесной стружки (см. *Древесная шерсть*), идущей для укупорки плодов и посуды, и т. п.

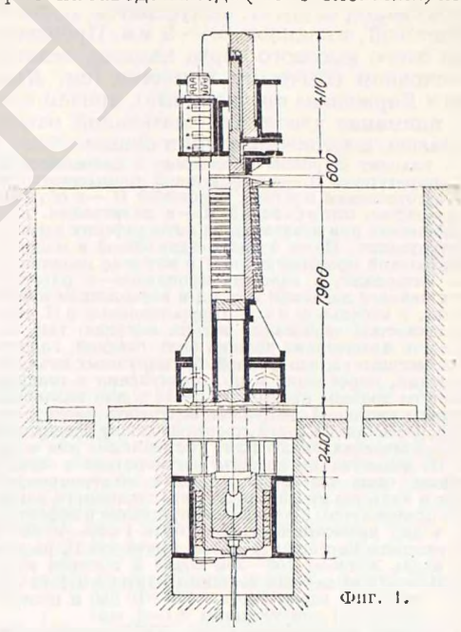
Лит.: Нольде А., Сенопрессование и сенные пресса, 2 изд., Ростов н/Д., 1915; Горячкин В., Пресс для сена и соломы, «Полная энциклопедия русского сельского хозяйства», СПБ, 1902; Отчет о третьей выставке сельскохозяйственных машин на Бутырском хуторе в 1897 г., Москва, 1898; Черняев В. В., О прессовании сена и сенных прессах, Петербург, 1882.

Н. Сладков.

ПРЕСС ДИКА, см. *Пресс*.

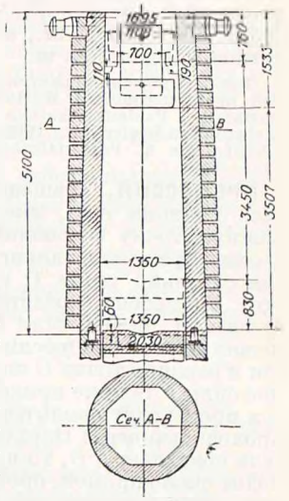
ПРЕССОВАНИЕ ЖИДКОЙ СТАЛИ, застывание жидкой стали под давлением, производимым гидравлич. прессом. Впервые этим способом, запатентованным Витвортом, в 1865 г. была получена на его з-де превосходная сталь (для пушек, брони и т. п.) с помощью пресса мощностью в 10 000 *m* (вес обрабатываемых болванок доходил до 45 *m*). Установка Витворта была очень проста в конструктивном отношении: чугунная массивная изложница с вертикальными стенками, усиленными снаружи обручами из литой стали, устанавливалась на тележке и по наполнении сталью подвозилась под пресс с двумя гидравлич. цилиндрами. Шток верхнего цилиндра, опускаясь, входил в отверстие изложницы до уровня стали и закреплялся в этом положении, после чего шток нижнего цилиндра, подымаясь плавно, толкал вверх тележку, изложницу и остывающую сталь; давление на нее верхнего штока усиливалось постепенно (до 1 000 *atm* и больше) и поддерживалось до тех пор, пока в слитке оставалась жидкая сердцевина (несколько часов для крупных слитков). Высота охладившегося слитка составляла $^7/_8$ высоты налитой в изложницу жидкой стали; так. обр. прессованием совершенно уничтожались газовые пустоты и усадочная раковина в верхней части слитка.

В 1902 г. было опубликовано описание нового способа П. ж. с., предложенного Арме (Harmet) и названного изобретателем протяжкой остывающей стали через изложницу. С теоретич. точки зрения способ Арме кажется вполне рациональным и в практич. осуществлении дает хорошие результаты в отношении качества стали, но, требуя дорогой установки, в к-рой зараз может находиться только один слиток (как и под прессом Витворта), он неприменим (с выгодой) для массового производства обыкновенной стали, отливаемой в сравнительно маловесные слитки. Установка Арме в общем та же, что и Витворта: пресс Арме тоже имеет 2 гидравлич. цилиндра, между штоками к-рых устанавливается подвозимая на тележке изложница с остывающей сталью, но эта изложница—конической формы (уклон внутренних стенок от 0,03 до 0,04) и устанавливается узким концом кверху. Шток нижнего цилиндра подымает только поддон, на к-ром застыла сталь, заклинивая ее между стенками изложницы и вызывая тем большее боковое давление на металл, аналогичное обыкновенной обработке под прессом. Охлажденный слиток не имеет раковины и пузырей; сверх того сегрегация в нем имеет весьма ограниченное распространение. Описанная недавно (1930 г.) и работающая теперь установка Арме на заводе Шкода (Чехо-Словакия) изо-



Фиг. 1.

бражена на фиг. 1. Она предназначена для прессования слитков 12—45 *m* в изложницах высотой 4,27—5,54 *м*; в нижней части на высоту 0,9—1,2 *м* изложница имеет цилиндрич. форму. Диаметр нижнего ныряла пресса 1,25 *м*, верхнего—0,67; ход верхнего 2,4 *м*, нижнего—1,33 *м*. Наибольшее давление—790 *atm*; оно достигается работой трехцилиндрового насоса, действующего от мотора в 50 HP. Слитки находятся под давлением 4—7 ч.; начинается прессование через 15—60 мин. по окончании разливки (крупные слитки требуют большего времени для образования толстой твердой оболочки). Скорость разливки стали (специальной) около 0,8 *m/мин*. На фиг. 2



Фиг. 2.

приведены детальные размеры изложницы, поддона и конца верхнего ныряла.

Лит.: Чернов Д. К., Исследования, относящиеся до структуры литых стальных болванок, П., 1915; Howe H. M., Metallurgy of Steel, p. 155—163, N. Y., 1890; Harmet H., The Compression of Steel by Wire-Drawing During Solidification in the Ingot Mould, «Journ. of the Iron a. Steel Institute», L., 1902, *II*, p. 146—214; Heyn E. u. Bauer O., Mitteilungen aus dem königl. Materialprüfungsamt, zu Grass-Lichterfelde, West, 1912, v. 30, p. 1—76; Kriz A., «Journ. of the Iron a. Steel Institute», L., 1930, *II*, p. 13—28.

М. Павлов.

ПРЕССШПАН, высший сорт картона, изготовляемый из тряпичной полумассы, макулатуры высокого сорта тряпичных бу-

маг, целлюлозы древесной (сульфитной и натронной); наполняющие вещества не применяются; проклейка ведется канифолью (3%) и крахмалом (2%). П. выпускается ролевой и листовой, толщиною 0,1—5 *мм*. Производство этого высокого сорта картона ведется в основном обычными методами (см. *Картон* и *Картонное производство*), причем особое внимание уделяется тщательной очистке массы, а также размолу и сушке.

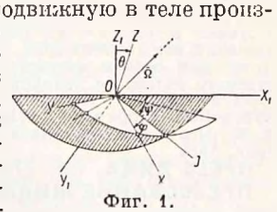
П. находит широкое применение в промышленности: аппретурный П.—в текстильной промышленности при изготовлении платков; сапожный П.—в обувном производстве; литографский П.—в полиграфич. промышленности при печатании на литографских камнях; электротехнич. П.—в электротехнической и машиностроительной промышленности в качестве изоляционного материала; в качестве прокладок—в паропроводах низкого давления и т. д.; в переплетном производстве, в мебельном и т. д. Предъявляемые к П. промышленностью требования весьма высокие; так, поверхность прессшпана должна быть гладкой, глянцевитой, нелощеной, однородной, без наружных изъянов, вдавлений, короблений и пр.; отклонения в толщине листов не должны превышать 5—10% для различной толщины листов; П. не должен содержать кислот, щелочей, растворимых солей, пропитывающих соединений и металлических включений; применяемые для окраски П. вещества не должны растворяться в спирте и масле; сажа вследствие хорошей электропроводимости в качестве красителя для изоляционного картона не применяется; пробивное напряжение в эффективных V для прессшпана должно быть 1 000—40 000 V для толщины картона 0,1—5 *мм*; прочность П. на разрыв вдоль волокон 700—350 *кг/см²* и поперек волокон 350—175 *кг/см²* для толщины картона 0,1—5 *мм*; число перегибов вдоль листа 1 000—10 000 и поперек листа 500—5 000 для толщины 0,1—1 *мм*.

Годовая выработка П. в СССР составляет ок. 4 000 *m*, из к-рых технич. П. не более 200 *m*, а остальной П. переплетный—значительно более низкого качества. Современная продажная стоимость (1931 г.) технич. П. составляет 2 000 руб. за *m* при толщине свыше 0,5 *мм*, импортного П. той же толщины 300—400 долл., а толщины 0,1 *мм*—свыше 800 долл. за *m*.

Лит.: «Бумажник-практик», М., 1928, *9*; «Бумажная промышленность», М., 1929, *8—9*, 1930, *1*; «Wochenblatt f. Papierfabrikation», Biberach (Riss), 1929; «Zellstoff u. Papier», B., 1929, *9*; Kirchner E., «Technologie d. Papierfabrikation», Biberach (Riss), 1897—1914.

В. Макошин.

ПРЕЦЕССИЯ, вращение той из главных осей инерции тела, имеющего одну неподвижную точку O (волчка), к-рая совпадает с осью вращения эллипсоида инерции тела относительно точки O в том случае, если этот эллипсоид представляет поверхность вращения; причем если центр тяжести тела лежит на этой оси и если помимо силы тяжести и реакции точки O никакие другие внешние силы к телу не приложены, то вращение оси происходит около вертикальной прямой, проходящей через O; если же центр тяжести тела совпадает с O, то вращение оси происходит около прямой, проходящей через главный момент количества движения тела относительно точки O. Пусть имеется твердое тело, к-рое может перемещаться около одной своей неподвижной точки O. Для определения положения рассматриваемого тела в пространстве возьмем две прямоугольные системы осей координат, имеющие одно общее начало в точке O, причем пусть одна из них (x_1, y_1, z_1) будет неподвижной в пространстве, а другая (x,y,z)—подвижной, но неподвижно связанной с перемещающимся телом. Положение последней системы относительно первой, а вместе с тем и положение тела определяются 9 cos углов, образованных осями x, y, z с осями x_1, y_1, z_1, к-рые, как известно из аналитич. геометрии, связаны 6 ур-иями, так что все 9 cos м. б. выражены при помощи 3 независимых переменных. В качестве последних удобнее всего взять т. н. у г л ы Э й л е р а, получаемые след. обр.: выбрав неподвижную систему осей x_1, y_1, z_1, проведем через точку O подвижную в пространстве, но неподвижную в теле произвольную ось z, образующую угол θ с осью z_1 (см. фиг. 1). Взяв затем прямую OJ, перпендикулярную к плоскости z_1Oz, проведем через последнюю прямую плоскость, перпендикулярную к оси Oz, после чего проведем на этой плоскости через O две взаимно перпендикулярные прямые Ox и Oy. Точно так же проведем через OJ плоскость, перпендикулярную к оси Oz_1, и в последней плоскости возьмем две взаимно перпендикулярные прямые Ox_1 и Oy_1. Обозначая углы x_1OJ через ψ и JOx через φ и считая положительными направления их, указанные на фиг. 1, получаем вместе с углом θ три угла Эйлера ψ, φ, θ. Прямая OJ называется л и н и е й у з л о в, угол ψ—у г л о м П., θ—у г л о м н у т а ц и и и φ—у г л о м с о б с т в е н н ы х в р а щ е н и й. Рассматриваемое тело, а вместе с тем и подвижная система осей x, y, z, будет в каждый данный момент совершать нек-рое вращение около нек-рой мгновенной оси, имея при этом угловую скорость $\bar{\Omega}$ (см. *Механика теоретическая*), проекции к-рой p, q, r на подвижные оси координат связаны с углами ψ, φ, θ следующими ур-иями:



Фиг. 1.

$$\left.\begin{aligned} p &= \psi' \sin\theta \sin\varphi + \theta' \cos\varphi, \\ q &= \psi' \sin\theta \cos\varphi - \theta' \sin\varphi, \\ r &= \psi' \cos\theta + \varphi'. \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Пусть к телу помимо силы реакции со стороны неподвижной точки O приложена еще система внешних сил $\boldsymbol{F}_1, \boldsymbol{F}_2, \ldots, \boldsymbol{F}_n$, главный момент к-рой по отношению к точке O пусть имеет проекции на оси x, y, z, равные соответственно L, M, N. Если выбрать оси x, y, z так, чтобы они совпали с главными осями инерции тела в точке O, то между L, M, N и p, q, r существуют соотношения, выражаемые следующими ур-иями, называемыми *уравнениями Эйлера* (см.):

$$\left.\begin{aligned} L &= A\frac{dp}{dt} + (C-B)\,qr, \\ M &= B\frac{dq}{dt} + (A-C)\,rp, \\ N &= C\frac{dr}{dt} + (B-A)\,pq, \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

где A, B, C суть главные моменты инерции тела в точке O. Из уравнений (1) и (2) м. б. определены p, q, r, а затем и углы ψ, φ, θ в функции времени, если значения p_0, q_0, r_0, ψ_0, φ_0, θ_0 этих величин, соответствующие некоторому начальному моменту времени, известны. Пусть в частности на движущееся тело во время его движения действуют только его сила веса G и реакция точки O и пусть ось z_1 будет выбрана вертикальной, а подвижные оси x, y, z выбраны совпадающими с главными осями инерции тела в точке O. Допустим далее, что центр тяжести тела лежит на оси z и что координаты этой точки

относительно подвижных осей суть ξ, η, ζ, а относительно неподвижных осей ξ_1, η_1, ζ_1. Т. к. живая сила W тела равняется в этом случае (см. *Эйлера уравнения*)

$$W = \tfrac{1}{2}(Ap^2 + Bq^2 + Cr^2), \quad (3)$$

то, исходя из того, что дифференциал живой силы равняется сумме элементарных работ всех внешних сил, приложенных к телу, получаем:

$$\tfrac{1}{2}\,d\,(Ap^2 + Bq^2 + Cr^2) = -\,mg\,d\zeta_1, \quad (4)$$

где m—масса всего тела. Интегрируя (4), имеем:

$$Ap^2 + Bq^2 + Cr^2 = -\,2\,mg\,\zeta_1 + C_1, \quad (5)$$

где C_1—нек-рая произвольная постоянная интеграции. В рассматриваемом случае сумма моментов всех внешних сил, действующих на тело, по отношению к оси z равна 0, вследствие чего главный момент количества движения тела относительно той же оси есть величина постоянная, т. е. проекция вектора главного момента количества движения на ось z_1 есть величина постоянная. Т. к. проекции главного момента количества движения относительно точки O на оси x, y, z суть Ap, Bq, Cr (см. *Эйлера уравнения*), то, обозначая cos углов, образованных осями x, y, z с осью z_1, через $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$, имеем:

$$Ap\gamma_1 + Bq\gamma_2 + C r\gamma_3 = C_2, \quad (6)$$

где C_2—нек-рая постоянная.

Так как

$$\left.\begin{aligned} \gamma_1 &= \sin\theta \sin\varphi, \\ \gamma_2 &= \sin\theta \cos\varphi, \\ \gamma_3 &= \cos\theta, \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

то из (6) и (7) имеем:

$$Ap \sin\theta \sin\varphi + Bq \sin\theta \cos\varphi + Cr\cos\theta = C_2. \quad (8)$$

Рассмотрим далее еще более частный случай, когда *эллипсоид инерции* (см.) относительно точки O есть поверхность вращения около оси z, содержащей также и ц. т. тела. В этом случае мы очевидно имеем:

$$A = B;\ \xi = \eta = 0 \quad (9)$$

и

$$\zeta_1 = \zeta\cos\theta. \quad (10)$$

Из (5) и (8) имеем тогда, принимая во внимание (9) и (10):

$$A(p^2 + q^2) + Cr^2 = -\,2\,mg\,\zeta\cos\theta + C_1, \quad (11)$$

$$A\sin\theta(p\sin\varphi + q\cos\varphi) + Cr\cos\theta = C_2. \quad (12)$$

Помимо этого из 3 ур-ия (2) имеем (т. к. $N=0$):

$$C\frac{dr}{dt} = 0,$$

$$r = \text{Const} = r_0. \quad (13)$$

Из (11), (12) и (13) имеем далее:

$$p^2 + q^2 = C_1' - C_1''\cos\theta, \quad (14)$$

$$(p\sin\varphi + q\cos\varphi)\sin\theta = C_2'' - C_2' r_0\cos\theta, \quad (15)$$

$$r = r_0, \quad (16)$$

где

$$C_1' = \frac{C_1 - Cr_0^2}{A};\quad C_1'' = \frac{2\,mg\,\zeta}{A};\quad C_2' = \frac{C}{A};$$

$$C_2'' = \frac{C_2}{A}. \quad (17)$$

Нетрудно усмотреть, что постоянные C_1' и C_2' положительны и зависят только от самого вращающегося тела, а постоянные C_1'' и C_2'' зависят от начальных условий движения последнего. Подставляя в (14), (15), (16) значения p, q, r из равенств (1) находим после соответствующих преобразований:

$$\sin^2\theta\left(\frac{d\psi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = C_1' - C_1''\cos\theta, \quad (18)$$

$$\sin^2\theta\,\frac{d\psi}{dt} = C_2'' - C_2' r_0\cos\theta, \quad (19)$$

$$\frac{d\psi}{dt}\cos\theta + \frac{d\varphi}{dt} = r_0. \quad (20)$$

Положив $\cos\theta = \alpha$ и решая совместно (19) и (20), получаем:

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{C_2'' - C_2' r_0\alpha}{1-\alpha^2}, \quad (21)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = r_0 - \frac{\alpha(C_2'' - C_2' r_0\alpha)}{1-\alpha^2}. \quad (22)$$

Подставляя (21) в (18), имеем:

$$\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2 = (C_1' - C_1''\alpha)(1-\alpha^2) - (C_2'' - C_2' r_0\alpha)^2 = f(\alpha). \quad (23)$$

При помощи эллиптич. интеграла можно из последнего ур-ия определить α в функции времени t, а затем из (21) и (22) определить и ψ, φ в функции t, после чего движение тела полностью определено. Не прибегая однако к эллиптич. интегралам, можно уяснить себе характер движения тела, исходя из следующих соображений. Из ур-ия (21) видно, что $\frac{d\psi}{dt}$ становится равной нулю при $\alpha = \frac{C_2''}{C_2' r_0}$, т. е. при последнем значении α $\frac{d\psi}{dt}$ меняет свой знак. Если $\left|\frac{C_2''}{C_2' r_0}\right| > 1$, то α, будучи равным $\cos\theta$, не может достичь значения $\frac{C_2''}{C_2' r_0}$, так что $\frac{d\psi}{dt}$ менять свой знак не сможет и следовательно угол ψ либо все время только возрастает либо только убывает, т. е. линия узлов OJ вращается все время в одну и ту же сторону. Если же $\left|\frac{C_2''}{C_2' r_0}\right| < 1$, то α может стать равным $\frac{C_2''}{C_2' r_0}$, так что $\frac{d\psi}{dt}$ может в действительности стать равной 0; угол ψ будет в этом случае попеременно то увеличиваться до определенных пределов, то уменьшаться. Так как $\frac{d\alpha}{dt}$ должна иметь вещественное значение, то $f(\alpha)$ должна иметь во всяком случае положительный знак, так что при $\alpha = \frac{C_2''}{C_2' r_0} < 1$, имеем из (23):

$$f\left(\frac{C_2''}{C_2' r_0}\right) = \left(C_1' - \frac{C_1'' C_2''}{C_2' r_0}\right)\left[1 - \left(\frac{C_2''}{C_2' r_0}\right)^2\right] > 0. \quad (24)$$

Из последнего же неравенства следует, что должно иметь место неравенство

$$C_1' > \frac{C_1'' C_2''}{C_2' r_0}, \quad (25)$$

если $\left|\frac{C_2''}{C_2' r_0}\right| < 1$. Изменение угла ψ и определяет т. н. прецессионное движение тела или сокращенно его П. Из (23) нетрудно усмотреть, что $f(\alpha)$ будет отрицательной при значениях α, равных -1 и $+1$, и что $f(\alpha)$ положительна при начальном значении $\alpha = \alpha_0$ (т. к. в противном случае производная $\frac{d\alpha}{dt}$ была бы мнимой) и при $\alpha = +\infty$. Т. о. видно, что имеются три вещественных корня для $f(\alpha)$,

лежащие в интервалах: $(-1, a_0)$; $(a_0, +1)$; $(+1, +\infty)$, так что получаем:

$$f(a) = C_1'''(a-a_1)(a_2-a)(a_3-a). \qquad (26)$$

Т. к. $a=\cos\theta$, то $|a|\leqslant 1$, т. ч. a_3-a есть существенно положительный множитель. Для того чтобы $f(a)$ была положительной, необходимо следовательно, чтобы имела место одна из следующих пар неравенств:

либо $a-a_1<0$ и $a_2-a<0$

либо $a-a_1>0$ и $a_2-a>0$,

т. е. чтобы либо $a_1>a>a_2$ либо $a_1<a<a_2$. Т. о. для того чтобы $f(a)$ оставалась положительной, необходимо, чтобы a оставалась в пределах от a_1 до a_2, т. е. чтобы $\cos\theta$ находился в пределах от $\cos\theta_1=a_1$ до $\cos\theta_2=a_2$. Угол θ следовательно будет изменяться в пределах от θ_1 до θ_2. Изменение угла θ и определяет т. н. нутационное движение тела или сокращенно его нутацию. Из предшествующего явствует, что ось Oz описывает конческ. поверхность, заключенную между двумя конусами, имеющими общую вершину в O, общую ось Oz_1 и углы при вершине, равные $2\theta_1$ и $2\theta_2$. Если описать около O как около центра шаровую поверхность и проследить за движением точки пересечения оси z с этой поверхностью, то траектория точки представляет один из типов кривых, изображенных на фиг. 2, 3 и 4, причем в общем эти кривые незамкнуты. При $a_1=a_2$ оба предельных конуса сливаются в один; в этом случае П. называется

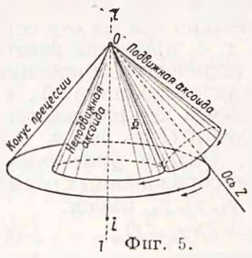


Фиг. 2.

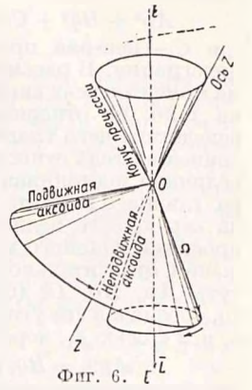
Фиг. 3.

Фиг. 4.

регулярной. Если сообщить телу начальную угловую скорость вращения значительных размеров около оси вращения, близко совпадающей с осью z, то шаровой пояс, заключенный между предельными конусами, становится столь малым, а ось z столь быстро перемещается от одного из них к другому, что получается впечатление, будто бы имеет место регулярная П.; в этом случае П. называется псевдорегулярной. Если центр тяжести тела, обладающего всеми вышеуказанными свойствами, совпадает с неподвижной точкой O, то прецессионное движение происходит в общем не около вертикальной оси z_1, как в вышеприведенном случае, а около оси l, проходящей через O и совпадающей с вектором L главного момента количества движения тела относительно O, который сохраняет в этом случае постоянным как свою величину, так и направление. Тело в рассматриваемом случае совершает регулярную П., так что ось z тела описывает круглую конич. поверхность, называемую конусом П. около оси l. Неподвижная *аксоида* (см.) представляет собой круглый конус, имеющий ту же ось l и ту же вершину O, что и конус П.; подвижная аксоида представляет собою круглый конус, имеющий с неподвижной аксоидой общую образующую и общую вершину и осью к-рого является ось z тела. Вектор мгновенный угловой скорости Ω направлен по общей образующей. Движение тела происходит так, как будто бы неподвижно связанная с телом подвижная аксоида катится равномерно без скольжения по неподвижной аксоиде. Если относительное вращение тела около оси z происходит в ту же сторону, что и вращение оси z около оси l, то подвижная и неподвижная аксоиды расположены внешним образом друг по отношению к другу, а неподвижная аксоида находится внутри конуса П. (фиг. 5). В этом случае рассматриваемая регулярная П. называется эпициклоидальной. Если же относительное вращение тела около оси z происходит в сторону, противоположную стороне вращения оси z около оси l, то неподвижная



Фиг. 5.



Фиг. 6.

аксоида находится внутри подвижной аксоиды (фиг. 6), а конус П. и неподвижная аксоида, имея общими оси и вершины, расположены внешним образом по отношению друг к другу. В этом случае регулярная П. называется перициклоидальной. Явления П. и нутации играют крупную роль при движении *волчка* (см.), при всех технич. применениях последнего, в баллистике, астрономии и т. п.

Лит.: см. *Волчок, Механика теоретическая, Баллистика.*

М. Серебренников.

П. в баллистике, т. е. в приложении к изучению вращательного движения продолговатого артиллерийского снаряда, имеет то же значение, что и в движении оси симметрии волчка, описывающей некоторую коническую поверхность с вершиной в точке опоры волчка, но т. к. снаряд является волчком, не имеющим точки опоры, вершина прецессионного конуса находится в его ц. т. Величина П. артиллерийского снаряда определяется углом между осью фигуры снаряда и касательной к траектории ц. т. снаряда в данный момент. Рассматривая вращательное движение артиллерийского снаряда на основе теории волчка, следует иметь в виду наличие наряду с силой тяжести еще и силы сопротивления воздуха. Если же при решении задачи ввести в рассмотрение еще «пару Магнуса» (см. *Роторные суда*), допустить, что в действительности и имеет место, расположение ц. т. снаряда не в точности на его оси, что эллипсоид инерции снаряда относительно его ц. т. не является точным эллипсоидом вращения и что начальная скорость ц. т. и начальная угловая скорость вращения снаряда образуют нек-рые, хотя и весьма малые, углы с осью его фигуры, то становятся совершенно очевидными и чрезвычайная сложность рассмотрения прецессионного движения снаряда и невозможность точного до конца решения задачи, в общем ее виде, средствами современного математического анализа. В соответствующей литературе имеется ряд попыток освещения вопроса о прецессионном движении артиллерийского снаряда, но почти все они имеют в виду частные случаи стрельбы, преимущественно прицельной, и к тому же содержат те или иные допущения с целью упростить решение поставленной задачи. Дифференциальные уравнения вращательного прецессионного движения снаряда с необходимыми комментариями—см. *Баллистика*. Экспериментальное изучение прецессионного движения артиллерийского снаряда также встречает ряд трудностей, проистекающих гл. обр. от сложности обстановки, в которой происходит явление полета снаряда. Простейшим средством экспериментального изучения П. может служить стрельба большим числом выстрелов по листам картона, устанавливаемым на пути движения снаряда. По полученным в листах пробоинам можно составить в той или иной мере точное представление о величине П. Само собой понятно, что постановка такого опыта стрельбы по картонным щитам пригодна лишь для изучения П. на начальном участке траектории, т. е. вблизи дула орудия.

Лит.: Петрович С., О вращательном движении продолговатого снаряда около его центра тяжести, Петроград, 1920; Лендер Ф., Теория волчка, ч. 1—Общая теория волчка в элементарном изложении, Ленинград, 1927; De Sparre, Mouvement de projectiles oblongs autour de leur centre de gravité, Paris, 1911.

В. Шелков.

П. в астрономии. Притяжения Луны, Солнца и планет на Землю вызывают движение земной оси в пространстве, к-рое разлагается на две составляющие: прогрессивное движение по конусу с углом между образующей и осью конуса, равным наклонности эклиптики к экватору, и периодом ок. 26 000 лет, называемое П., и мелкое периодич. колебание, называемое *нутацией* (см.). П. состоит в движении точки весеннего равноденствия навстречу годичному движению Солнца, что укорачивает длину тропическ. года по сравнению со звездным годом. Скорость p движения точки весеннего равноденствия в год называется постоянной П. П. влияет на координаты светил, меняя их долготу на величину p, оставляя неизменной широту. Влияние П. на прямое восхождение α и склонение δ более сложно и обычно учитывается при помощи разложения в ряд:

$$\Delta\alpha = At + \frac{B}{2}t^2 + Ct^3,$$

$$\Delta\delta = A't + \frac{B'}{2}t^2 + C't^3,$$

где t—разность эпох в годах; A и A' называются годичной П. по прямому восхождению и склонению, B и B'—вековым изменением (variatio saecularis), C и C'—третьим членом П. Годичная П. выражается так:

$$A = m + n\sin\alpha\operatorname{tg}\delta,\ A' = n\cos\alpha,$$

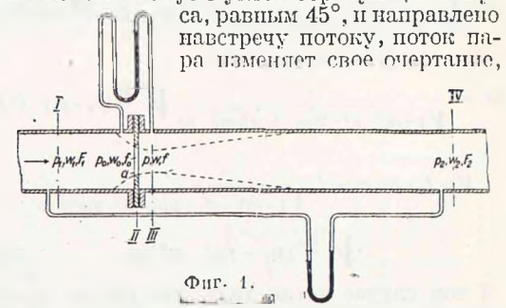
где m и n—величины, зависящие от p. Для звезд, расположенных близ полюсов мира, разложения слишком медленно сходятся и приходится пользоваться для учета П. более сложными тригонометрич. ф-лами.

Лит.: Иванов А., Теория прецессии, СПБ, 1899; Newcomb S., A Compendium of Spherical Astronomy, New York, 1906; «Astronomical Papers of the American Ephemeries», v. 4, Wsh.; см. лит. к ст. *Параллакс*.

А. Михайлов.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРА, паромеры, служат для измерения расхода пара в условиях производства. До настоящего времени еще не имеется удовлетворительной конструкции паромера, который наподобие водомера просто суммировал бы количество прошедшего через него пара за данный отрезок времени. Определение суммарного расхода пара достигается косвенным путем с помощью электрических или механических интегрирующих приспособлений. Существующие конструкции паромеров или дают по тарированной шкале показание мгновенного расхода пара (в *кг/сек*, в *кг/ч*, в *кг/ч* на единицу поверхности нагрева котла) или вычерчивают на движущейся бумажной ленте диаграмму нагрузок в зависимости от времени; путем планиметрирования вычерченной диаграммы можно определить суммарный расход пара. По своей конструкции все паромеры можно разделить на две главные группы: 1) паромеры, работающие по принципу сохранения постоянства площади проходного сечения; в них различным количествам пара, протекающего по паропроводу, соответствуют переменные разности давлений и 2) паромеры, работающие по принципу сохранения постоянства разности давлений; в них изменяется площадь свободного прохода в зависимости от количества протекающего пара.

Теория паромера. При прохождении потока пара через дроссель-шайбу (диафрагму) a (фиг. 1), острие края отверстия к-рой выполнено на конус с углом образующей конуса, равным 45°, и направлено навстречу потоку, поток пара изменяет свое очертание,



Фиг. 1.

принимая форму, указанную на фиг. 1 пунктиром. В сечениях трубопровода I, II, III и IV давления, скорости и площади сечения будут соответственно равны: p_1 *кг/м²* (*мм* вод. ст.), w_1 *м/сек*, F_1 *м²* в сечении I перед дроссель-шайбой; p_0, w_0, f_0 в плоскости II шайбы; p, w, f в наиболее узком месте III потока; p_2, w_2, F_2 в сечении IV, в к-ром поток полностью занимает все сечение трубы. Для взятых сечений I, III и IV трубопровода зависимость между статич. давлением $\frac{p}{\gamma}$ и динамич. давлением $\frac{w^2}{g}$ выразится ур-нием:

$$\frac{p_1}{\gamma_1}+\frac{w_1^2}{2g}=\frac{p}{\gamma}+\frac{w^2}{2g}=\frac{p_2}{\gamma_2}+\frac{w_2^2}{2g}+\frac{(w-w_2)^2}{2g}, \qquad (1)$$

где γ, γ_1 и γ_2—объемный вес пара в *кг/м³* в соответствующем сечении паромера, g *м/сек²*—ускорение силы тяжести; член $\frac{(w-w_2)^2}{2g}$ определяет потерю от удара при изменении давления от p до p_2. Вводя обозначения коэфициента сужения $\mu=\frac{f}{f_0}$, коэфициентов $m_1=\frac{f_0}{F_1}$, $m_2=\frac{f_0}{F_2}$ и секундного расхода пара

в $м^3$ $V = F_1 w_1 = F_2 w_2 = f_0 \mu w$, после преобразования ур-ния (1) путем подстановки выражений для скоростей

$$w_1 = \frac{f_0}{F_1}\cdot\mu\cdot w = m_1\cdot\mu\cdot w,$$

$$w_2 = \frac{f_0}{F_2}\cdot\mu\cdot w = m_2\cdot\mu\cdot w,$$

полагая объемный вес γ постоянным на протяжении паромера ($\gamma_1=\gamma_2=\gamma$), получим:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{(m_1\cdot\mu\cdot w)^2}{2g} = \frac{p}{\gamma} + \frac{w^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{w^2}{2g}(1-2m_2\mu+2m_2^2\mu^2). \qquad (2)$$

В зависимости от того, измеряется ли разность давлений p_1-p, т. е. перед дроссель-шайбой, до начала сужения потока и в месте наибольшего сужения, или p_1-p_2, т. е. на относительно большом расстоянии от дроссель-шайбы, перед началом сужения и после окончательного расширения потока, будем иметь для первого случая:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{(m_1\cdot\mu\cdot w)^2}{2g} = \frac{p}{\gamma} + \frac{w^2}{2g}, \qquad (3)$$

для второго случая:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{(m_1\cdot\mu\cdot w)^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{w^2}{2g}(1-2m_2\,\mu+2m_2^2\mu^2); \qquad (4)$$

из ур-ния (3) имеем:

$$w = \frac{1}{\sqrt{1-m_1^2\cdot\mu^2}}\sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1-p)}\ \ м/ск \qquad (5)$$

и

$$V = f_0\cdot\mu\cdot w = f_0\cdot\frac{\mu}{\sqrt{1-m_1^2\cdot\mu^2}}\sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1-p)}\ \ м^3/ск; \qquad (6)$$

из ур-ния (4) имеем в $м/ск$:

$$w = \frac{1}{\sqrt{1-m_1^2\cdot\mu^2-2m_2\cdot\mu+2m_2^2\cdot\mu^2}}\sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1-p_2)} \qquad (7)$$

и

$$V = f_0\cdot\mu\cdot w = f_0\frac{\mu}{\sqrt{1-m_1^2\cdot\mu^2-2m_2\cdot\mu+2m_2^2\cdot\mu^2}}\cdot$$

$$\cdot\sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1-p_2)}\ \ м^3/ск. \qquad (8)$$

В том случае когда диаметры трубы перед дроссель-шайбой и после нее одинаковы, т. е. когда $F_1=F_2=F$, коэф-ты $m_1=m_2=m$ и ур-ие (6) примет вид:

$$V = f_0\frac{\mu}{\sqrt{1-m^2\cdot\mu^2}}\sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1-p)}\ \ м^3/ск. \qquad (9)$$

Ур-ие (8) примет вид:

$$V = f_0\frac{\mu}{1-m\cdot\mu}\sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1-p_2)}\ \ м^3/ск. \qquad (10)$$

Т. к. разность p_1-p в ур-ии (9) больше разности p_1-p_2 в ур-ии (10), то в целях большей точности измерения рациональнее измерять разность давлений p_1-p. Если обозначить выражение $\frac{\mu}{\sqrt{1-m^2\cdot\mu^2}}$ через k, то секундный объем проходящего пара выразится:

$$V = f_0\cdot k\sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1-p)}\ \ м^3/ск; \qquad (11)$$

секундный же расход G пара в $кг$, равный $\gamma\cdot V$, выразится:

$$G = f_0\cdot k\sqrt{2g\gamma\,(p_1-p)}\ \ кг/ск. \qquad (12)$$

Значения коэф-та k при различных величинах $m=\frac{f_0}{F}$ даны в табл. 1.

Табл. 1.—Значения коэфицента k.

$m=\frac{f_0}{F}$	$\sqrt{m}=\frac{d}{D}$	k	$m=\frac{f_0}{F}$	$\sqrt{m}=\frac{d}{D}$	k
0,15	0,387	0,610	0,5	0,707	0,700
0,2	0,447	0,617	0,55	0,74	0,725
0,25	0,500	0,625	0,6	0,775	0,755
0,3	0,548	0,634	0,65	0,806	0,795
0,35	0,592	0,645	0,7	0,836	0,845
0,4	0,632	0,660	0,75	0,866	0,910
0,45	0,671	0,680			

Ф-лы (11) и (12) выведены в предположении малых разностей давлений p_1-p, при к-рых изменением объема пара можно пренебречь; если разность p_1-p будет больше 1,5 $м$ водяного столба, то в таком случае необходимо пользоваться точной ф-лой, имеющей следующий вид:

$$G = \frac{f_0\mu}{\sqrt{1-m^2\mu^2}}\sqrt{2g\gamma_1(p_1-p)}\cdot$$

$$\cdot\sqrt{\frac{p_1}{(p_1-p)}\cdot\frac{\varkappa}{\varkappa-1}\left\{\left(\frac{p}{p_1}\right)^{2/\varkappa}-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{(\varkappa+1)/\varkappa}\right\}}\cdot$$

$$\cdot\sqrt{\frac{1-m^2\mu^2}{1-m^2\mu^2\left(\frac{p}{p_1}\right)^{2/\varkappa}}}\ \ кг/ск, \qquad (13)$$

где γ_1—уд. в. пара перед паромером, а $\varkappa = c_p : c_v$; обозначая произведение обоих последних корней через ε, получим следующее выражение:

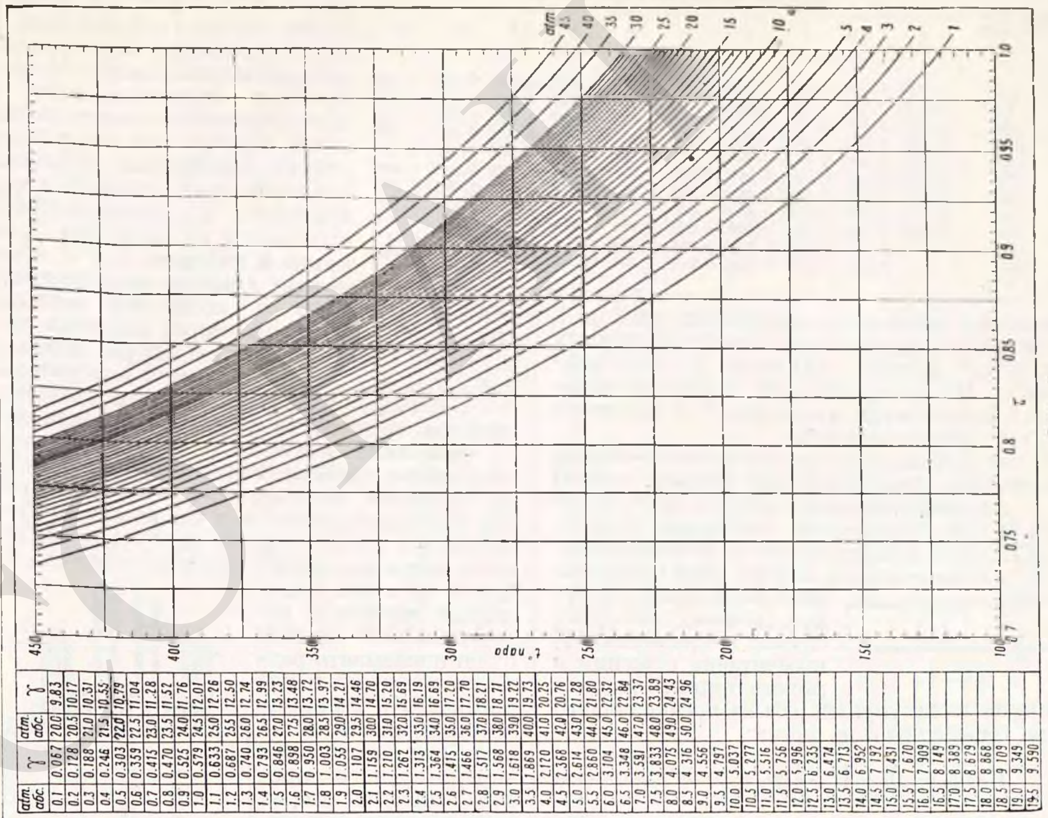
$$G = f_0\cdot k\cdot\varepsilon\sqrt{2g\gamma\,(p_1-p)}\ \ кг/ск. \qquad (13a)$$

Значения коэф-та ε вычисляются или берутся по особым таблицам; для частного случая $m\mu=0{,}35$ в предположении $\varkappa=1{,}30$ значения ε даны в табл. 2. Следует отметить, что значения коэф-та ε справедливы для сопел с закругленными краями в широких пределах изменения $p_1:p$, а для дроссель-шайб с острыми краями для значений $p_1:p$, лишь незначительно разнящихся от единицы. Из ф-л (11) и (12) следует, что количество протекающего пара меняется с изменением удельного (объемного) веса пара γ. Размеры дроссель-шайбы, измерительного фланца (сопла) или трубки Вентури выбираются по рабочему давлению и $t°$ насыщенного пара. Если рабочее давление в паропроводе колеблется больше чем на 1 atm, то необходимо вводить поправку. Уд. в. $\gamma=0{,}5802\cdot p^{\frac{15}{16}}$, поэтому поправочный множитель ν, на который необходимо умножить полученное подсчетом по формулам (11) и (12) количество пара, будет

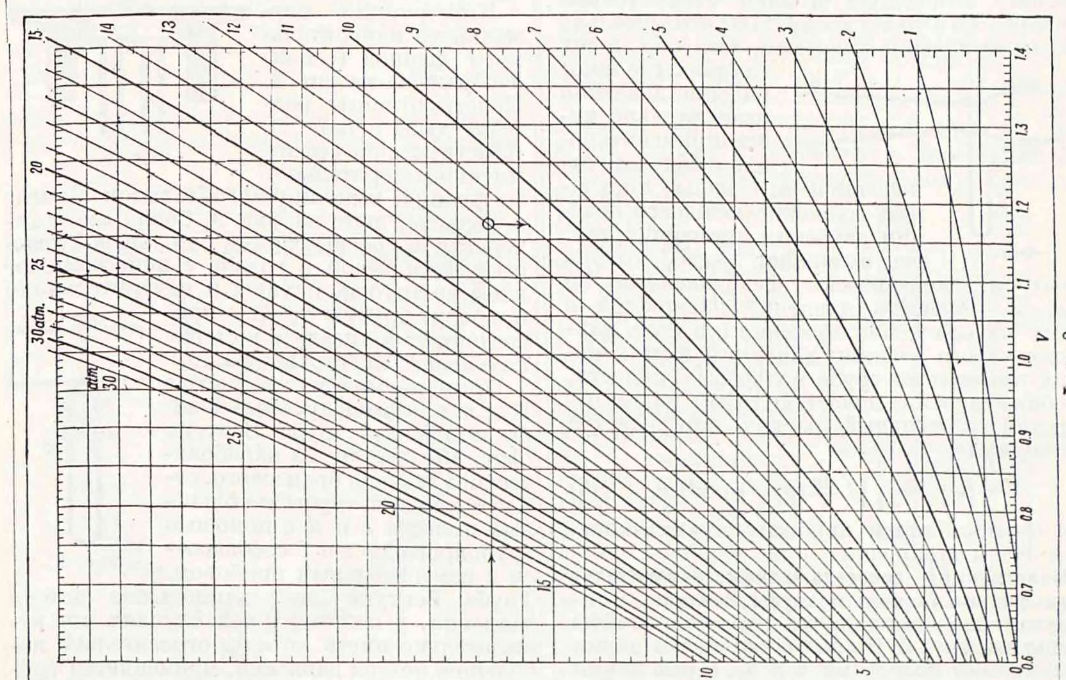
$$\nu = \sqrt{\frac{\gamma_w}{\gamma_a}},$$

где γ_a—уд. в. при давлении, на к-рое прибор тарирован, γ_w—действительный уд. в., соответствующий фактическому давлению у дроссель-шайбы. Т. к. γ зависит также и от $t°$, то нужно ввести еще корректирующий множитель $\tau=\sqrt{\frac{\gamma_h}{\gamma_s}}=\sqrt{\frac{v_s}{v_h}}$, где γ_h—уд. в., соответствующий действительному состоянию пара, γ_s—уд. в., соответствующий насыщенному пару. Значения множителей ν и τ берутся по диаграммам Молье (фиг. 2, 3); для насыщенного пара $\tau=1$. На диаграмме фиг. 2 по оси ординат отложены значения

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРА



Фиг. 3.



Фиг. 2.

Табл. 2.—Значения коэфициента ε.

p_1-p, мм Hg	Рабочее давление пара в *atm*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12
0	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
40	0,981	0,989	0,992	0,994	0,995	0,996	0,996	0,996	0,997	0,998
80	0,967	0,978	0,984	0,987	0,989	0,991	0,992	0,993	0,994	0,995
120	0,950	0,967	0,976	0,981	0,984	0,987	0,988	0,989	0,991	0,993
160	0,934	0,956	0,967	0,974	0,978	0,982	0,981	0,986	0,988	0,990
200	0,917	0,945	0,959	0,968	0,973	0,978	0,980	0,982	0,985	0,988
240	0,901	0,934	0,950	0,961	0,967	0,973	0,976	0,978	0,982	0,985
280	0,881	0,923	0,942	0,955	0,962	0,969	0,972	0,974	0,979	0,982
320	0,868	0,912	0,934	0,948	0,956	0,964	0,968	0,971	0,976	0,980
360	—	0,900	0,926	0,941	0,951	0,959	0,964	0,967	0,973	0,977
400	—	0,891	0,918	0,934	0,945	0,954	0,959	0,963	0,970	0,975

давления, на которое тарирован прибор, а переменным параметром семейства кривых является фактич. давление у дроссель-шайбы. На диаграмме фиг. 3 соответствующими величинами являются $t°$ и давление пара у дроссель-шайбы.

В том случае, если вместо дроссель-шайбы применяют измерительный фланец (сопло) с закругленными краями (фиг. 4), то при правильном очертании поверхности фланца никакого дополнительного сужения потока пара по его выходе из фланца не будет; поэтому для этого случая в уравнении (9) коэфициент сужения μ можно принять равным единице и секундный объем протекающего пара определится из ур-ия:

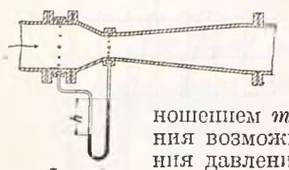


Фиг. 4.

$$V = f_0 \frac{1}{\sqrt{1-m^2}} \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1-p)} \ м^3/сек, \quad (14)$$

где f_0—площадь отверстия сопла и $m = \frac{f_0}{F_1}$.

Сопло с отношением $\frac{f_0}{F_1} = 0{,}16$ принято за нормальное. Нормальные сопла благодаря малому отношению m дают очень точные замеры, но в то же время дают относительно бо́льшее падение давления, так. обр. в тех случаях, где такое падение давления нежелательно, нужно применять сопла с бо́льшим отношением m. С целью получения возможно меньшего падения давления применяют там, где позволяет место, трубки Вентури, схематически изображенные на фиг. 5. Разность давлений измеряется в месте начала конич. сужения и в месте наиболее узкого сечения; для этого в этих местах имеются на трубе кольцевые полости, сообщающиеся с полостью трубы рядом отверстий. Секундный расход определяется по формуле:

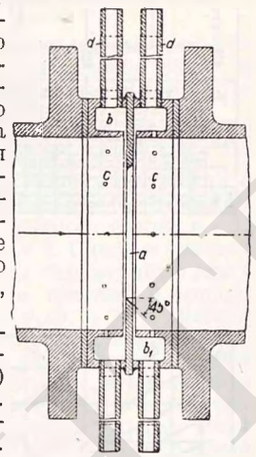


Фиг. 5.

$$V = f_0 \frac{C}{\sqrt{1-m^2}} \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1-p)} \ м^3/сек, \quad (15)$$

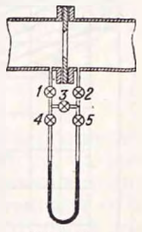
где C—постоянная прибора, устанавливаемая путем тарировки.

Конструкция дроссель-шайбы, измерительного фланца (сопла) и трубы Вентури. Конструктивное выполнение дроссель-шайбы видно на фиг. 6. Шайба a окружена двумя кольцевыми полостями b и b_1, к-рые двумя рядами круглых отверстий c и двумя узкими кольцевыми щелями сообщаются с пространствами трубопровода перед шайбой и за шайбой. Трубки dd, ведущие от дроссель-шайбы к измерительным приборам, д. б. установлены строго горизонтально и иметь определенную длину. Для предохранения измерительного прибора, присоединенного к дроссель-шайбе, от порчи вследствие ударов при случайных резких колебаниях давлений присоединение измерительных приборов к дроссель-шайбе производят по схеме фиг. 7, на которой цифрами *1* и *2* обозначены главные разобщающие вентили, цифрою *3* обозначен вентиль, служащий для выравнивания давления при проверке измерительного прибора, вентили *4* и *5* служат для выключения измерительного прибора. При установке описываемого прибора запирают вентили *1* и *2*, после чего открывают вентили *1*, *2* и *3*, а затем открывают единовременно вентили *4* и *5*, по открытии которых измерительный прибор будет находиться под давлением, и указатель его должен стоять на нуле, т. к. открыт выравнивающий давление вентиль *3*. После того как будет закрыт вентиль *3*, измерительный прибор будет показывать разность давлений в паропроводе в местах до дроссель-шайбы и за нею. Для выключения измерительного прибора сначала открывают вентиль *3* и выравнивают в приборе давление, после чего закрывают вентили *4*, *5*, *1* и *2*.



Фиг. 6.

Конструкция нормального измерительного фланца (сопла) изображена на фиг. 8. Конструктивные размеры даны в табл. 3. Конструктивное оформление измерительного фланца, выполняемого заводом Сименс и Гальске, дано на фиг. 9. Сопло имеет отверстия a, сообщающиеся с кольцевой полостью b, к к-рой в гнезде c присоединяют одну из трубок, идущих к измерительному прибору, другую трубку присоединяют в гнезде d к стенке кольцевого пространства c.



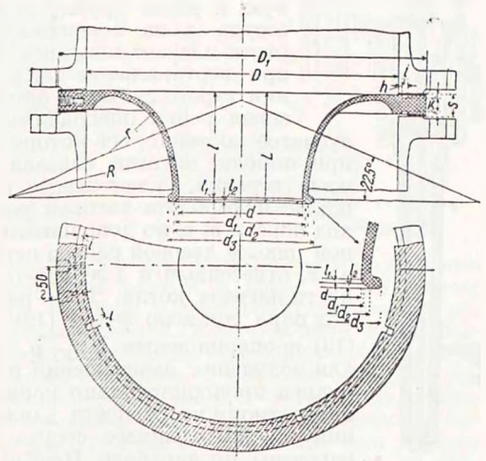
Фиг. 7.

Применяемая весьма часто в П. д. и. п. взамен дроссель-шайбы или сопла труба Вентури (фиг. 10) состоит из параболического, обычно бронзового, сопла a и конич. трубы b; кольцевые полости c и d с помощью трубопроводов e и f сообщаются с измерительным прибором. Труба Вентури дает наименьшие потери давления, и поэтому в тех случаях, где нежелательно иметь хотя бы относительно небольшие потери давлений, применяется труба Вентури. Ее недостаток заключается в том, что для ее постановки требуется определенное место, между тем как дроссельная

Табл. 3.—Размеры нормальных измерительных фланцев (сопел) в мм.

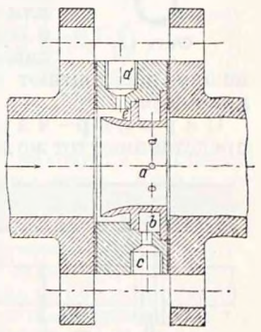
D	d	D_1	l	l_1	l_2	L	R	r	d_1	d_2	d_3	s	h	i	k	n
25	10	80	9	1	3	26	15	5	14	22	—	26	3	5	4	3
30	12	85	10	1	3	26	17	6	16	26	—	26	3	5	4	3
35	14	90	12	1	3	26	20	7	18	30	—	26	3	5	4	3
42	17	97	14	1	3	26	24	9	22	34	—	26	3	5	4	3
50	20	105	17	1	3	26	28	10	26	36	—	26	3	5	4	3
60	24	115	20	1	3	26	34	12	30	36	—	26	3	5	4	3
70	28	125	24	1	3	28	39	14	31	38	—	28	3	5	5	3
85	34	140	29	1	3	33	48	17	40	44	54	28	3	5	5	3
100	40	158	34	1	3	38	56	20	46	50	60	28	3	6	5	3
112	45	172	38	1	3	42	63	22	52	56	66	28	3	6	5	3
125	50	188	42	1	3	46	70	25	58	62	72	28	3	6	5	3
150	60	215	51	1	3	55	84	30	68	72	82	28	3	6	5	3
175	70	245	59	1	3	63	95	35	78	82	94	29	4	7	5	3
200	80	270	68	1	3	72	112	40	88	92	104	29	4	7	5	3
225	90	295	76	1	3	80	126	45	98	102	115	29	4	7	5	3
250	100	320	84	1	3	88	140	50	108	112	126	29	4	7	5	3
300	120	375	101	2	4	107	168	60	128	132	146	29	4	7	5	3
350	140	435	118	2	4	124	196	70	148	152	168	30	4	8	5	4
425	170	515	144	2	4	150	238	85	178	182	200	30	4	8	5	4
500	200	590	169	2	4	175	280	100	210	216	232	30	5	10	5	4
600	240	690	203	3	5	211	336	120	250	256	275	30	5	10	5	4
700	280	795	236	3	5	244	392	140	290	296	315	30	5	10	5	4
850	340	950	287	3	5	295	476	170	350	356	375	30	5	10	5	4
1 000	400	1100	338	3	5	346	560	200	410	416	440	30	6	11	5	5

шайба или измерительный фланец легко м. б. поставлены между двумя фланцами трубопровода. Зависимость потери давления (в % разности давлений) от отношения диам. d суженного сечения к диам. D трубопровода дана на диаграмме фиг. 11, на к-рой кривая a относится к дроссель-шайбе, кривая b — к измерительному фланцу, кривая c — к трубе Вентури.



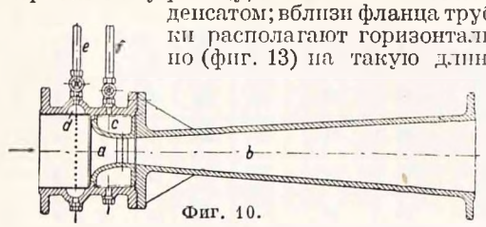
Фиг. 8.

Паромеры, работающие по принципу f = Const. Паромер системы Гере с **U**-образным ртутным дифференциальным манометром a, присоединенным к измерительному фланцу b, схематически изображенный на фигуре 12 без самопишущего регистрирующего прибора, служит для замера мгновенных разностей давлений; расход пара определяют по имеющимся при паромере таблицам. Манометр присоединен к измерительному фланцу при помощи медных трубок. Одно колено манометра выполняют с расширением, т. ч. изменение уровня в этом колене незначительно. Свободное пространство над



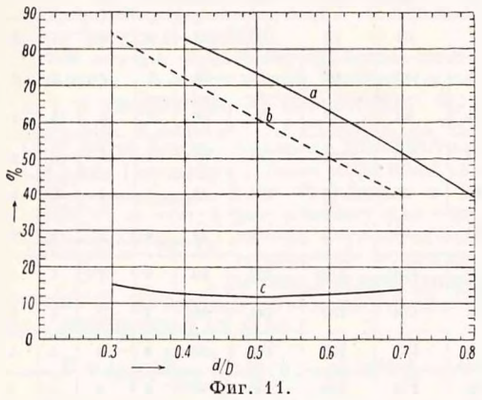
Фиг. 9.

ртутью манометра во избежание нагрева ее заполняют конденсатом; медные трубки, при помощи к-рых манометр присоединяют к измерительному фланцу, также заполняют конденсатом; вблизи фланца трубки располагают горизонтально (фиг. 13) на такую длину



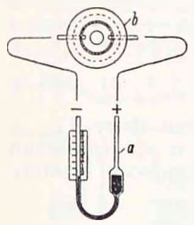
Фиг. 10.

(до 5 *м*), чтобы при любых резких колебаниях разности высот ртути столб воды обязательно кончался в горизонтальной части трубок, в противном случае возникнут ошиб-



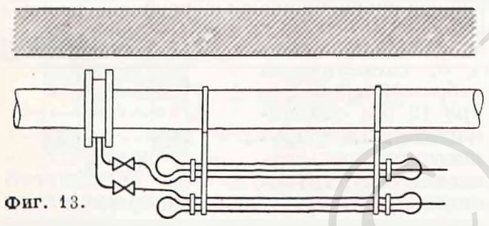
Фиг. 11.

ки в показаниях прибора благодаря неуравновешенному столбу воды. Шкала прибора системы Гере имеет деления, указывающие высоту в *мм*, или деления, указывающие часовой расход пара. В последнем случае тарировка производится в соответствии с размерами измерительного фланца, к которому манометр присоединен. Обычно шкалу часового расхода пара выполняют в виде многих кривых для отдельных давлений, и в соответствии с рабочим давлением трубопровода шкалу передвигают перпендикулярно оси манометра.



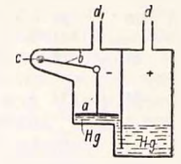
Фиг. 12.

Паромер-часы Гере (Боме) представляют тот же диференциальный ртут-

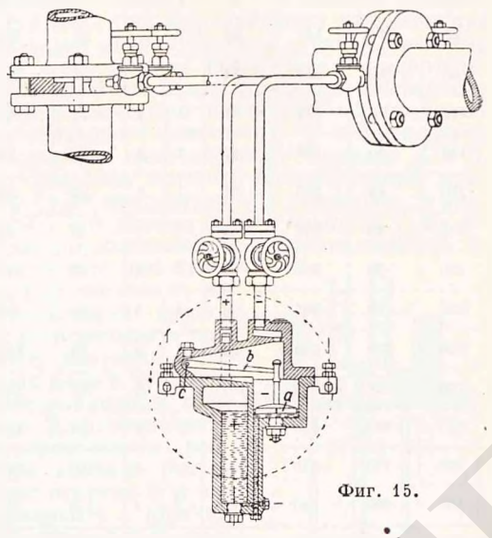


Фиг. 13.

ный манометр, выполненный в виде сообщающихся сосудов (фиг. 14). В одном колене манометра имеется поплавок *a*, соединенный с рычагом *b*, могущим вращаться около оси *c*. Оба колена манометра трубками d_1 и d присоединены к измерительному фланцу. Благодаря разности давлений изменяются уровни ртути, и поплавок перемещается, вращая рычаг *b*; движения последнего связаны со стрелкой, указывающей по шкале циферблата часовой расход пара. Конструктивное выполнение паромера-часов Гере дано на фиг. 15, где указаны случаи присоединения паромера к измерительным фланцам как вертикального, так и горизонтального трубопроводов. Аналогичными по конструктивному осуществле-



Фиг. 14.



Фиг. 15.

нию являются паромеры системы Сименс и Гальске, действие которых также основано на передвижении поплавка в зависимости от положения уровня в 2 сообщающихся сосудах. Как видно из фиг. 16, один сосуд *a* помещен в другом *b*; сосуды сообщаются между собою через погруженную в ртуть трубку *c*. В сосуде *a* на поверхности ртути плавает поплавок *d*, при вертикальном движении к-рого зубчатая бронзовая рейка поворачивает зубчатое колесико, ось которого при помощи магнита связана с осью стрелки, указывающей по шкале циферблата часовой расход пара в *m* и по дополнительной шкале часовой расход пара в *кг*, отнесенный к 1 $м^2$ поверхности нагрева котла. Т. к. расход пара согласно ф-лам (12) и (13) пропорционален $\sqrt{p_1-p}$, то для получения перемещений поплавка пропорционально корню квадратному из разности давлений стенки внешнего сосуда *b* очерчены по параболе. Поэтому если указатель прибора снабдить пером, к-рое будет чертить диаграмму расхода пара на равномерно движущейся бумажной ленте, то такую диаграмму



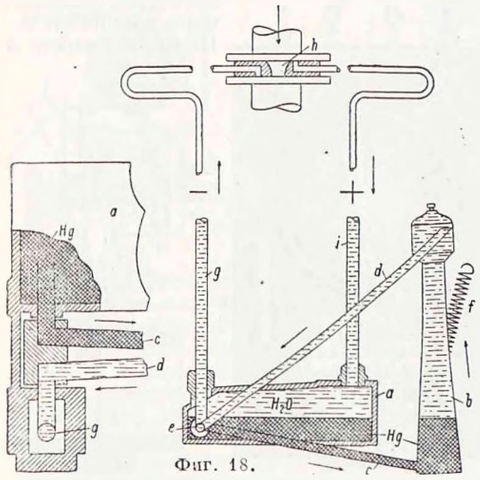
Фиг. 16.

можно будет планиметрировать. На фиг. 17 дано внешнее изображение этого паромера, присоединенного к трубе Вентури.

Самопишущие паромеры с автоматической регулировкой. К этому типу паромеров относится паромер Гере (Боме), конструкция к-рого схематически изображена на фиг. 18. Два сосуда *a* и *b* сообщаются между собою трубками *c* и *d*. Сосуд *a*, относительно большого диаметра, неподвижен, сосуд *b* может вращаться около оси *e* и поддерживается пружиной *f*. Осью вращения *e* служат полые цапфы трубок *d* и *c*, из которых одна (трубки *c*) сообщается с сосудом *a* и заполнена ртутью, другая цапфа (трубки *d*) сообщается с медной трубкой *g*, ведущей к измерительному фланцу *h*. Сосуд *a* в свою очередь соединен с измерительным фланцем трубкою *i*. Под влиянием разности давлений (p_1–p) ртуть из сосуда *a* по трубке *c* будет переходить в сосуд *b*, и последний начнет опускаться. Для того чтобы перемещение сосуда *b* было пропорционально количеству протекающего пара, т. е. было пропорционально $\sqrt{p_1-p}$, очертание внутренней поверхности сосуда *b* выполнено по соответствующей кривой. Все пространство сосудов *a* и *b* над поверхностью ртути, так же как и трубки *d*, *g* и *i*, заполнено конденсатом. Движения сосуда

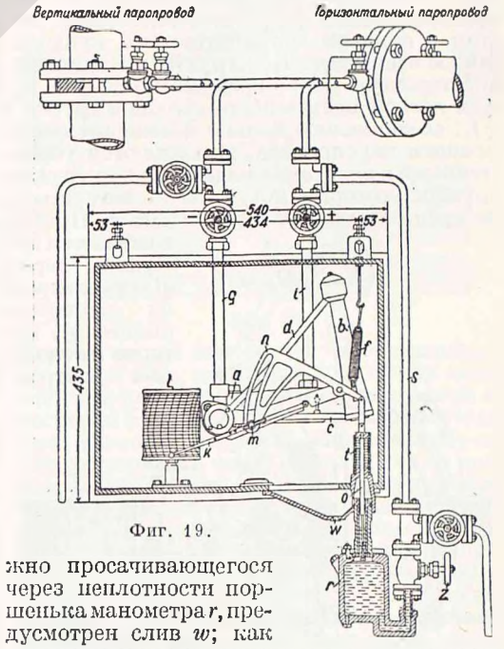


Фиг. 17.



Фиг. 18.

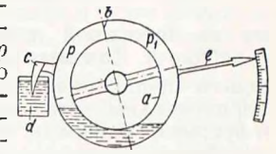
b передаются при помощи связанного с ним двуплечего рычага *k* (фиг. 19) пишущему перу, которое вычерчивает показания мгновенного расхода (в *кг/ч*) в виде непрерывной диаграммы на ленте, движущейся при помощи барабана *l*, имеющего часовой завод; диаграмма может быть легко планиметрирована. Для того чтобы тарировка паромера оставалась правильной при изменении рабочего давления пара, ось *m* вращения рычага *k* помещена в кулисе *n*, связанной со штоком *o* поршневого манометра *r*, наполненного маслом; при изменении рабочего давления пара изменяется давление в манометре *r*, связанном с паропроводом трубою *s*, причем поршень манометра переместится, действуя на пружину *l* манометра, и переместит кулису, а тем самым соответственно изменит положение оси рычага *k* пишущего прибора. Угол поворота кулисы пропорционален давлению p_1, криволинейное же очертание прорези кулисы, переставливающей ось рычага *k*, выбрано так, что изменение длин плеч рычага *k* происходит пропорционально $\sqrt{p_1}$. Для предотвращения загрязнения прибора от масла, неизбе-



Фиг. 19.

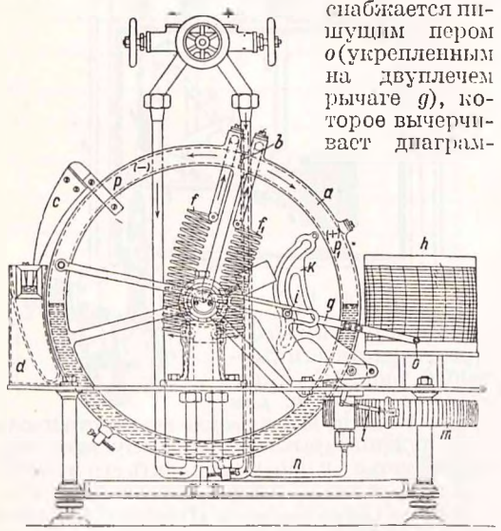
жно просачивающегося через неплотности поршенька манометра *r*, предусмотрен слив *w*; как только из слива *w* начнет капать вместо масла вода, нужно закрыть вентиль *z*, спустить воду из манометра *r* и вновь наполнить его маслом.

Паромер Дебро также относится к саморегулирующимся. Принцип действия этого паромера дан на схеме фиг. 20. Оригинальной конструкции диференциальный *микроманометр* (см.) в виде полого кольца *a* может свободно качаться около своей оси, опираясь на ножевые опоры. Во внутренней полости кольца находится налитая до определенного уровня ртуть. Кольцо *a* внутренней перегородкой *b* и находящейся в нем ртутью разделено на две полости. Каждая из полостей связана системой трубок с измерительным фланцем, включенным в паропровод. Когда по обе стороны измерительного фланца установится разность давлений, равная p_1–p, то такая же разность давлений будет иметь место в разобщенных перегородкой *b* полостях кольца *a*; под действием разности давлений p_1-p ртуть начнет перетекать в полость кольца с меньшим давлением до тех пор, пока не установится разность высот уровней ртути, соответствующая разности давлений p_1-p. Под влиянием этой разности высот уровней ртуть-



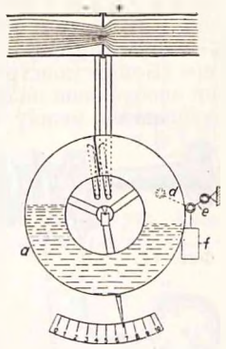
Фиг. 20.

ти равновесие кольца нарушится, кольцо начнет поворачиваться согласно схеме на фиг. 20 против часовой стрелки. К кольцу a прикреплены 2 серповидных части c, к-рые при повороте кольца будут погружаться в сосуд d, в который также налита ртуть. Поворот кольца a будет совершаться до тех пор, пока вес вытесненной ртути не будет равен весу образовавшегося внутри кольца a ртутного столба. К кольцу a прикреплен указатель e. Для того чтобы указатель e имел угловые перемещения, пропорциональные мгновенным расходам пара, т. е. был пропорционален $\sqrt{p_1-p}$, серповидным частям c придано соответствующее криволинейное очертание. Конструктивное выполнение паромера Дебро изображено на фиг. 21. Для легкой подвижности кольца a трубки f и f_1, соединяющие кольцо с измерительным фланцем паропровода, выполняются тонкостенными в виде спиральных цилиндрических пружин, которые могут легко изгибаться, не препятствуя качанию кольца a. Прибор снабжается пишущим пером o (укрепленным на двуплечем рычаге g), которое вычерчивает диаграмму на бумажной ленте, укрепленной на барабане h. Так как угловые перемещения колеса пропорциональны $\sqrt{p_1-p}$, т. е. пропорциональны мгновенному расходу пара, а вращение барабана, снабженного часовым механизмом, пропорционально времени, то диаграмма м. б. легко планиметрирована. Ось i поворота рычага g может перемещаться в прорези кулисы k, к-рая системой рычагов l соединена с одним концом дугообразной полой пружины m овального сечения, другой конец пружины сообщается посредством трубы n с паровым пространством трубопровода. При изменении давления p_1 конец пружины m будет перемещаться пропорционально изменению давления (см. *Манометр*) и будет перемещать кулису k так, что отношение плеч рычага g будет изменяться пропорционально $\sqrt{p_1}$, следовательно тарировка прибора, так же как и у вышеописанного паромера Гере, будет оставаться правильной и при изменении рабочего давления пара. В паромерах Дебро новейшей конструкции взамен серповидных частей c



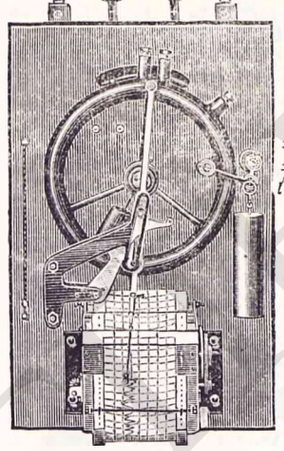
Фиг. 21.

(фиг. 21), погружающихся при вращении кольца a в сосуд со ртутью, применен подвешенный при помощи двух тяг d и e груз f (фиг. 22). Длины шарнирно соединенных тяг подобраны так, что угловые перемещения колеса a пропорциональны $\sqrt{p_1-p}$. Внешний вид паромера Дебро с подвешенным для управления грузом и приспособлением для автоматическ. установки на различные рабочие давления в паропроводе показан на фиг. 23.

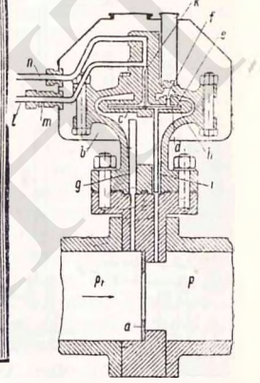


Фиг. 22.

Паромеры с мембранами измеряют не непосредственно самый поток пара, протекающий по трубопроводу, а только пропорциональную этому потоку ответвленную часть. Примером паромера с мембраной может служить паромер Асканиа, конструкция которого схематически изображена на фиг. 24. К фланцу дроссель-шайбы a паропровода присоединен паромер b, имеющий камеру c, разделенную на две части при помощи тонкой мембраны d, вес к-рой практически м. б. принят равным нулю. Верхняя полость e камеры c сообщается через измерительную дроссель-шайбу f и трубку g с полостью паропровода перед дроссель-шайбой a; в этой полости паропровода давление пара равняется p_1. Нижняя полость h камеры c при помощи трубки i сообщается с полостью паропровода непосредственно за дроссель-шайбой a, где давление пара равняется p. С мембраной жестко соединен небольшой игольчатый клапан k. Под действием разности давлений p_1-p мембрана d стремится прогнуться книзу, открывает клапан k, и пар, проходя через измерительную дроссель-шайбу f и клапан k, будет выходить из паромера до тех пор, пока в обеих половинах e и h камеры c давление не будет равно p. Количество пара, которое выходит через клапан k, будет равно количеству на-

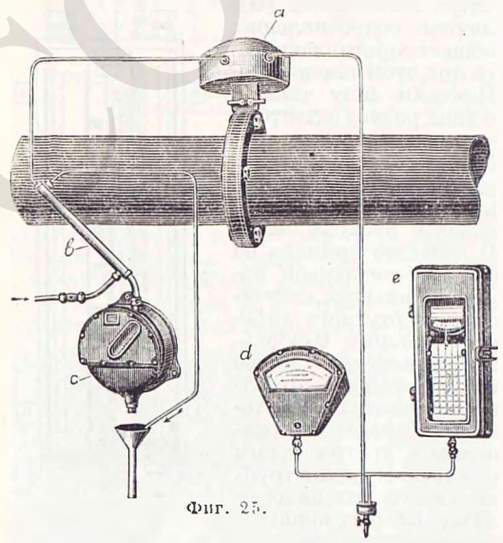


Фиг. 23.



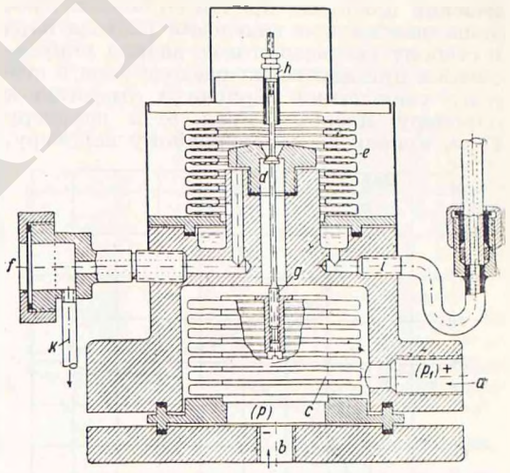
Фиг. 24.

ра, прошедшему через измерительную дроссель-шайбу f. Через дроссель-шайбу a, как и через дроссель-шайбу f, пар протекает под влиянием разности давлений p_1-p, поэтому при всех разностях давлений p_1-p количества пара, протекающие через дроссель-шайбу f, а следовательно и через вентиль k, будут пропорциональны количествам пара, протекающим через дроссель-шайбу a, т. е. будут пропорциональны расходам пара. Для поддержания равенства $t°$ в паропроводе и камере c паромер окружен кожухом и обогревается горячим паром, который поступает через трубку g. При прохождении ответвленного потока через диффузор у клапана k получается разрежение, которое, будучи измерено при помощи вакуумметра, может служить мерилом для определения мгновенного расхода пара; вакуумметр присоединяют к трубке l. Для предотвращения попадания пара в трубопровод в трубке l сделано небольшое калиброванное отверстие m, через к-рое засасывается воздух. Ответвленный поток пара, пропорциональный действительному расходу пара, по трубопроводу n поступает в конденсатор, где конденсируется, и полученный конденсат автоматически отмеривается специальным водомером-счетчиком. Умножая количество полученного и замеренного водомером конденсата на коэф. пропорциональности дроссель-шайб a и f, обычно представляющий целое число, напр. 10 000 или 100 000, получают количество действительно израсходованного пара, которое и показывает шкала водомера. Общий вид установки такого паромера показан на фиг. 25, где a—паромер, b—конденсатор, c—водомер-счетчик израсходованного пара, d—вакуумметр, шкала которого показывает мгновенный расход пара, e—самопишущий прибор.



Фиг. 25.

На фиг. 26 дана конструкция паромера с двумя мембранами. К патрубку a и фланцу b паромера присоединяют трубопроводы, ведущие от измерительного фланца, поставленного в паропроводе. Мембрана c, выполненная в виде коробки с гофрированными упругими стенками, под влиянием разности давлений пара $\Delta p = p_1 - p$ будет стремиться сжаться, ее дно опустится книзу, благодаря чему откроется связанный с ним клапан d. При открытом клапане d пар под давлением начнет поступать в коробку мембраны e, имеющую те же размеры, что и мембрана c.

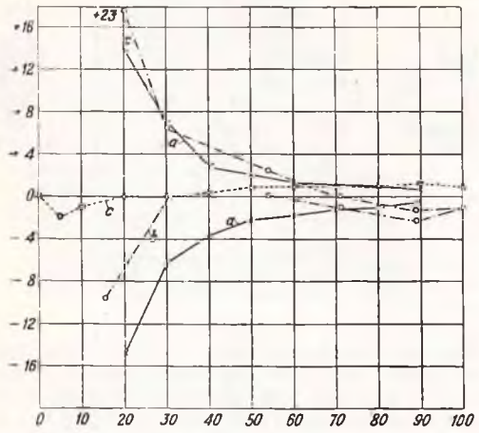


Фиг. 26.

Приток пара в мембрану e будет совершаться до тех пор, пока разность между давлением в коробке мембраны e и наружной атмосферой не станет равной Δp. Под действием этой разности давлений пар из мембраны e будет вытекать через измерительную дроссель-шайбу f, следовательно через дроссель-шайбу f, так же как и через измерительный фланец, поставленный в главном паропроводе, будет протекать пар при одной и той же разности Δp давлений, и следовательно количества пара, протекающего через главный паропровод, будут пропорциональны количествам ответвленного потока пара, протекающего через измерительную дроссель-шайбу f. Необходимо лишь учесть разницу уд. весов пара, идущего по главному паропроводу и вытекающего через измерительную дроссель-шайбу f. При работе паромера при установившемся истечении пара через дроссель-шайбу f клапан d будет открыт все время лишь настолько, чтобы в мембране e разность давлений равнялась Δp. При нарушении равновесия давлений клапан d переместится в новое положение, пока снова давления в обеих мембранах не придут в состояние равновесия. При помощи регулировочного винта g клапан d легко м. б. отрегулирован и установлен в такое положение, при к-ром он точно будет закрываться в тот момент, когда $\Delta p = 0$. Гайка h служит для регулировки упругости обеих мембран. Для определения мгновенных расходов пара к трубе i присоединяют нормальный дифференциальный манометр, тарированный на определенное давление пара. Для точности измерения надлежит наблюдать, чтобы через измерительную дроссель-шайбу f протекал пар без воды; сконденсировавшийся в камере дроссель-шайбы пар отводится отдельно по трубке k.

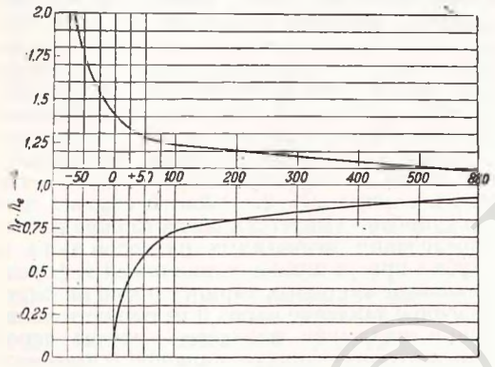
Испытания, произведенные над мембранными паромерами и над паромерами Дебро (фиг. 21) и Гере (фиг. 19), показали (фиг. 27), что мембранные паромеры при изменяющихся нагрузках дают более точные показа-

ния, т. е. меньшую величину ошибок, как это следует из диаграммы фиг. 27, где по оси абсцисс отложены % от нормальных нагрузок Δp, на к-рые тарированы приборы, а по оси ординат отложены в % ошибки показаний приборов, причем со знаком плюс даны ошибки при изменении расхода пара в сторону увеличения и со знаком минус—ошибки при изменении расхода пара в сторону уменьшения. Кривая a относится к паромеру Дебро, кривая b—к паромеру Гере, кривая c—к мембранному паромеру.



Фиг. 27.

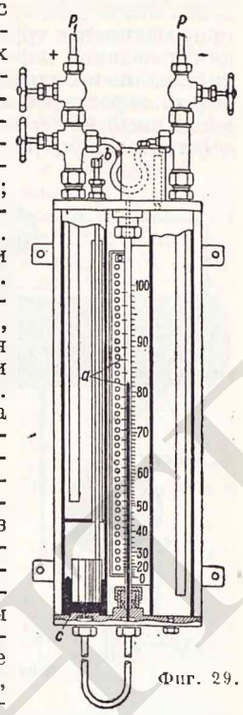
Как видно из диаграммы, при разности давлений Δp, меньшей 15% от нормальной, паромеры Дебро и Гере вообще не дали каких-либо показаний, т. к. сила, перемещающая их указатель, в этом случае оказывается меньше силы, необходимой для движения их подвижных частей. Кроме того, т. к. масса движущихся частей мембранного паромера значительно меньше массы подвижных частей паромеров Дебро и Гере, то мембранные паромеры дают относительно лучшие показания при изменяющихся нагрузках пара. При периодически изменяющихся нагрузках пишущие приборы дают значительные амплитуды колебания, сильно



Фиг. 28.

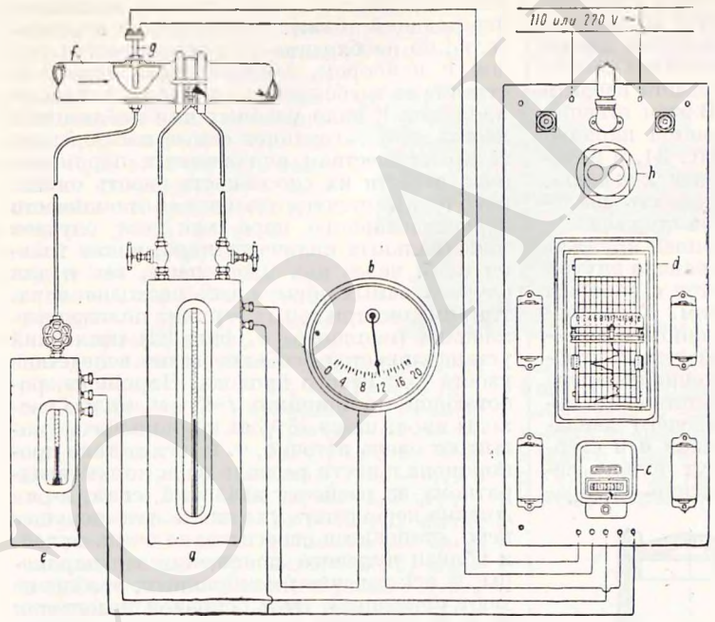
искажая истинное показание. На фиг. 28 дана диаграмма зависимости размаха пишущего пера прибора Дебро в зависимости от отношения частоты колебаний внешней силы, на него действующей, к частоте собственных колебаний прибора; при отношении, равном нулю, отклонение пишущего прибора будет соответствовать истинному его показанию; при отношении частот колебаний, равном единице, когда явления резонанса будут сказываться наиболее сильно, размах пишущего пера будет стремиться к бесконечности. На оси абсцисс диаграммы фиг. 28 отложены размахи пишущего прибора в процентах от верного отклонения, по оси ординат дано отношение частоты колебаний n_f внешней силы к частоте n_e собственных колебаний прибора.

Приспособления для передачи показаний паромеров на расстояние. Для целей передачи показаний паромеров в места, удаленные от места установки паромера, служат соответствующие электроприборы. Простейшим способом является соединение дифференциального манометра с системой электросопротивлений, включенных параллельно таким образом, чтобы при различных показаниях дифференциального манометра включалось различное сопротивление; общее сопротивление сети при этом изменяется. Измеряя силу тока и общий расход электрич. энергии любым из способов электрометрии, можно иметь показания как мгновенного, так и общего расхода пара. В качестве примера на фиг. 29 изображен паромер Гальвакс, состоящий из ртутного дифференциального **U**-образного манометра, одно из колен которого выполнено значительно большего диаметра по сравнению с другим узким коленом. В стекло трубки узкого колена по ее длине на расстояниях, возрастающих по закону квадратов чисел, впаяны платиновые контакты a, соединенные с электросопротивлениями, включенными параллельно в сеть. При изменении высоты уровня ртути последняя будет соприкасаться с различным числом впаянных контактов и тем самым будет изменять сопротивление сети. Для установки уровня ртути на нуль при разности давлений $p_1 - p$, равной нулю, пользуются установочным приспособлением, состоящим из штифта b с укрепленным на его конце телом c, погруженным в ртуть; опуская или несколько выдвигая штифт b, можно изменять высоту уровней ртути, чем и достигается установка на нуль. Схема всей установки дана на фиг. 30. В сеть паромера a включен гальванометр b, отклонение стрелки к-рого, изменяясь в зависимости от силы проходящего по сети тока, будет давать показание мгновенного расхода пара в *кг/ч*. Электросчетчик c, показывающий количество прошедшей по сети электроэнергии, будет указывать суммарное количество израсходованного пара. Самопишущий электроприбор d, перемещение пера к-рого пропорционально силе тока, вычерчивает диаграмму расхода пара, которая м. б. легко

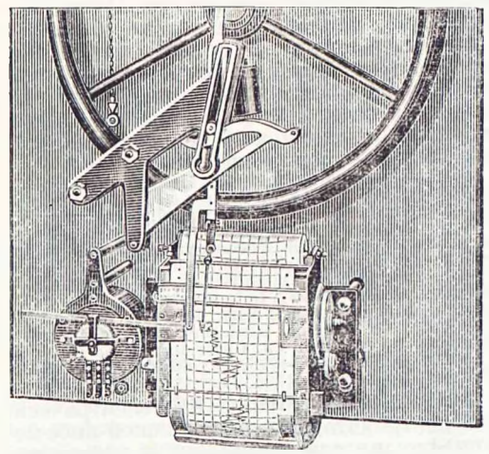


Фиг. 29.

планиметрирована. Для того чтобы показания приборов были верны как при изменении рабочего давления пара, так и при изменении его $t°$, в сеть включено переменное сопротивление, связанное с манометром e, измеряющим рабочее давление пара, идущего по паропроводу f, также включено переменное сопротивление электротермометра g. Благодаря включению в сеть манометра e и электротермометра g, показания приборов можно согласно данным фирмы считать верными при изменении рабочего давления в пределах отношения 1:2 и при изменениях $t°$ от $t°$ насыщенного пара до 400°. В тех случаях, когда вся установка работает от переменного тока в 110 или 220V, применяют выпрямитель тока h, к-рый монтируется на общем щите.



Фиг. 30.



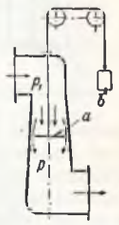
Фиг. 31.

Применение электрооборудования не зависит от системы самого паромера; необходимо только перемещения указателя паромера тем или иным способом соединить с включениями в сеть переменного сопротивления. На фиг. 31 изображен рассмотренный выше паромер Дебро, рычаг пишущего пера к-рого связан с зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом. При угловых перемещениях рычага в зависимости от разности давлений пара $p_1 - p$ будет соответственно поворачиваться колесо, и в сеть будет включаться соответствующее сопротивление.

Паромеры, работающие по принципу $p_1 - p = \text{Const}$. Расход пара, как выше было указано, может быть определен из ур-ия:

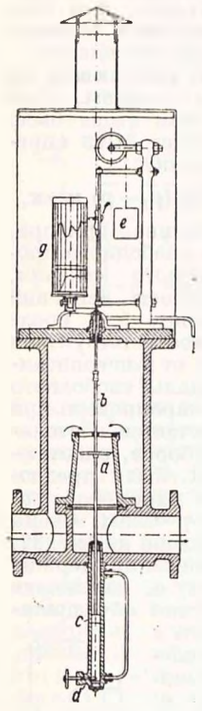
$$G = kf \cdot \sqrt{2g\gamma\,(p_1 - p)}\ \text{кг/сек},$$

где k—постоянная прибора, f—площадь свободного прохода суженного сечения, $(p_1 - p)$—разность давлений перед сечением f и после него, γ — соответствующая плотность пара. В отличие от вышеописанных приборов, в к-рых площадь f свободного прохода в суженной части паропровода при всех разностях давлений остается постоянной, т. е. в отличие от приборов, работающих по принципу $f = \text{Const}$, были предложены также и конструкции паромеров, работающих по принципу $p_1 - p = \text{Const}$. Схема паромера этой группы приведена на фиг. 32. Поток пара при своем движении держит открытым клапан (поплавок) a, положение к-рого в состоянии равновесия обусловливается величиной связанного с ним постоянного груза b и следовательно величиной постоянной разности давлений $p_1 - p$. При изменении расхода пара нарушится равновесие клапана a и груза b, и клапан будет перемещаться в новое положение до тех пор, пока при соответственно изменившейся величине f_1 снова не установится равновесие между грузом b и силой давления $p_1 - p$. Очертание внутренней поверхности прибора выполняют по соответствующей кривой с таким расчетом, чтобы перемещение клапана a было пропорционально изменению площади f свободного прохода; при таком очертании внутренней поверхности стенок паромера связанный с клапаном a самопишущий прибор будет вычерчивать планиметрируемую диаграмму расхода пара. К паромерам этой группы относится паромер Бейера, конструктивное выполнение к-рого дано на фиг. 33. Клапан a, сидящий на тонком стержне b, связан для предотвращения резких колебаний с амортизатором (катарактом) c, амортизующее действие которого м. б. регулируемо игольчатым клапаном d. Направле-

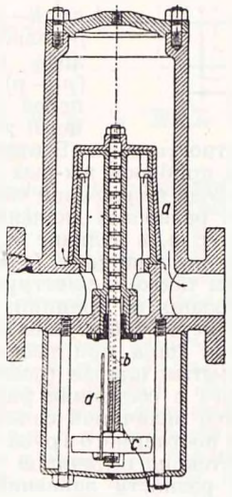


Фиг. 32.

ние потока пара указано стрелками. Клапан связан с грузом e и движение его передается перу f, которое вычерчивает диаграмму расхода на вращающемся барабане g. Указанный паромер не имеет автоматич. регулировки на изменение рабочего давления p, поэтому при изменяющихся давлениях p необходимо путем подсчета вводить соответствующие поправки. В этом отношении более совершенным является паромер Саржен, изображенный на фиг. 34, в котором клапан a выполнен в виде колокола, вес к-рого уравновешивает разность давлений $p_1 - p$. Клапан насажен на стержень b, на нижнем конце к-рого укреплен пружинный манометр c. При помощи канала внутри стержня b манометр сообщается с паровым пространством. К свободному концу манометра прикреплен указатель d, угловые перемещения которого будут соответствовать изменению рабочего давления p_1. Клапан a и стержень b могут только перемещаться вдоль оси, вращаться же не могут, т. к. стержень b снабжен канавкой, в к-рой ходит шпонка, укрепленная в корпусе паромера. Так. обр. перемещение указателя вдоль оси будет зависеть от объема проходящего пара, угловое перемещение—от рабочего давления. К прибору прикрепляют расчетную диаграмму, и та точка диаграммы, на к-рой остановится острие указателя, будет давать непосредственно расход пара с введенной поправкой на давление.



Фиг. 33.



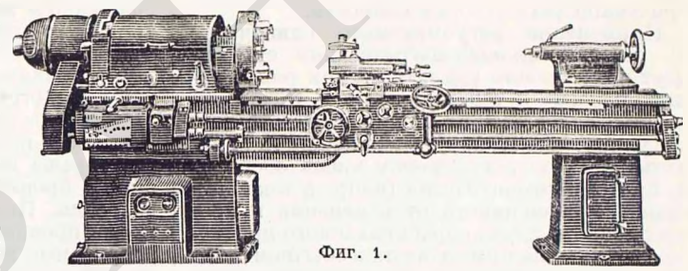
Фиг. 34.

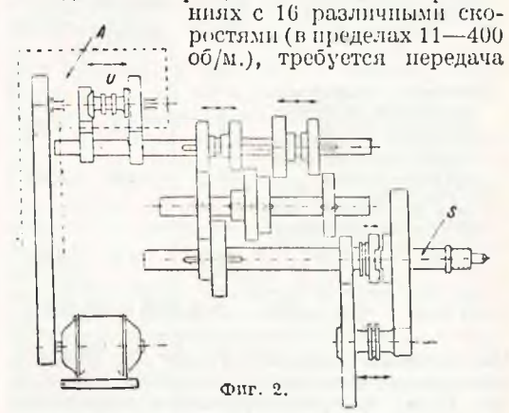
Область применения обоих типов паромеров можно охарактеризовать таким образом. Паромеры, работающие по принципу $p_1 - p = \text{Const}$ (поплавковые паромеры), относительно дóроги и не м. б. выполнены для диам. труб, больших 200 *мм*. Для трубопроводов, имеющих большой диаметр, применяют преимущественно паромеры, работающие по принципу $f = \text{Const}$, так как их существеннейшая часть—диференциальный манометр—остается одна и та же для паропроводов любого диаметра. К недостаткам поплавковых паромеров надо также отнести присутствие в паропроводе движущихся частей и неизбежность уплотнений (сальников); кроме того весь тонкий механизм, передающий движение от клапана к указателю, по необходимости располагается рядом с прибором, следовательно непосредственно на трубопроводе, к-рый часто бывает проложен в мало удобных для наблюдения местах, что затрудняет самые наблюдения. К преимуществам поплавковых паромеров надо отнести их способность давать одинаково точные отсчеты независимо от количеств израсходованного пара как для случаев максимальных количеств пара, какие только м. б. через них пропущены, так и для случаев самых ничтожных расходов пара, т. к. именно при самых верхних положениях клапана (поплавка) a (фиг. 32) последний устанавливается особенно точно вследствие узости кольцевого прохода. Паромеры, работающие по принципу $f = \text{Const}$, малые расходы пара, ниже 15% от нормального, указывают очень неточно, т. к. вследствие пропорциональности расхода пара корню квадратному из разности давлений, сила, к-рая должна перемещать указатель или пишущее перо, становится относительно очень малой, и вблизи нулевого положения эти паромеры, за исключением мембранных, вообще не дают показаний. Этот основной недостаток не м. б. устранен никакими передаточными механизмами. Вследствие этого паромеры, для к-рых $f = \text{Const}$, неприменимы в тех случаях, когда ожидаются сильные колебания расхода пара. Поэтому часто вопрос о выборе паромера разрешают т. о., что паромеры, для к-рых $f = \text{Const}$, включают в главные паропроводы котельных, а поплавковые паромеры включают там, где следует контролировать разнообразное расходование пара различными потребителями его. Нужно отметить, что поплавковые паромеры вообще в последнее время все больше выходят из употребления. Приборы такой же конструкции, как паромеры, м. б. применяемы для измерения расхода любых жидкостей и газов, если только можно допустить потерю давления в трубопроводе до 0,1 *at/m*.

Лит.: Ломшаков А. С., Испытание паровых котлов, Л., 1927; Brandt-Seufert, Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebsüberwachung, B., 1926; Gramberg A., Maschinentechnische Versuchswesen, B. 1, Technische Messungen bei Maschinenuntersuchungen u. zur Betriebskontrolle, B., 1923; Schüle W., Leitfaden d. technischen Wärmetechnik, 5 Aufl., B., 1928; Regeln f. Leistungsversuche an Ventilatoren u. Kompressoren, 2 Aufl., B., 1926; Wärmestelle Düsseldorf des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Mitteilungen, *76*, *85* u. *86*, Düsseldorf; Kretzschmar F., «Z. d. VDI», 1926, *29*; «Messtechnik». Halle a/S., 1925, Jg. 1, *2* и *3*; 1926, Jg. 2, *8* и *9*. **Б. Шпринк.**

ПРИВОД ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ, электрическ. или электромоторный привод какой-либо машины-орудия или группы их от электромотора. Если от одного электродвигателя приводится в действие 2 или более машин-орудий, то такой П. э. называется групповым (см. *Групповой привод*). Если же от одного электродвигателя приводится в действие лишь одна машина-орудие, то такой П. э. называется одиночным, или индивидуальным. П. э., представляя исключительные преимущества в отношении распределения энергии, стал широко выполняться в форме одиночного П. э. Преимущества одиночного П. э.: 1) лучшее использование фабрично-заводских помещений; 2) возможность наиболее рационально располагать станки и прочие машины-орудия, не связанные с расположением трансмиссионных валов; 3) облегчение конструкции здания, т. к. отсутствует нагрузка от трансмиссии; 4) возможность широкого применения кранов, т. к. здание не загромождено трансмиссиями; 5) лучшее освещение помещений; 6) возможность независимого регулирования скорости машины-орудия; 7) возможность учета энергии на каждой машине-орудии; 8) сокращение расхода энергии при сверхурочных работах, когда не надо, как при групповом приводе, приводить всю трансмиссию в движение; 9) отсутствие опасности от ремней, шкивов и т. п.; 10) уменьшение пыльности рабочего помещения и создание более гигиенич. условий работы. К числу недостатков одиночного П. э., обычно компенсируемых преимуществами, можно отнести следующие два: 1) более высокие первоначальные затраты на электрооборудование и увеличение стоимости эксплоатации из-за большого числа электродвигателей; 2) меньший кпд электродвигателей. Однако первый недостаток для новых промышленных предприятий только кажущийся. При одиночном П. э. отсутствуют трансмиссии, вследствие чего получаются более легкие и потому более дешевые здания. Уменьшение кпд электродвигателей в значительной степени компенсируется отсутствием потерь в промежуточных передачах и уменьшением потерь холостого хода. Лишь в том случае, если мощности отдельных рабочих машин не велики (не более 1—2 kW) и эти машины-орудия не требуют регулировки скорости, может оказаться экономически рациональным применение группового П. э. В случае необходимости для рабочей машины-орудия регулировки скорости, преимущества одиночного П. э. бесспорны. Так, применение регулируемого одиночного П. э. к металлообрабатывающим станкам дает возможность удалить из них ряд механич. передач и тем упростить и удешевить станки, в то же время улучшая их свойства. Регулируемый П. э. дает преимущества в том отношении, что регулирование скорости может производиться плавно, в то время как на обычном станке, напр. токарном, возможно лишь изменение скорости ступенями.

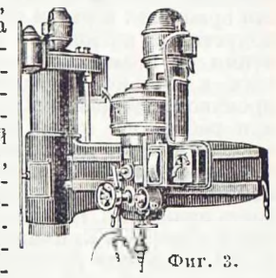
Эти преимущества регулируемого одиночного П. э. привели к тому, что уже многие станкостроительные фирмы вносят значительные изменения в конструкции станков; одновременно широко развивается и усовершенствуется и электрич. оборудование машин-орудий, применительно к требованиям каждого данного производственного процесса. Подобное параллельное развитие производственного и силового оборудования приводит к неизбежному их тесному органич. соединению. Электродвигатель из посторонней машины превращается в силовой орган станка, или машины-орудия, теснейшим образом конструктивно с ней связанный и дающий данному рабочему звену машины-орудия все необходимые движения. В случае наличия нескольких рабочих органов каждый из них обслуживается особым, наиболее приспособленным для этого электродвигателем и в подобном случае получается многомоторный П. э. На фиг. 1 показан современный токарный станок с электродвигателем, расположенным на оси станка. На фиг. 2 (A—одиночный шкив, S—главный шпиндель, U—муфта для перемены направления вращения) показаны передачи современного токарного станка с перебором коробкой и одним шкивом. Чтобы главный шпиндель мог вращаться в обоих направлениях с 16 различными скоростями (в пределах 11—400 об/м.), требуется передача


Фиг. 1.



Фиг. 2.

с 4 промежуточными валами и муфта U для перемены направления вращения. В качестве другого примера можно привести радиально-сверлильный станок (фиг. 3) с вертикальным двигателем, расположенным вместе со всеми своими приборами для управления на супорте, передвигающемся на горизонтальной поперечине; другой небольшой вертикальный электродвигатель, расположенный на верху колонны, служит для перемещения этой поперечины. Подобные станки дают существенные преимущества перед станками обычного типа, приспособленными для механич. привода. По данным К. Меллера кпд усовершенствованного радиально-сверлильного станка, начиная от зажимов электродвигателя и кончая сверлом, колеблется в зависимости от диам. и глубины дыр от 43,2 до 69%, в то время как станки старого типа дают кпд не более 20—25%. Повышение кпд объясняется, с одной стороны, уменьшением потерь энергии


Фиг. 3.

в механич. органах для передачи движения на станке, а с другой—уменьшением потерь холостого хода вследствие выключения двигателей по окончании каждого рабочего движения. В отношении экономичности весьма существенным является также простота электрической регулировки скорости.

Применение регулируемого одиночного П. э. к металлообрабатывающим станкам дает возможность удалить из них ряд механич. передач и тем упростить и удешевить станки, одновременно улучшая их свойства. Регулируемый П. э. дает возможность получить плавную регулировку числа оборотов и притом автоматически (напр. в токарном станке в зависимости от изменения в процессе работы диам. обрабатываемого предмета), что не может иметь места в обычном станке, скорость к-рого м. б. изменяема лишь ступенями (сменой передачи). По исследованиям К. Меллера подобная реконструкция станков, в случае токарного станка, дает результаты, приведенные в след. таблице:

Род сопряжения электродвигателя со станком	Вес снятой стружки *1	Уд. производительность *2	Расход энергии *3
Двигатель, связанный со станком через ступенчатые шкивы . . .	19	7,2	4 500
Двигатель, сочлененный со станком через зубчатые колеса . . .	22	8,3	3 980
Регулируемый двигатель постоянного тока, непосредственно соединенный со шпинделем	34,6	13,4	2 460

*1 В *кг*. *2 В *кг*/kWh. *3 В kWh на 100 валов.

По опытным данным того же К. Меллера для нек-рых условий полное время управления П. э., при регулируемом шпиндельном двигателе постоянного тока, составляло всего 8,9%, если время управления П. э. станка при ступенчатых шкивах принять за 100%.

Особенно яркий пример тонкой и точной регулировки представляет П. э. кольцевого ватера или прядильной ринг-машины. Решающим фактором для определения скорости вращения веретен является максимально допустимое натяжение нити для предохранения от возможности обрывов, нарушающих и сильно замедляющих нормальный производственный процесс. Натяжение это при работе все время меняется, находясь в зависимости от диам. наматываемой катушки в каждый данный момент; вместе с тем меняется и максимальная допустимая скорость вращения. Необходимые здесь постоянные и совершенно плавные изменения в скорости вращения достижимы только при помощи специального электродвигателя (в данном случае применяется трехфазный коллекторный двигатель), управляемого т. н. р е г у л я т о р о м п р я д е н и я. Такое автоматич. регулирование, дающее возможность работать на максимально допустимой скорости, при одновременном уменьшении числа обрывов нити, дает по данным инж. С. И. Кричевского [1] повышение производительности прядильной машины примерно на 30% (6,7 *кг* вырабатываемой от пряжи в час против 5,1 *кг* в час при обычном П. э. без автоматич. регулирования скорости). В качестве новейшего достижения в области электрификации прядильных машин можно указать также на систему многомоторного рогулечного ватера, каждая рогулька к-рого снабжается маленьким вертикальным электродвигателем. Такая замена одного сравнительно мощного двигателя большим числом (порядка нескольких сот) мелких двигателей ничтожной мощности привела к тому, что вследствие возможности быстрой остановки каждой рогульки порознь в случае обрыва нити, не останавливая всей машины, производительность машины сильно возросла. По данным инж. С. И. Кричевского производительность по сравнению с рогулечным ватером обычного типа возросла на 70%, обслуживающий персонал уменьшился на 60% его обычного состава.

Изложенное выше указывает, какое значение для производства имеют регулируемые П. э. и как эти П. э. влияют на конструкцию производственных механизмов. Меняются не только рабочие орудия, но часто и их относительные расположения в цехе. В этом отношении весьма характерным является развитие оборудования металлургич. заводов. Достаточно сравнить прежнее и современное расположение механизмов прокатных цехов, чтобы сразу почувствовать влияние, оказываемое П. э., в особенности в двух отношениях: в отношении П. э. самих станов и в отношении внутрицехового транспорта. Высокая степень совершенства прокатных станов теперь уже не мыслится без П. э., ибо только последний сделал возможным научное развитие прокатных станов и их калибровки. Весьма большое значение в отношении повышения кпд имеет во многих случаях также возможность рекуперации энергии, достигаемой при помощи надлежащим образом устроенного П. э. Это обстоятельство особенно важно для крупных реверсивных П. э. у шахтных подъемных машин, прокатных станов, а также у крупных строгальных станков и т. п. При оборудовании напр. строгального станка реверсивным П. э. с автоматич. управлением и так назыв. динамич. торможением в конце каждого хода, путем перехода электродвигателя на генераторный режим, кинетическая энергия движущихся частей не теряется, но возвращается в виде электрич. энергии обратно в сеть. Этим достигается значительная экономия в расходе энергии, а вместе с тем и гораздо бо́льшая плавность торможения, смягчаются удары, уменьшается износ трущихся частей и увеличивается точность и быстрота работы. По данным справочника Rziha und Seidener [2] расход энергии на приведение в движение строгального станка понижается благодаря рекуперации на 33—50% по сравнению с нереверсивным П. э.

Подобно тому как П. э. оказывает влияние на конструкцию рабочих машин, так и последние в свою очередь предъявляют к двигателю свои специальные требования. В отдельных случаях возникает естественное стремление создать из двигателей и рабочей машины единое нераздельное целое, а это естественно влечет за собой необходимость особой конструкции двигателей. Так были созданы фланцевый и шпиндельный двига-

тели для металлообрабатывающей пром-сти. Полировочные машины обычно представляют неделимую единицу с двигателем. Этот двигатель имеет 2 длинных конца вала, на к-рые и насаживаются полирующие диски. Особую конструкцию имеют и двигатели для текстильной пром-сти. Эта особенность заключается не только в особом конструктивном выполнении двигателя в отношении защиты и соединения с рабочей машиной, но и в отношении особой подгонки характеристики машин (например двигатели с большим скольжением для сельфакторов). Особую группу составляют закрытые двигатели, применяемые широко для кранов и вспомогательных механизмов прокатных цехов металлургич. з-дов. Эти двигатели характеризуются не только своей прямоугольной формой и особо прочной механич. конструкцией, но также подбором номинального числа об/м. и размеров машины с точки зрения наименьшей длительности операций и наименьшего расхода энергии на ускорение. Кроме того к этим двигателям предъявляется требование исключительно быстрой замены как всего двигателя в целом, так и его частей. Т. о. конструирование специальных двигателей для разных отраслей пром-сти вызывается не только особенностями защиты двигателей от внешних влияний, а равно среды, в которой они работают (например химич. з-ды взрывчатых веществ, рудники с выделением газа и т. п.), и особенностями способа охлаждения двигателя, но желанием создать из двигателя и рабочей машины компактную дешевую единицу, более приспособленную к рабочему процессу. Стремление достигнуть наилучшего использования электрич. оборудования вызывает широкое применение быстроходных двигателей, получающихся меньших габаритных размеров, а потому и более дешевых. В этом случае, когда возможно непосредственное сочленение вала двигателя с рабочим орудием (шпиндельный двигатель, полировочная машина, нек-рые деревообделочные станки, центробежные насосы и т. п.), такое решение следует считать лучшим. Отсутствие такой возможности по условиям работы орудия заставляет прибегать к применению промежуточных передач от двигателя к рабочей машине. В таких случаях (а их большинство) далеко не всегда оказываются экономически выгодными двигатели с высоким числом оборотов. К двигателям с меньшим номинальным числом об/м. приходится иногда прибегать по соображениям длительности операции пуска (продолжительности периода ускорения) и остановки (напр. краны и вспомогательные механизмы прокатных цехов). В качестве передачи от двигателя к рабочей машине все большее распространение получает зубчатая передача. Ременная передача начинает постепенно отходить на второй план: стремление к компактности установки вызывает иногда применение ременной передачи с натяжным роликом типа Lenix.

Различного рода промышленные предприятия питаются почти исключительно трехфазным током, т. к. при этом получаются более дешевые распределительные сети; кроме того это дает возможность рациональной связи фабрично-заводских станций с районными. В силу этого вполне естественным является решение для всех нерегулируемых П. э. применять двигатели переменного тока. Сложнее дело обстоит в случае регулируемых приводов. Индукционный двигатель трехфазного тока сам по себе следует считать практически почти нерегулируемым. Т. о. в случае желания применить для регулируемых установок переменный ток при малых и средних мощностях речь может итти лишь о трехфазных шунтовых и последовательных коллекторных двигателях, а при больших мощностях, т. е. таких, при которых коллекторные двигатели не строятся,—о каскадных установках. Однофазные репульсионные двигатели, конкурирующие при малых мощностях с трехфазными коллекторными, в силу худшего использования материала постепенно вытесняются трехфазными. Подобно тому как это имело место в области электрической тяги, в ряде промышленных установок происходит борьба между постоянным и переменным током у регулируемых приводов. В случае единичных регулируемых установок порядка нескольких сот kW, например нереверсивные прокатные станы, шахтные вентиляторы, регулируемые воздуходувки, когда пределы регулировки не превышают 1 : 2, применяются каскадные агрегаты в виде сист. Крамера, Шербиуса и т. п. Установки трехфазных коллекторных двигателей большой мощности (300—400 kW) чрезвычайно редки. Реверсивные прокатные станы (номинальной мощностью в 2 000—5 000 kW), требующие регулировки в широких пределах (до ±200—300%) номинальной скорости, приводятся исключительно двигателями постоянного тока, питаемыми от трехфазной сети по сист. Леонарда-Ильгнера. В случае нескольких регулируемых установок большой и средней мощности, расположенных вместе, применяются теперь двигатели постоянного тока (напр. бумагоделательные машины, прокатные металлургич. нереверсивные станы, холодные вальцы, прокатные станы для сахарного тростника). Применение двигателей постоянного тока при больших мощностях оказывается необходимым, когда регулировка скорости требуется в пределах, превосходящих 1 : 2. При пределах регулировки больше чем 1 : 3, для регулирования широко применяется система Леонарда; она же используется в таких случаях и для пуска в ход. При небольшой и средней мощности для приводов, регулируемых или часто реверсируемых, а также для приводов с большим числом пусков в час (напр. рольганги, краны, загрузочные машины, коксовытаскиватели и т. п.), в США и Франции применяется постоянный ток; этот род тока принят и в СССР для вновь строящихся металлургич. гигантов. Попытки перехода франц. металлургических з-дов на переменный ток не дали хороших результатов из-за недостаточно высокой перегрузочной способности индукционного двигателя и низкого коэф-та мощности заводской сети. В Германии же динамостроительные з-ды усиленно пропагандируют внедрение в эту область индукционных двигателей. Коллекторные двигатели переменного тока для таких тяжелых условий работы непригодны. В том случае, когда в предприятии идет речь о выборе типа привода для нескольких маломощных

кранов, при отсутствии необходимости в регулируемых или часто реверсируемых приводах рабочих машин, приходится выбирать переменный ток, как дающий более дешевую установку. В случае же значительного кранового и транспортного оборудования вопрос о ходе тока является менее определенным. Окончательное право коллекторные двигатели переменного тока отвоевали себе повидимому лишь в регулируемых приводах текстильной пром-сти (кольцевой ватер), хотя вопрос о приводе ситцепечатных машин с пределами регулирования от 1 : 4 до 1 : 10 от двигателей постоянного или переменного тока является пока спорным. Здесь возможно применение как постоянного тока по принципу прямого и обратного включения, так и шунтовых коллекторных двигателей с возбуждением со статора. Регулируемый многомоторный привод рогулечных ватеров конструируется, как указано выше, в форме регулируемых индукционных двигателей с изменением частоты питающего тока при помощи особого преобразователя частоты. Индукционные двигатели с регулировкой посредством сопротивления в цепи ротора конкурируют легко с другими способами регулирования числа оборотов в тех П. э., где требуются малые пределы регулирования.

Борьба между постоянным и переменным током идет и в металлообрабатывающей промышленности. Надлежащее использование электрически регулируемых металлообрабатывающих станков современной конструкции требует регулируемых двигателей. Коллекторные двигатели переменного тока в силу высокой стоимости и большого веса совершенно не привились для металлообрабатывающих станков. Т. о. в этом случае речь идет о выборе между плавно регулируемыми двигателями постоянного тока и индукционными с переключением числа полюсов, т. е. со ступенчатыми двигателями. Борьба постоянного тока, имеющего в случае регулируемых реверсивных и часто пускаемых приводов ряд технич. преимуществ перед переменным током, затрудняется экономически необходимостью преобразования переменного тока в постоянный. В качестве одной из иллюстраций борьбы постоянного и переменного тока можно отметить следующий факт. В США для лифтов, для к-рых условия плавной регулировки и торможения особенно ценны, применялись до последнего времени преимущественно двигатели постоянного тока. За последнее время там стала намечаться тенденция к установке на лифтах индукционных двигателей с переключением числа полюсов. Этот пример весьма характерен для страны, которая в своей пром-сти широко применяет двигатели постоянного тока. Несомненно, что такой новый подход есть результат высокой стоимости преобразования переменного тока в постоянный и вызывается отсутствием концентрации электрич. оборудования отдельных лифтов в одном месте. Что касается нерегулируемых двигателей переменного тока, весьма широко применяемых в пром-сти, то до последнего времени почти единственным типом нерегулируемого двигателя переменного тока следовало считать индукционный двигатель с контактными кольцами и (менее распространенный) короткозамкнутый двигатель. В силу тех ограничений, которые ставились электрическими станциями, короткозамкнутые двигатели применялись в Европе лишь при мощностях не выше 3—5 kW. Лишь весьма мощные америк. станции допускали применение этих двигателей с пусковыми автотрансформаторами до мощности в несколько сот kW. К настоящему времени положение сильно изменилось. Рост мощности станций и отдельных распределительных трансформаторов говорит за возможность применения короткозамкнутых двигателей значительно б́ольших мощностей, чем допускалось в Европе и у нас до сих пор. Те преимущества, которыми обладают короткозамкнутые двигатели по сравнению с двигателями с кольцами (простота обслуживания, более высокий коэфициент мощности и кпд, меньшая стоимость), вызвали широкое применение короткозамкнутых индукционных двигателей как в Европе, так и в СССР.

Стремление повысить коэф. мощности установки привело к широкому применению, в особенности в США, синхронных двигателей с асинхронным запуском. Эти двигатели в настоящее время усовершенствованы как в отношении пусковых, так и рабочих характеристик (высокая перегружаемость) и применяются до весьма крупных мощностей. Повышение их перегружаемости дает возможность устанавливать их для таких тяжелых сравнительно П. э., как непрерывные прокатные станы; так, на Магнитогорском металлургич. заводе устанавливаются для непрерывных станов два синхронных мотора по 5 000 HP, допускающие перегрузку до 225%. Появились синхронизированные двигатели с отдельным возбудителем (называемые часто автосинхронными) для средних и больших мощностей, синхронизированные двигатели с самовозбуждением для малых мощностей (типа Шюлера и Финна), компенсированные двигатели. Усовершенствованы конструкции компенсаторов фаз. Т. о. выбор перегулируемого двигателя переменного тока представляет теперь для промышленных предприятий новую проблему. Вопрос этот получил особо важное значение из-за той серьезной экономич. роли, к-рую играет в стоимости энергии величина коэф-та мощности ($\cos\varphi$). Весьма рационально эта проблема решается в США. Там имеется определенная тенденция применять наиболее простой и наиболее дешевый как по первоначальной, так и по эксплоатационной стоимости короткозамкнутый двигатель до величины порядка 60—100 kW. Выше же во всех случаях, где представляется возможным по режиму работы П. э., считается рациональным применять синхронные двигатели. Что же касается индукционных двигателей с кольцами, то в последнее время их устанавливают лишь там, где пусковой момент короткозамкнутого или синхронного двигателя оказывается недостаточным. При таком подходе к выбору типа двигателя вопрос о $\cos\varphi$ во вновь оборудуемом предприятии обычно возникнуть не может, т. к. при применении в качестве двигателя большой мощности двигателя синхронного типа установки в целом дают хороший, вполне приемлемый практически $\cos\varphi$. И даже в особо тяжелых условиях пуска в ход в США иногда предпочитают устанавливать синхронный двигатель специальн. конструкции, называемый там сверхсинхронным, со статором, вращающимся во время периода пуска в ход и затем постепенно затормаживаемым.

Европ. практика идет к той же цели, т. е. высокому $\cos\varphi$ установок переменного тока, но несколько иными путями. Чисто синхронные двигатели в Европе распространения почти не получили. Взамен синхронных двигателей европ. электромеханич. з-ды предлагают обычно синхронизированные двигатели с отдельным возбудителем, индукционные двигатели с фазокомпенсатором и наконец компенсированные двигатели. В отношении короткозамкнутых двигателей несмотря на большие достижения европейских заводов в конструировании этих двигателей (двигатели с глубокой впадиной; двигатели с двойной обмоткой) европ. электрич. станции до сих пор ставят в большей или меньшей степени ограничения для наибольших допустимых мощностей. Нужно отметить принципиальную необоснованность общего подхода к установлению предельных допустимых мощностей короткозамкнутых двигателей, так как колебания напряжения при пуске двигателя зависят от мощности трансформатора, числа одновременно пускаемых двигателей и ряда других факторов. Что же касается компенсированных двигателей и синхронизированных с самовозбуждением для таких мощностей, при к-рых применение короткозамкнутых двигателей будет возможным, то вряд ли мелкие двигатели высокого $\cos\varphi$ получат широкое применение. Хотя работа коллектора в этих двигателях протекает в отношении коммутации без особых недоразумений, однако коллектор требует дополнительного ухода, а потому и технически и экономически целесообразнее устанавливать при таких мощностях короткозамкнутые двигатели, перенося компенсацию $\cos\varphi$ на более крупные двигатели установки в форме синхронных двигателей или индукционных с фазокомпенсатором.

Помимо типа и характеристики самого двигателя весьма большую роль при электрооборудовании П. э. играет также управление им, и в последнее время весьма широко стало применяться автоматич. управление. Автоматизация является средством для повышения производительности, лучше сохраняет оборудование, требует менее квалифицированного персонала. Кроме того она имеет большое значение в отношении облегчения условий труда, а также для техники безопасности. Человек не может работать так напряженно, как автоматы, а потому ручное управление в отдельных случаях не может дать продукта такого качества и в таком количестве, какое дает автоматич. управление. Особенно широко автоматич. управление—кнопочное или в другом виде—применяется в США в силу высокой стоимости рабочей силы. Примерами автоматич. управления могут служить прокатные реверсивные и нереверсивные станы, металлообрабатывающие станки, бумагоделательные станки, вспомогательные механизмы металлургич. з-дов, краны, лифты, шахтные подъемники, доменные подъемники, установки с синхронными двигателями и т. д.

Стремление хорошо защитить электрич. оборудование з-дов, упростить его и обезопасить обслуживающий персонал часто побуждает отказываться от установки у двигателей мраморных щитков, а также от расположения распределительных устройств в особых помещениях. Взамен щитов у двигателей нашли применение особые т. н. моторные ящики. В связи с этим целое распределительное устройство получает своеобразный вид ряда чугунных ящиков. Довольно часто аппаратура к двигателю стала помещаться внутри корпуса рабочей машины. Общий путь технич. эволюции ведет к непрерывному развитию специализированного одиночного многомоторного привода с высокоразвитой электрич. аппаратурой, автоматизированной для быстрого, безопасного и точного управления, и надлежащей защитой таковой.

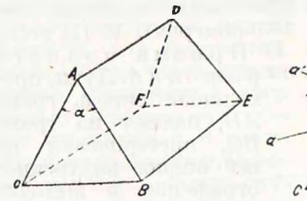
Лит.: 1) Кричевский С. И., Основные черты электрич. оборудования текстильных фабрик, М., 1926; СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 4, отд. 22—24, Л., 1929 (указана лит.); 2) Rziha E. und Seidener J., Starkstromtechnik, B. 2, 7 Aufl., B., 1930.

Г. Леви.

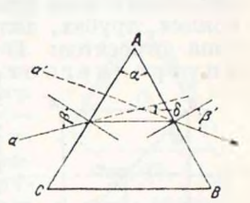
ПРИЕМ в радиотехнике, совокупность способов, при помощи к-рых излучаемые *передатчиком* (см.) электромагнитные волны, т. н. радиосигналы, при применении соответствующей аппаратуры (см. *Детектор*, *Ламповый приемник*, *Лампа электронная*) воспринимаются на расстоянии. Прием радиосигналов, отправляемых передающей *радиостанцией* (см.), осуществляется или на слух (главным образом радиотелефонный прием, а также и радиотелеграфный при помощи звуковой азбуки Морзе) или на пишущие аппараты (см. *Быстродействующие радиопередача и радиоприем*, *Пишущий прием*), также в *телевидении* (см.). Подробнее см. *Излучение и прием* и *Радиоприемник*.

ПРИЕМНИК в радиотехнике, см. *Радиоприемник*, *Ламповый приемник*, *Детектор*, *Ламповый детектор*.

ПРИЗМА оптическая, в простейшем виде представляет собой тело из прозрачного вещества, ограниченное двумя пересекающимися плоскостями (фиг. 1). В более широком смысле П. называются весьма разнообразные части оптич. установок, состоящие в большинстве случаев из прозрачных твердых тел, ограниченных плоскостями. В простейшей П. линия пересечения плоскостей AD называется преломляющим ребром П., угол между плоскостями $ABED$ и $ACFD$ называется преломляющим углом П. и равен плоскому углу α в главном сечении П. плоскостью, перпендикулярной преломляющему ребру. Плоскость $CBEF$ называется основанием П. Если луч света, лежащий в главном сечении, падает на грань AC под углом β к нормали (фиг. 2), то после двух преломлений на гранях AC и AB он выйдет под углом β' к нормали



Фиг. 1.



Фиг. 2.

грани AB, причем угол отклонения δ будет выражаться след. обр.:

$$\delta = \beta + \beta' - \alpha; \quad (1)$$

угол β' зависит от β и показателя преломления вещества n след. обр.:

$$\sin\beta' = \sin\alpha\sqrt{n^2 - \sin^2\beta} - \cos\alpha\sin\beta. \quad (2)$$

При малых углах α и β выражение (2) м. б. написано в более простом виде:

$$\beta' = n\alpha - \beta; \quad (3)$$

тогда, подставив в (1), имеем

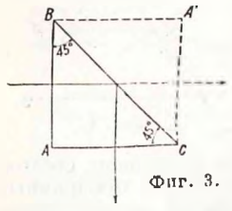
$$\delta = (n-1)\alpha; \quad (4)$$

ф-ла (4) дает значения угла δ для тонкой призмы (бипризмы). В общем случае из (1) и (2) следует, что δ минимально при $\beta = \beta'$, т. е. при симметричном расположении призмы (т. н. установка П. на минимальное отклонение). При этой установке существует следующее соотношение:

$$\sin\frac{\alpha+\delta}{2} = n\sin\frac{\alpha}{2}; \quad (5)$$

из к-рого, измерив α и δ, можно получить n, чем и пользуются при определении показателя преломления (см. *Рефрактометр*). Лучи, исходящие из светящейся точки a и преломленные П., дадут мнимое изображение в a', но это изображение будет искажено вследствие астигматизма. Астигматизм будет меньше всего при установке П. на угол наименьшего отклонения. Наиболее резкое изображение получается от бесконечно удаленной прямой, параллельной преломляющему ребру П. (щель коллиматора спектроскопа), причем изображение имеет вид дуги с выпуклостью, направленной к основанию призмы. П. обладает увеличительным действием в направлении, перпендикулярном преломляющему ребру, и только при установке на угол наименьшего отклонения она дает изображение, равное по величине предмету.

По своему действию все П. могут быть разделены на 2 типа: П. ахроматические, не дающие спектрального разложения, и П., разлагающие в спектр падающее на них излучение. П. первого типа применяются в различного рода зрительных приборах (биноклях, трубах, дальномерах). К П. этого типа относятся: 1) Призма полного внутреннего отражения. Лучи, проходящие сквозь грань AB, падают на грань BC, претерпевают на ней полное внутреннее отражение и выходят через грань AC (фиг. 3). 2) Оборотная П. Амичи дает перевернутое изображение предмета. Ход лучей показан на фиг. 4. 3) Пентагональная призма сист. Гульера, применяемая в дальномерах, имеет следующие данные (фиг. 5, стороны ED и BC посеребрены): углы $\alpha = 45°$, $\beta = \gamma = 112{,}5°$, $\delta = 90°$. Угол ε между падающими и выходящими лучами всегда равен 90°, независимо от расположения П. Как видно из фигур, если развернуть весь путь, к-рый луч проходит в стекле, то все три вышеуказанные П. эквивалентны плоскопараллельной пластинке: все эти П. не дают спектрального разложения.

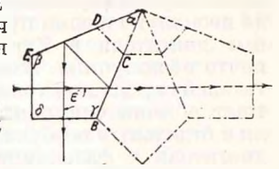


Фиг. 3.

Кроме этих трех употребляется еще целый ряд сложных П., цель к-рых в большинстве случаев—удлинить ход лучей, не увеличивая при этом размеров прибора. Примером такой П. может служить П. системы Мелле-ра, изображенная на фиг. 6, в которой луч пять раз отражается

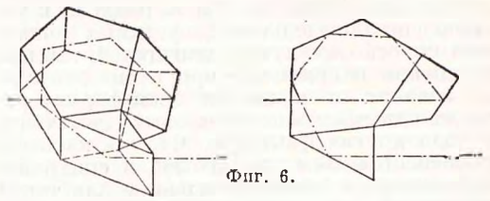


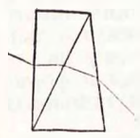
Фиг. 4.



Фиг. 5.

от граней, прежде чем выйти наружу. В осветительных арматурах, носящих название диоптрических, а также в линзах Френеля применяются для преломления и отражения света призматические кольца. Все эти кольца имеют призматич. сечение и работают так, как соответствующие П. Кроме однарных ахроматических П. существуют еще ахроматические составные П., напр. две П., расположенные так, как показано на фиг. 7. Они делаются из веществ с разными показателями преломления и с так подобранной дисперсией, что луч, проходя сквозь них, не разлагается спектрально, но отклоняется от своего первоначального направления. Первые ахроматические призмы были сделаны Долландом, причем веществами служат стекло и вода.


Фиг. 6.


Фиг. 7.

В наст. время П. разных типов служат главной составной частью большинства спектральных приборов. Призмы, дающие спектральное разложение, характеризуются их угловой дисперсией и разрешающей способностью. Угловая дисперсия П. определяется величиной $\frac{d\delta}{d\lambda}$, причем $\frac{d\delta}{d\lambda} = \frac{dn}{d\lambda}\frac{T}{a}$, где δ—угол отклонения, λ—длина волны, T—длина основания П., a—ширина выходящего пучка (одной длины волны) (фиг. 8). Разрешающая способность призмы R определяет ту минимальную разность длин волн, при которой две спектральные линии могут быть раздельно изображены с помощью данной П.; если эту разность обозначить через $d\lambda$, то имеет место следующая ф-ла:

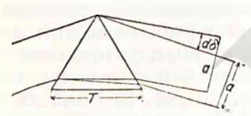
$$\frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{1}{R},$$

причем R выражается ф-лой

$$R = -T\frac{dn}{d\lambda}.$$

Из ф-лы видно, что разрешающая способность зависит только от толщины проходимого стекла, а не от числа П. На фиг. 9 изображен целый ряд П., имеющих одну и ту же разрешающую способность, но обладающих совершенно различной угловой дисперсией. Кроме простой П., изображенной на фиг. 8, применяется еще целый ряд более сложных призм.

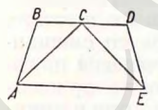
П. сист. Резерфорда состоит из призмы ACE, сделанной из флинтгласа, и двух приклеенных к ней призм ABC и ECD из кронгласа (см. фиг. 10). При автоколлимационной установке пользуются призмой Резерфорда, показанной на фиг. 11, у к-рой свет,



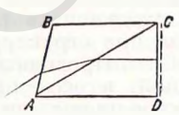
Фиг. 8.


Фиг. 9.

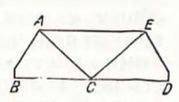
вошедший через грань AB, отражается от посеребренной стороны CD и возвращается обратно; ясно, что такая П. по своему действию эквивалентна резерфордовской П. с удвоенным основанием. П. прямого зрения является одной из разновидностей ре-



Фиг. 10.

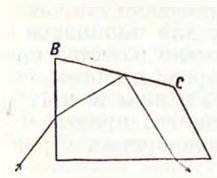


Фиг. 11.

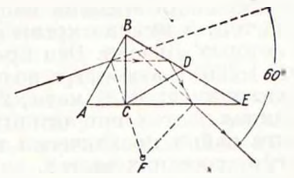


Фиг. 12.

зерфордовской П., как видно из фиг. 12; составляющие ее П. из флинтгласа и кронгласа так подобраны, что луч определенной длины волны выходит из нее неотклоненным от своего первоначального направления. П. постоянного отклонения

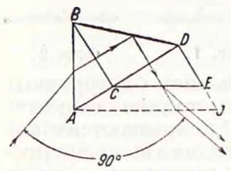


Фиг. 13.

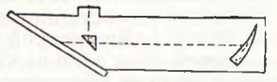


Фиг. 14.

отличаются тем, что соответствующим поворотом П. можно для лучей любой длины волн получить отклонение на один и тот же постоянный угол, причем это же положение П. будет соответствовать установке на угол наименьшего отклонения для лучей данной длины волны. Призма системы Аббе, дающая отклонение на 90°, дана

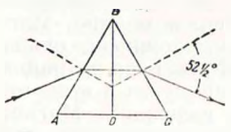


Фиг. 15.

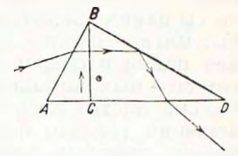

Фиг. 16.

на фиг. 13. Как видно из фиг. 13, в ней происходит полное внутреннее отражение на грани BC. П. сист. Аббе, дающая отклонение на 60°, дана на фиг. 14. $\angle ABC = \angle DCE = 30°$. Треугольник BCD равносторонний. Вращать призму следует вокруг точки F. Более сложного вида П., также дающая постоянное отклонение, изображена на фиг. 15. Она состоит из 90°-ной призмы BCD и двух П. из флинтгласа, причем $\angle ABC = \angle DCE = 30°$. Как видно из фиг. 15, эта П. эквивалентна призме $ABDJ$ такой же формы, как на фиг. 13. Призма сист. Фери ограничена двумя неконцентричными сферич. поверхностями, причем одна из поверхностей посеребрена. Применяется в автоколлимационном спектрографе, изображенном на фиг. 16. Из П., обладающих криволинейной поверхностью, отметим еще коническую П., примененную Гуссом для получения искусственной радуги. Для увеличения дисперсии пользуются комбинациями из нескольких призм, расположенных последовательно.

В зависимости от рода излучения П. делаются из различных веществ, прозрачных для соответствующих лучей. В видимой части спектра обычно применяется стекло, причем, чем больше дисперсия в этом стекле, тем больше разрешающая способность П. В области инфракрасных (тепловых) лучей обычно применяют каменную соль или флюорит. Так как поверхность каменной соли быстро тускнеет, то эти П. покрывают защитным лаком. Для ультрафиолетовых лучей б. ч. применяют кварц. На фиг. 17 изображена кварцевая П. сист. Корню, состоящая из двух призм ABD и DBC, где ABD из правовращающего кварца, а DBC из левовращающего кварца. Такое устройство П. уничтожает вредное действие двойного лучепреломления в кварце. На фиг. 18 показана кварцевая П. сист. Страубеля, составленная из призмы ABC с осью, направленной по стрелке, и из призмы BDC с осью, перпендикулярной плоскости чертежа.

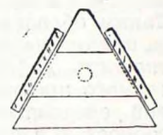


Фиг. 17.



Фиг. 18.

Для определения показателя преломления газов и жидкостей применяются полые П., наполняемые исследуемым веществом. На фиг. 19 изображен разрез такой П. для жидкостей. Центральная часть наполняется исследуемой жидкостью. Боковые стеклянные пластинки д. б. точно плоскопараллельны. Призмой для газов обычно служит стеклянный цилиндр с косо срезанными основаниями, заклеенный плоскопараллельными пластинками. О двоякопреломляющих призмах см. *Поляризационные приборы*.


Фиг. 19.

Лит.: Кислов, Теория оптич. инструментов, М., 1915; Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Gzapski S. u. Eppenstein O., Grundzüge d. Theorie d. optischen Instrumente nach Abbe, 3 Aufl., Lpz., 1924; Handbuch der Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 18, B., 1927; Bloch L., Lichttechnik, B., 1921; Tourrlol, Cours d'optique géometrique, P., 1926. **В. Фабрикант.**

ПРИИСК, приисковое хозяйство. см. *Россыпное дело*.

ПРИПОИ И ПАЯНИЕ. Паяние—один из технических процессов соединения частей металлич. изделий при помощи расплавленных металлов или сплавов, называемых при-

поями. Рабочий процесс паяния состоит из следующих операций: 1) механической подготовки изделий при помощи припасовки и очистки, 2) подогрева места пайки до рабочей температуры, 3) удаления окислов и других загрязнений при помощи флюсующих веществ, 4) ввода припоя, его плавления и схватывания, 5) застывания припоя, охлаждения места пайки, 6) последующей механической обработки, заключающейся в очистке и шлифовке или, в случае надобности, в отжиге и проковке места пайки. Последовательность и способы производства этих операций обусловливаются ходом процесса соединения расплавленного припоя с твердым спаиваемым предметом. Необходимо в каждом случае прежде всего поддержание установленной для данного процесса паяния $t°$. В связи с высотой рабочей $t°$ процессы паяния делятся на две основные группы: мягкое паяние и твердое паяние. Мягкая пайка в общем не выдерживает слишком сильных напряжений, твердая же пайка в большинстве случаев является в этом отношении гораздо более надежной. Мягкое паяние тяжелых металлов происходит при $t°$ ниже 300°, твердое—при $t°$ выше 700°. Для легких металлов разница рабочих температур не столь велика, что видно из приведенных ниже данных.

Мягкое паяние тяжелых металлов оловянными припоями	190—310°
Мягкое паяние легких металлов и их сплавов специальными припоями	250—450°
Твердое паяние легких металлов и их сплавов специальными припоями	550—630°
Твердое паяние тяжелых металлов серебряными припоями	700—850°
Твердое паяние тяжелых металлов латунными припоями	850—950°
Твердое паяние тяжелых металлов припоями с большим содержанием меди	>1 000°

Теория процесса паяния. В тот момент, когда жидкий припой смачивает спаиваемый предмет, последний начинает растворяться в расплавленной массе припоя. Согласно физико-химич. законам подобного процесса растворения в месте соприкосновения мгновенно образуется очень тонкий слой насыщенного раствора, из которого растворенные частицы сравнительно медленно диффундируют в остальную жидкую массу припоя. Таким образом для этого периода процесса паяния характерной величиной является скорость диффузии частиц твердого спаиваемого предмета в жидкий припой. Припой следовательно должен обладать способностью растворять определенные количества твердого спаиваемого предмета, без чего паяние становится невозможным. Одновременно с диффузией твердого металла в жидкий припой имеет место и диффузия в обратном направлении, а именно отдельные частицы жидкого припоя проникают в твердый металл. Этот второй процесс происходит с гораздо меньшей скоростью, нежели первый, но продолжается и по застывании припоя. Обоими этими процессами определяется характер образующейся в переходной зоне структуры, а вместе с тем и механические свойства места пайки. Образование структуры промежуточного слоя между припоем и спаиваемым предметом может происходить трояким путем. 1) Происходит образование структуры твердых растворов; эта структура является наиболее желательной в виду ее крепости и стойкости против коррозии. На вкл. л. *1* показан шлиф твердой пайки меди латунным припоем (63% Cu). Кристаллы припоя в данном случае проникли в спаиваемый предмет. Подобные пайки, несмотря на успехи автогенной сварки меди, и в настоящее время применяются очень часто и дают прекрасные результаты. 2) Образуются химич. соединения; т. к. кристаллы таковых б. ч. хрупки и склонны к коррозии, то подобного рода пайка в общем менее доброкачественна. Тем не менее пайки с последней структурой применяются довольно часто; таково например мягкое паяние меди или железа оловянным припоем. На вкл. л. *2* показан шлиф места пайки меди оловянным припоем. Между припоем и медью видна на рисунке белая полоса, состоящая из кристаллов Cu_3Sn. 3) Зона диффузии состоит из сплава припоя со спаиваемым предметом, причем по застывании снова выделяются кристаллы первоначального рода. На вкл. л. *3* показана пайка цинка чистым оловом в качестве припоя. Олово при паянии растворило большое количество цинка, и по застывании припой представляет собой уже сплав цинка с оловом. К пайкам с подобного рода структурой в общем нельзя предъявлять таких высоких требований, как при структуре со смешанными кристаллами. Продолжающееся по застывании припоя, в особенности при высоких $t°$, взаимное проникание друг в друга участвующих в процессе материалов можно использовать для последующего улучшения места пайки, если только процесс протекает с достаточной быстротой, и получающиеся при этом кристаллы обладают соответствующими механич. качествами. Опираясь на это обстоятельство, удалось напр. разработать подходящий способ паяния предназначаемых для высоких напряжений стальных частей, а именно крышек для цилиндров в моторах Дизеля. Эти крышки паяются при $t°$ 1 200° в атмосфере водорода припоем, состоящим из 64% меди, 25% никеля и 11% цинка, затем они отжигаются, причем место пайки практически приобретает структуру соседних частей.

Флюсующие вещества. Одним из главных условий для того, чтобы описанные выше процессы диффузии имели место, является полное смачивание всей поверхности места паяния припоем. Последнее же возможно только в том случае, если между обоими металлами не будет никакого другого постороннего вещества, вроде например пленки окиси. Однако, как известно, за исключением благородных металлов все остальные металлич. вещества на воздухе при высокой $t°$ покрываются такой пленкой. Этот слой необходимо во время процесса паяния разрушить и удалить, а также принять меры против образования такой пленки вновь. Все это достигается при помощи флюсующих средств—веществ неметаллического характера, б. ч. солей, обладающих свойством растворять окислы. Действие флюсующих веществ показано на фиг. 1 и 2. Если на раскаленный железный лист налить каплю жидкого олова, то последняя будет лежать на листе, не схватываясь с ним



Фиг. 1.



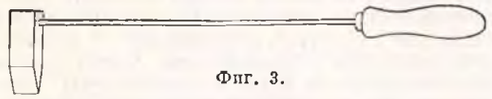
Фиг. 2.

(фиг. 1), но если покрыть эту каплю соответствующим флюсующим веществом, то капля расплывается, смачивает лист и схватывается с ним (фиг. 2). Свойства поверхности припоя и спаиваемого предмета имеют для смачивания и схватывания решающее значение. Для содействия процессу паяния флюсующие вещества должны между прочим удовлетворять следующим требованиям. Они д. б. жидкими при рабочей $t°$ и при этом легко и равномерно разливаться по всему месту пайки; вместе с тем во время рабочего процесса флюс должен полностью выступить на внешнюю поверхность припоя, как только последний схватился со спаиваемым предметом; если в месте пайки остаются частицы флюсующего вещества, то это всегда ведет к ухудшению механич. свойств пайки, а очень часто и к коррозии. При применении припоев из тяжелого металла полное отделение металла от флюсующего вещества облегчается уже значительной разницей между их уд. в., напр. уд. в. латуни и оловянного припоя больше 7, тогда как уд. в. флюсующего вещества 2—3. При паянии легких металлов, уд. в. которых не превышает 3, для полного выделения флюсующего вещества требуется еще и достаточно большая разница в поверхностных натяжениях флюсующего вещества и расплавленного металла. Помимо этих свойств от флюсующего вещества требуется гл. обр., чтобы оно своевременно и полностью растворило имеющиеся в месте пайки окислы и сторонние примеси. Этот процесс растворения д. б. закончен к моменту ввода жидкого припоя на место пайки. Растворение окислов вместе с тем не должно происходить и слишком рано (напр. уже при обыкновенной $t°$), т. к. в подобном случае действие флюсующего вещества будет слишком быстро исчерпано. Т. о. действие флюсующего вещества должно иметь место при $t°$ на несколько градусов ниже рабочей $t°$. Эта т. н. д е й с т в е н н а я $t°$ является для большинства процессов паяния весьма важным фактором, от к-рого часто зависит успешный результат всей работы.

Укажем теперь вкратце наиболее существенные вещества, служащие для приготовления флюсов. Т. к. металлические окислы являются б. ч. основаниями, то прежде всего необходимо нейтрализовать их при помощи к-т. Для этого преимущественно пользуются борной к-той, к-рая в холодном состоянии представляет *о*-борную кислоту; при нагреве она теряет содержащуюся в ней воду и в расплавленном состоянии (при $t°$ выше 600°) представляет соединение B_2O_3 с сильно кислотными свойствами. С окислами места пайки она образует жидкие бораты. Наиболее часто из соединений бора применяется бура (биборат натрия—$Na_2B_4O_7 \cdot 10\ H_2O$). При нагреве бура, набухая, теряет свою кристаллизационную воду и плавится при 741°. В жидком состоянии бура действует как смесь борной к-ты и метабората натрия ($Na_2B_4O_7 = 2\ NaBO_2 \cdot B_2 \cdot O_3$). Химически деятельной является при этом главным образом свободная триокись бора. С этим связано разное применение борной к-ты и буры на практике. При равном содержании бора бура в состоянии растворить только половину окисла сравнительно с борной кислотой, вследствие чего для выполнения паяния приходится брать буры по весу гораздо больше, чем борной к-ты, причем на месте пайки получаются толстые слои отходов. Бораты затвердевают как стекло с соответствующей степенью твердости, что затрудняет удаление отходов. Подобные твердые корки являются характерным признаком всех флюсов, изготовленных из буры. Однако не всегда можно заменить буру чистой борной кислотой. Несмотря на более высокую $t°_{пл.}$ буры, действенная $t°$ последней ниже, чем у борной к-ты. Часто применяются смеси из буры и борной к-ты, притом гл. обр. с перевесом в сторону содержания буры. Если в настоящее время все больше перестают применять чистую буру и вместо нее пользуются смесями, иногда очень сложными, с борной к-той и другими веществами, то главная причина этого заключается в том, что в месте пайки помимо нормальных окислов часто попадаются также и небольшие количества окислов или аналогичных веществ, образующихся из непредвиденных включений, имеющихся в сплавах. Количество этих веществ, вредно отражающихся на процессе паяния, химически установить б. ч. не представляется возможным. Опыт показал, что смеси флюсующих веществ сложного состава в общем обладают большей способностью растворения в отношении всяких неожиданных примесей, нежели чистая бура. К материалам, применяемым для этой цели, относятся еще фосфорнокислые соли натрия и натрия-аммония; известную роль играют и хлористые соединения, как поваренная соль, хлористый калий и хлористый барий. Основным материалом для изготовления флюсующих веществ с низкой действенной $t°$, применяемых гл. обр. для мягкого паяния, является хлористый цинк; последний входит в состав паяльной воды либо самостоятельно либо в смеси с хлористым аммонием. Чистый хлористый цинк плавится при 283°; прибавка хлористого аммония понижает $t°_{пл.}$ (при 27% содержания последнего—до 179°). Особенным требованиям должны отвечать флюсующие вещества, применяемые при паянии алюминия. Т. к. этот металл плавится при 658°, то смеси из боратов с их высокой действенной $t°$ оказываются в данном случае непригодными, равно как и флюсующие вещества из хлористого цинка, к-рые вообще не в состоянии растворить пленку окиси алюминия. На практике для паяния алюминия оказались подходящими гл. обр. смеси из фтористых и хлористых соединений—фтористый натрий и фтористый калий и реже фтористый литий, фтористый кальций и криолит. Все эти соли, равно как и большинство смесей из них, имеют более высокую $t°_{пл.}$, нежели алюминий, и поэтому применять их в качестве флюса в чистом виде не представляется возможным; $t°_{пл.}$ их понижается путем прибавки соответствующих количеств хлористых соединений. В результате опытов получились применяемые в настоящее время смеси, главную часть к-рых составляют хлористые соединения (хлористые натрий, калий, литий и кальций) и только около 10%—фтористые соединения.

П а я л ь н ы е и н с т р у м е н т ы. Для нагрева места пайки до рабочей $t°$ необходимо передать ему определенное количество

тепла. Эта передача тепла производится либо при помощи пламени либо через посредство паяльника. Паяльник состоит из куска металла—обыкновенно меди,—укрепленного на стержне с рукояткой. Существуют два главнейших применяемых на практике типа паяльников: паяльник молоткового типа (фиг. 3) снабжен обыкновенно лезвием,



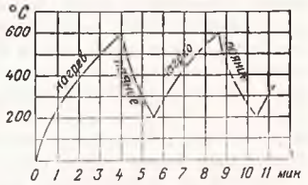
Фиг. 3.

а прямой паяльник (фиг. 4)—острием. Последний применяется главным образом для паяния в малодоступных местах, где работа молотковым паяльником не представляется возможной. Обычно вес паяльника = 250÷1 000 *г*. Т. к. паяльник должен служить для аккумуляции и затем для отдачи тепла, то в этом отношении тяжелый паяльник являет-

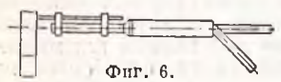


Фиг. 4.

ся более выгодным, нежели легкий, однако слишком большой вес затрудняет работу. Паяльник никогда не нагревается выше *t*° начала красного каления, в связи с чем он в свою очередь может нагреть место пайки также только до сравнительно невысокой *t*°. Так как паяльник является очень хорошим проводником тепла, то передача им тепла месту пайки происходит очень быстро, в особенности если наконечник паяльника снабжен достаточным колич. оловянного припоя, который образует как бы металлич. мост от паяльника к месту пайки. Указанное обстоятельство является большим преимуществом паяльника сравнительно с паяльным пламенем в тех случаях, когда вблизи места пайки должны находиться легко воспламеняющиеся материалы. С обыкновенным паяльником работают периодически (время нагрева и пайки). Вид температурной кривой в течение каждого периода показан на фиг. 5. Кривая показывает, что время, необходимое для подогрева паяльника, больше того промежутка времени, в течение которого можно им паять. Для устранения этого недостатка стали изготовлять паяльники с приспособлениями для подогрева, способствующими длительному поддержанию в паяльнике необходимой *t*°, в связи с чем получается возможность производить паяние без перерыва. Имеется много разных конструкций подобных паяльников. Подогрев их производится либо горючими газами (фиг. 6), либо жидкими горючими, либо же электричеством. Паяльник применим, как указано выше, для передачи сравнительно небольших количеств тепла и для получения на месте пайки невысоких *t*°, не выше 300°.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

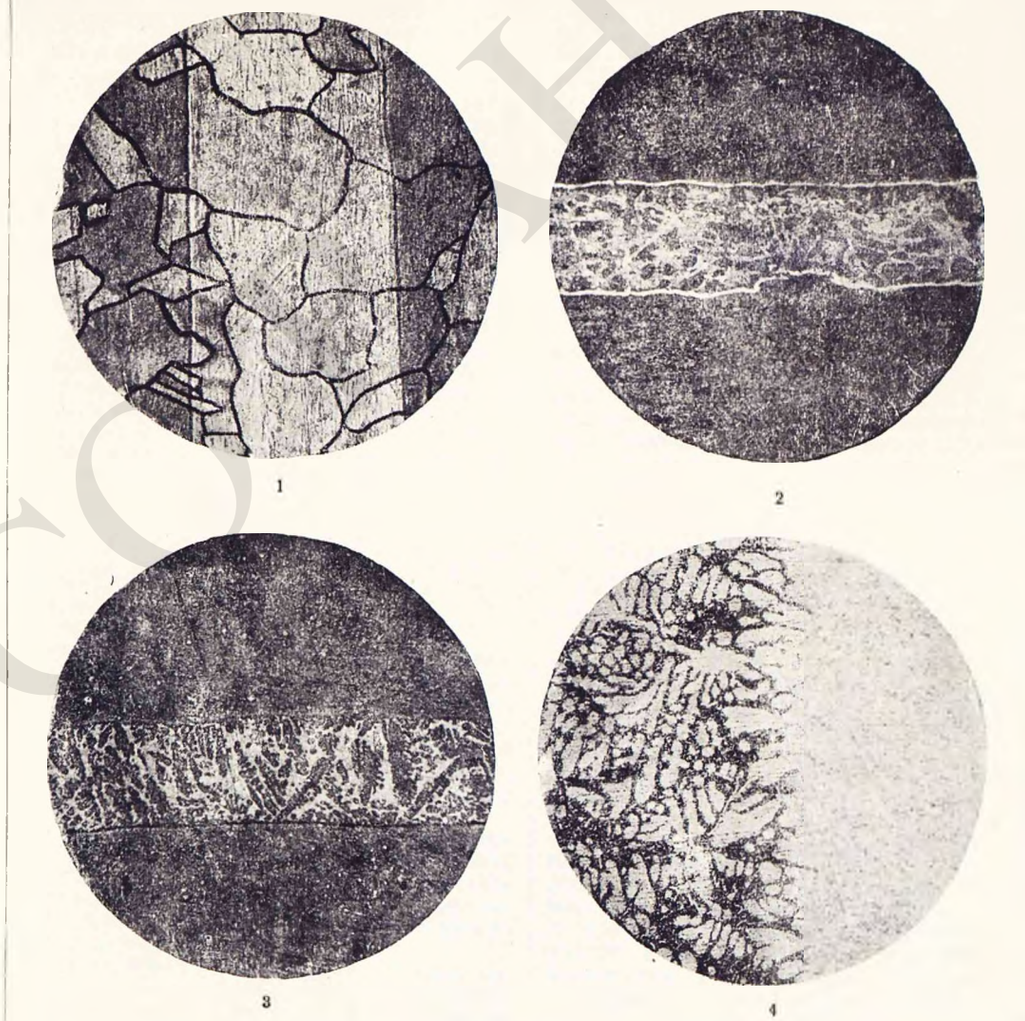
Он пригоден гл. обр. для мягкого паяния тяжелых металлов оловянным припоем или еще более легкоплавкими припоями при не очень больших толщинах спаиваемых предметов. Для работы же с более тугоплавкими сортами оловянных припоев он уже непригоден и д. б. заменен паяльным пламенем, получаемым от сгорания газообразных веществ. Передача тепла при применении паяльного пламени производится уже не при помощи хорошо проводящих тепло металлов, а через газы, к-рые, как известно, являются гораздо худшими проводниками тепла. Передача тепла к месту пайки требует в данном случае значительного времени, что в связи с более высокой степенью проводимости спаиваемого металла ведет к сильному подогреву не только места пайки, но и соседних с ним частей; последнее может вызвать нежелательные изменения в свойствах материала. Степень нагрева соседних с местом пайки частей зависит не только от сообщаемой этому месту *t*°, но и от рода паяльного пламени. Чем выше $t°_{пл.}$ припоя, тем горячее д. б. пламя, чтобы соседние с местом пайки части нагрелись возможно меньше. Пламя сравнительно слабой интенсивности дают паяльные лампы. Они работают на каком-либо жидком горючем (спирт, бензин, бензол или керосин), и конструкция их зависит от рода последнего. Лампа, сконструированная для определенного горючего, б. ч. непригодна для какого-либо другого, например спиртовую лампу нельзя использовать для бензина вследствие возможного в этом случае взрыва. Во всех остальных отношениях работа лампой не представляет никаких опасностей, если только она надежно изготовлена и если выполняют все установленные для этой лампы правила употребления. Работа этих ламп базируется на превращении горючего в газ, которой через сопло выходит наружу, смешивается с воздухом и образует широкое, заостренное пламя не очень высок. интенсивности. Паяльные лампы пригодны для мягкого паяния в тех случаях, когда паяльник оказывается недостаточным, а также для мягкого паяния алюминия и для твердого паяния тяжелых металлов. Для твердого паяния алюминия такие лампы, наоборот, непригодны, так как пламя для этого слишком широко и недостаточной *t*°. На фиг. 7 представлена небольшая паяльная лампа. Для получения горячего пламени требуется прежде всего основательное смешение горючего с воздухом или чистым кислородом. При применении какого-либо газа в качестве горючего, т. е. когда отпадает надобность в обращении жидкого горючего в газ, подобная операция не представляет затруднений. Простейшей горелкой, пригодной в данном случае, является горелка Бунзена (см. *Бунзена горелка*).



Фиг. 7.

Более высоким требованиям удовлетворяют паяльные приборы, в которых воздух подводится к газу под давлением. Простейшей формой такого прибора является известная паяльная трубка (фиг. 8), ко-

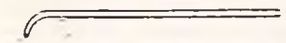
ПРИПОЙ И ПАЯНИЕ



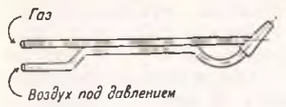
1. Твердое паяние меди латунным припоем, × 150.
2. Мягкое паяние меди оловянным припоем, × 150.
3. Мягкое паяние цинка чистым оловом, × 150.
4. Твердое паяние алюминия богатыми алюминием припоями
5. Паяние алюминия чистым кадмием, × 150.
6. Глубокая диффузия при мягком паянии алюминия при длительном нагревании.

Т. Э.

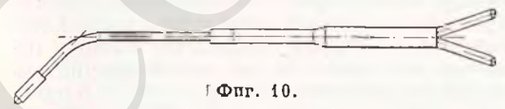
торая в настоящее время употребляется для твердого паяния лишь очень малых предметов. Паяльная трубка послужила началом для развития горелок с дутьем, в к-рых необходимый воздух подается вентилятором под давлением в 200—700 *мм* вод. столба. На фиг. 9 изображен паяльный пистолет, пригодный для смеси светильного газа с воздухом или смеси ацетилена с воздухом. При работе пистолетом, по размерам соответствующими величине спаиваемых предметов, можно нагревать места пайки до $t° \sim 1\,000°$, т. е. ими можно производить все встречающиеся на практике работы по твердому паянию. Во всяком случае развитие техники твердого паяния не остановилось на указанных работающих смесью газа и воздуха паяльных пистолетах, и в этой области использован весь тот опыт, к-рый накапливался за последние три десятилетия при конструкции сварочных горелок. Кроме паяльных пистолетов для твердого паяния



Фиг. 8.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

применяют особые горелки (фиг. 10), работающие смесью светильного газа и кислорода и по своей мощности значительно превосходящие обыкновенные паяльные пистолеты. Для твердого паяния все в большей мере стали применять и сварочную горелку, работающую смесью ацетилена или паров бензола с кислородом.

Выбор горелки помимо требований, которые ставит всякая определенная паяльная работа, зависит прежде всего от тех вспомогательных средств, которыми располагает предприятие, и от цены, по которой можно получать то или другое горючее.

Паяние тяжелых металлов. 1) Мягкое паяние тяжелых металлов производится б. ч. при помощи припоев из свинца и олова (оловянными припоями). Диаграмму состояния сплава свинец-олово см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 174. Оба металла образуют эвтектику при содержании олова в 63% с точкой плавления в 181°. Подобные сплавы, применяемые в качестве припоев, приведены в табл. 1. В главнейших из них (№№ 1—6) содержание олова 25—60%, и для этих пределов сохраняет силу общее положение, что припой плавится тем легче, чем больше олова он содержит. Во всяком случае все припои начинают переходить в жидкое состояние уже при $t°$ в 181°, в связи с чем пайки, произведенные при помощи таких припоев, нельзя подвергать каким-либо напряжениям при $t°$ выше 181°. Этими оловянными припоями паяют почти все тяжелые металлы и сплавы. Для более твердых материалов крепость места пайки определяется родом примененного оловянного припоя, к-рый является самой мягкой составной частью шва. Сопротивление на разрыв места пайки равняется 6—8 *кг/мм²* и возрастает с содержанием олова. Для изготовления оловянных припоев нередко применяют сплав (по-нем. Mischzinn), в котором содержание сурьмы достигает нескольких процентов. Подобные припои обладают несколько большей крепостью, нежели чистые сплавы из олова и свинца. Надо однако заметить, что содержание сурьмы в припое далеко не для всех спаиваемых материалов повышает прочность места пайки; например если при паянии меди наличие в припое сурьмы повышает прочность места пайки, то при паянии латуни сурьма такого влияния уже не оказывает, а при паянии железа даже понижает прочность места пайки. Мягкие припои применяются б. ч. в форме палочек, а в особенных случаях также в форме проволок. Часто применяется паяльная проволока с помещенным внутри нее флюсом; затем применяют также пасту из порошкообразного припоя в смеси с флюсующим веществом. Общеупотребительным флюсующим веществом для мягких припоев является паяльная вода, т. е. хлористый цинк и хлористый аммоний. Так как однако хлористый цинк отличается гигроскопичностью и в случае неудаления его из места пайки может впоследствии привести к коррозии, то подобные флюсующие вещества нельзя применять во всех случаях паяния. В особенности запрещается применение хлористого цинка и нашатыря при паянии электрических измерительных инструментов, т. к. применение этих веществ связано с опасностью появления впоследствии медянки на тонких медных проволочках инструмента, а в связи с этим и возможностью полной порчи последнего. Для подобных тонких паек в качестве флюсующих веществ применяются преимущественно органические вещества, как канифоль, глицерин и т. п. Эти материалы при $t°$ паяния растворяют окислы так же хорошо, как и хлористый цинк; правда, процесс паяния происходит при этом несколько медленнее. Для паяния меди и никеля, равно как и их сплавов — латуни, бронзы и нейзильбера — применяют предпочтительно припои №№ 4 и 5 с 40—50% олова, допускающие применение обыкновенного паяльника. Для очень тонких паек можно применять также припой № 6 с 60% олова. Так как медь и ее сплавы обладают значительно более высокой прочностью, нежели оловянный припой (20 — 90 *кг/мм²*)

Табл. 1.—Мягкие припои.

№	Состав в %				Плавится при $t°$		Применение
	Sn	Pb	Bi	Cd	Начало плавления	Конец плавления	
1	25	75	—	—	181	305	Для паяния пламенем
2	30	70	—	—	181	300	Для грубых жестяничн. работ, цинк. листов и т. п.
3	33	67	—	—	181	290	
4	40	60	—	—	181	275	Для латуни и белой жести
5	50	50	—	—	181	240	То же
6	60	40	—	—	181	195	Для тонких массовых паек
7	90	10	—	—	181	215	Для внутренних паек в консервных коробках
8	25	25	50	—	93	—	
9	25	12,5	50	12,5	60	—	Для паяния чистого цинка и т. п.

© ГПНТБ

то паяние этих материалов б. ч. производят внахлестку, с большой площадью перекрытия, в связи с чем напряжение на растяжение и сжатие переводится в напряжение срезывания, что обеспечивает большую прочность пайки. Типичным соединением подобного рода является паяние медных проволок в кабельном башмаке. Сплавы меди и никеля паяются таким же образом, как и чистая медь. Связующая способность припоя проявляется в данном случае не столь интенсивно, но все же можно получить хорошие результаты. Только алюминиевую бронзу нельзя паять оловянными припоями; также и с железом оловянный припой схватывается значительно медленнее, нежели с медью, вследствие чего железо перед паянием лудят. Особенное значение имеет паяние белой жести, идущей на изготовление консервных коробок. Паяние подобных коробок производится при помощи специальных машин. Для внешних швов на коробках применяют 60%-ный оловянный припой (№ 6), а для внутренних — 90%-ный (№ 7). Последнее необходимо в виду нежелательности соприкосновения пищевых продуктов со сплавом, содержащим много свинца, и могущего произойти в последнем случае отравления. Для грубых жестяничн. работ с оцинкованным или луженым железом применяют оловянные припои с содержанием олова только в 25—33% (№№ 1—3). Эти припои обладают более высокой $t°_{пл.}$ и поэтому непригодны для тонких работ, но вполне удовлетворяют требованиям грубой жестяничной работы в строительстве. Способность железа к паянию убывает с возрастанием содержания углерода. Чугун плохо схватывается либо даже вовсе не схватывается с оловянным припоем. В случае особой надобности можно достичь результатов при помощи особенно сильной паяльной воды. Паяние цинка применяется в большом масштабе в кровельном деле; преимущественно пользуются 33%-ным оловянным припоем (№ 3). Характерным в данном случае является успешное применение соляной к-ты в качестве флюсующего вещества. Указанная кислота при соединении с цинковым листом очищает его, образуя при этом хлористый цинк, к-рый при пайке выполняет присущие ему функции флюса. Паяние свинца оловянным припоем производят очень редко, так как свинец нормально сваривают при помощи водорода или светильного газа. Паяние олова оловянным припоем (№ 6) требует осторожности и навыка. В этом случае, как и при всех других работах, где требуются довольно низкие $t°$, к оловянному припою прибавляют кадмий и висмут, что может понизить $t°_{пл.}$ сплавов до 60° (табл. 1, №№ 8—9). Переход подобных припоев в жидкое состояние происходит со значительно меньшей интенсивностью, т. к. флюсующие вещества при таких низких $t°$ действуют медленно. Тем не менее имеется целый ряд областей, в которых подобные припои находят применение, как напр. паяние закаленных стальных деталей, к-рые нельзя нагревать до $t°$ свыше 100°.

2) Твердое паяние тяжелых металлов применяется в тех случаях, когда к месту пайки предъявляют более высокие требования в отношении крепости или устойчивости против $t°$. Паяние производится большей частью при $t°$ свыше 700°. Подогрев места пайки до указанной $t°$ производился раньше исключительно на огне горна, в последнее время стали применять для твердого паяния описанные выше типы горелок. Применяемые для твердого паяния флюсующие вещества изготовляются почти исключительно на базе соединений борной кислоты, причем для паяния, производимого при более высоких $t°$ (выше 850°), выгоднее применять смеси с избытком борной к-ты, а при более низких $t°$—смеси преимущественно из буры (см. выше). В табл. 2 приведен ряд сплавов, служащих типичными твердыми припоями. Наиболее существенными из них являются сплавы медь-цинк с присадками других металлов или без таковых. Многообразное применение имеет сплав с 63% меди (№ 1), известный под названием мягкая латунная проволока, равно как и сплав с 60% меди (№ 2), выпускаемый на рынок либо в виде проволоки либо часто в крупниках. Сплавы, более богатые цинком, менее пригодны для изготовления в виде проволок и потому б. ч. применяются в форме крупинок. В последнее время латунные припои с большим содержанием меди начали изготовлять с небольшой присадкой кремния, что делает паяные швы более плотными и прочными. Подобные припои известны на рынке под не совсем удачно выбранным названием сварочной бронзы (№ 7). Присадка олова (№№ 8—10) понижает $t°_{пл.}$ припоя и окрашивает сплав в серый цвет. Олово кроме того повышает твердость и хрупкость сплава. Присадка никеля окрашивает латунь в белый цвет. Сплавы с присадкой никеля образуют группу аргентановых припоев (№№ 11—14). Иногда в качестве припоя употребляется и обыкновенный нейзильбер. Главными составными частями серебряных припоев являются медь и цинк, содержание же Ag колеблется в очень широких пределах (№№ 15—26). Припои с большим содержанием серебра, равно как и золотые припои (№№ 27—31) применяются почти исключительно в ювелирном деле.

С введением автогенной сварки меди область применения твердого паяния последней чрезвычайно сузилась, и в настоящее время к этому способу соединения прибегают преимущественно еще только для выполнения соединений внахлестку. Для более грубых работ пользуются в данном случае латунными припоями (№№ 1—3) и специальной латунью с содержанием кремния (№ 7). Для паек, не требующих последующей обработки, или где таковая обработка не может быть выполнена, применяются серебряные припои. Более высокая их стоимость компенсируется б. ч. с избытком экономией на обработке и большей легкостью в выполнении процесса паяния. Толстые электрические медные провода, например провода трамвайные, паяют чистым серебром. Медные сплавы (латунь, томпак, ротгус и бронза), плавящиеся при более высоких $t°$, паяют латунными припоями (№№ 4—6). Крепость подобных паек составляет в среднем 20 *кг/мм²* и в общем возрастает с повышением в припое содержания меди. При сравнительно небольшой разнице между $t°_{пл.}$

Табл. 2.—Твердые припои.

№	Состав в %								Темп-ра плавл.	Примечания
	Cu	Zn	Si	Sn	Ni	Ag	Cd	Au		
					А. Латунные припои					
1	63	37	—	—	—	—	—	—	920	Латунная проволока для паяния меди, никеля, стали, серого чугуна
2	60	40	—	—	—	—	—	—	900	В проволоке или крупниках для паяния меди
3	54	46	—	—	—	—	—	—	880	Твердый припой для меди
4	51	49	—	—	—	—	—	—	860	Твердый припой для медных сплавов, стали, серого чугуна
5	45	55	—	—	—	—	—	—	835	Твердый припой для медных сплавов, стали
6	42	58	—	—	—	—	—	—	820	Твердый припой для медных сплавов
7	63—59	Остаток	0,5	1,5	—	—	—	—	900	Сварочная бронза, специальная латунь для паяния меди, серого чугуна
					Б. Припои—медь-цинк-олово					
8	51	45	—	1	—	—	—	—	870	Белые припои для нейзильбера
9	51	44	—	5	—	—	—	—	850	
10	48	42	—	10	—	—	—	—	810	
					В. Припои—медь-цинк-никель (аргентановые припои)					
11	35	56,5	—	—	8,5	—	—	—	871	Аргентановые припои для стали
12	38	50	—	—	12	—	—	—	910	
13	38	47	—	—	15	—	—	—	990	
14	60—65	18—23	—	—	12—22	—	—	—	1 000 и больше	Нейзильберовая проволока для паяния никели
					Г. Серебряные припои					
15	50	46	—	—	—	4	—	—	855	Для паяния меди, бронзы и латуни
16	50	42	—	—	—	8	—	—	820	
17	43	48	—	—	—	9	—	—	820	
18	36	52	—	—	—	12	—	—	785	
19	40	35	—	—	—	25	—	—	765	Для паяния меди, бронзы, латуни и стали
20	30	25	—	—	—	45	—	—	720	
21	35	15	—	—	—	50	—	—	730	Для паяния никели
22	21	14	—	—	—	50	15	—	—	Эмальерный припой
23	24	13	—	—	—	63	—	—	—	Для паяния серебра 800 и 900‰-ной пробы
24	20	15	—	—	—	65	—	—	695	
25	20	5	—	—	—	65	10	—	745	
26	20	10	—	—	—	70	—	—	680	
					Д. Золотые припои					
27	16	1,6	—	—	—	25	7,4	50	752	Припой для зуботехнич. работ
28	17,5	2,5	—	—	—	11,5	10	58,5	740	14-к припой
29	10,4	1,5	—	—	—	6,2	6,9	75	810	18-к припой
30	5	1,4	—	—	—	4	6,3	83,3	850	20-к припой
31	28	2,2	—	—	—	40	9,8	20	756	Припой для починок

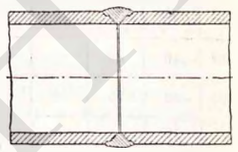
упомянутых медных сплавов и латунных припоев паяние последними является уже несколько затруднительным, в связи с чем для более сложных и тонких работ применяют серебряные припои, выбор которых находится в связи с требуемой окраской и прочностью. Припои с 20—30% серебра (№ 19) особенно быстро протекают по шву и дают очень чистые пайки. Прочность их также на несколько *кг/мм²* выше, чем при паянии обыкновенными латунными припоями. Для никеля и его сплавов твердое паяние еще до сравнительно недавнего времени являлось единственным серьезным термич. способом соединения, т. к. автогенная сварка в применении к этому металлу стала развиваться только в самые последние годы. Так как сварка никеля все же прививается еще очень медленно, то твердое паяние для него сохраняет пока еще полное значение. В случае, если цвет места пайки не имеет значения, применяется обыкновенный латунный припой с возможно малым содержанием цинка, т. е. сплав № 1. Если же место пайки д. б. цвета никеля, то следует применять содержащие никель аргентановые припои, но с небольшим содержанием цинка, например № 14. В этом случае имеют значение серебряные припои, в особенности № 21. Крепость твердых паек никеля достигает 30 *кг/мм²* и выше. При постройке аппаратов для молочной и текстильной промышленности прибегают к соединению комбинированным швом (фиг. 11), а именно наружную часть шва сваривают автогенным способом, а образующийся с внутренней стороны паз заполняют серебряным или нейзильберовым припоем. При этом способе прочность пайки обеспечивается сваркой, а уплотнение и стойкость в отношении коррозии—введенным изнутри в шов припоем. Для паяния никелевых сплавов имеют силу те же основные положения, что и для паяния чистого никеля. Нейзильберовые сплавы (например черенки ножей) паяются припоями №№ 8—10, носящими название белых припоев. Литое железо (сталь) является тем именно материалом, в отношении которого автогенная сварка нашла себе самое широкое применение. В связи с этим твердое паяние не имеет для этого материала особого значения, тем не менее на практике встречается ряд случаев, когда твердое паяние следует предпочесть сварке и именно везде, где необходимо, чтобы связующий материал заполнил глубокие пазы, например при изготовлении велосипедных рам, где приходится соединять вставленные одна в другую трубки (фиг. 12). Так как применяемые в данном случае стальные трубки имеют очень тонкие стенки, то, как показала практика, при автогенной сварке материал часто пережигается, что также побуждает отдавать здесь предпочтение твердому паянию. Для твердого паяния велосипедных рам применяются различные способы нагрева и разные приемы работы. В одних случаях для соединения труб применяется способ погружения, заключающийся в том, что трубы, обмазанные флюсующим веществом, погружаются в жидкую латунную ванну. В других случаях место пайки покрывают необходимым количеством твердого латунного припоя, например №№ 4 и 5, и затем нагревают его на горне или при помощи сварочной горелки. Латунный припой обладает замечательно хорошей текучестью и без каких-либо особых мероприятий заполняет паз на глубину 10 *см* и больше. Для паяния литого железа находят применение также и серебряные припои, но так как они не обладают способностью к диффузии в такой же мере, как и латунные припои, то прочность получаемых при их помощи паек ниже, самое же место соединения получается более гладким и чистым, что вообще свойственно паянию серебряными припоями. Содержание серебра в подобных припоях (№№ 19—20) сравнительно большое. В тех случаях, когда имеет значение окраска, можно применять также аргентановые припои (№№ 11—12), но особого значения они не имеют. Чем выше содержание в железе углерода, тем с бо́льшим трудом схватываются припои с материалом. Особенно плохо схватывается обыкновенный латунный припой с серым чугуном, содержащим углерод частично в виде графита. В этом случае припой по окончании пайки нередко частично отскакивает. Для получения удовлетворительных паек в сером чугуне необходимо принимать особые меры для подготовки его поверхности к паянию. Меры эти заключаются в том, что к обычным флюсующим веществам с бурой или борной к-той прибавляют еще особый флюсующий порошок, состоящий гл. обр. из чистого железа, в результате чего поверхность пайки освобождается от графита, после чего обыкновенный латунный припой схватывается с чугуном уже беспрепятственно. Выгоднее однако вместо обыкновенного латунного припоя применять содержащую кремний сварочную бронзу № 7. Последняя лучше схватывается и дает более прочную пайку, нежели чистая латунь. Описанный метод паяния в особенности пригоден для ремонта разбитых тонкостенных чугунных отливок. При этом требуется возможно более точная пригонка частей по линии излома, чтобы шов получился очень тонким. Для частей толщиною в несколько *см* этот способ во всяком случае уже непригоден, и для ремонта толстых предметов приходится прибегать к автогенной сварке. Описанный метод твердого паяния применяется в большом масштабе для соединения чугунных труб вместо уплотнения их стыков заливкой свинцом. В этом случае стыки труб спаиваются при помощи так называемого комбинированного шва V-образной формы (фиг. 13). При таком шве у припоя имеется большая площадь для диффузии, а разрывные и изгибающие напряжения трубы переводятся частично в более благоприятные напряжения сдвига.



Фиг. 11.



Фиг. 12.



Фиг. 13.

Твердое паяние благородных металлов играет весьма существенную роль в ювелирном деле и в художественной промышленности. При паянии обычных серебряных сплавов (800 и 900 пробы) применяют припои с соответственно высоким содержанием серебра (№№ 23—26). Для понижения точки плавления и повышения их растяжимости к этим припоям кроме меди и цинка прибавляют еще и некоторые другие металлы, преимущественно кадмий. При составлении подобных припоев необходимо обращать внимание на то, чтобы сторонние металлы в возможно более высокой мере поглощались серебром, образуя с ним смешанные кристаллы. Это необходимо для того, чтобы шов по своему цвету и по химич. свойствам по возможности не отличался от серебра. В ювелирном деле в связи с целями производства часто применяются припои особого вида, например для изготовления звеньев цепи применяются специальные проволочки, имеющие наружную оболочку из благородного металла, а сердцевину из твердого припоя и флюсующего вещества. Концы изготовляемых из этих проволочек звеньев при нагреве автоматически спаиваются. Для паяния золота пользуются специальными золотыми припоями, состав к-рых (№№ 27—31) в сильной мере зависит от назначения. Для целей ремонта от припоя требуется низкая $t°_{пл.}$ и хорошая текучесть (№ 31). Для зуботехнических работ требуется припой с особенно высокой стойкостью против коррозии (№ 27). При изготовлении новых золотых предметов имеет значение содержание в припое золота, чтобы шов не отразился вредно на пробе всего изделия. Требования к золотым припоям т. о. весьма многообразны; чтобы удовлетворить требованиям, на рынок выпущено большое количество золотых припоев, из которых в табл. 2 указано несколько наиболее типичных.

Паяние легких металлов. Из легких металлов б. или м. широкое технич. применение получили только алюминий и магний. Оба эти металла, как известно, в сильной степени электроположительны и в связи с этим в большой мере доступны химич. воздействиям. Применение алюминия и магния на практике вследствие этого возможно вообще только благодаря тому, что они всегда покрыты тонкой, но плотной пленкой окиси, образующейся вновь после всякой очистки их поверхности. Для получения металлич. связи между припоем и металлом необходимо предварительно удалить эту пленку, что при помощи флюсующих веществ является возможным только при сравнительно высоких $t°$ (выше 500°), так как окись алюминия, равно как и окись магния, плавится при температуре выше 2 000° и с трудом растворяется флюсующими веществами.

1) Мягкое паяние алюминия производится помощью сплавов олово-цинк и кадмий-цинк, так как обыкновенный оловянный припой очень плохо схватывается с алюминием. Кроме этих основных элементов разные имеющиеся на рынке алюминиевые припои содержат частично и нек-рые тяжелые металлы с низкой $t°_{пл.}$ (как свинец и висмут), равно как и металлы с высокой $t°_{пл.}$ (как медь и серебро) и наконец и самый алюминий. В особенности можно рекомендовать нижеследующие три сплава: 1) 15—50% цинка, остальное—олово, 2) 8—15% цинка, 5—12% алюминия, остальное—олово и 3) 85% олова и 15% кадмия. Температура плавления этих припоев 170—450°. При выполнении подобных мягких паек $t°$ паяльника бывает достаточна лишь в исключительных случаях, например при паянии фольги и тонких проволок. Обыкновенно место пайки подогревают паяльной лампой или паяльным пистолетом, пока наложенный на это место припой под влиянием высокой $t°$ не расплавится. Затем при помощи проволочной щетки или аналогичного инструмента припой растирают, чтобы на алюминии образовалось хорошо связанное с последним металлическое зеркало. На получившееся таким образом зеркало снова накладывают припой. Описанный способ работы несколько затруднителен, но сравнительно с твердым паянием и сваркой требует так мало навыка и сноровки, что мягкое паяние нередко применяется и там, где вследствие недостаточной стойкости таких паек применять его и не следовало бы. Соответственно электропозитивному характеру алюминия при мягком паянии на месте пайки между припоем и алюминием образуются гальванич. пары, к-рые с течением времени приводят к коррозии. Начальная крепость мягких паек, составляющая 4—8 *кг/мм²*, под влиянием коррозии в течение сравнительно короткого промежутка времени значительно понижается. Мягкие пайки алюминия можно предохранить от коррозии лишь полным устранением влияния сырости, что чрезвычайно сильно ограничивает область применения мягкого паяния. Примером применения мягкого паяния алюминия может служить: 1) показанное на фиг. 14 исправление дефектов в отливке вкладыша, 2) исправление дефектов при отливке изделий под давлением, с последующей лакировкой таковых, 3) припайка проволок в алюминиевых конденсаторах, место пайки в которых впоследствии покрывается парафином. Подобные пайки производятся при помощи горячего паяльника. Не следует применять мягкого паяния во всех тех местах, которые должны подвергаться сильным напряжениям или влиянию сырости и водных растворов.



Фиг. 14.

2) Твердое паяние алюминия. Для избежания дефектов мягкого паяния алюминия следует применять твердые алюминиевые припои, т. е. те припои, бо́льшую часть которых (выше 70%) составляет алюминий. Остальную часть сплава составляют металлы—медь, цинк, олово, кадмий, никель, марганец, серебро и кремний. Хорошие алюминиевые твердые припои б. ч. имеют очень сложный состав; $t°_{пл.}$ их лежит выше 500°, нередко даже ~600°, т. е. лишь сравнительно немногим ниже $t°_{пл.}$ чистого алюминия, плавящегося, как известно, при 658°. Твердое паяние применяется к катаным и тянутым изделиям из чистого алюминия только при соединениях внахлестку тонкого материала (к листам и проволокам толщиною менее 3 *мм*). Более толстые предметы из алюминия свариваются автогенным способом. Областью промышленности, где

твердое паяние применяется уже в течение нескольких десятилетий, является производство из алюминия посуды. Другой областью, в к-рой твердому паянию отдается исключительное преимущество перед автогенной сваркой, является ремонт алюминиевых отливок. В качестве источников тепла при твердом паянии тонких алюминиевых предметов применяют паяльный пистолет (фиг. 9), при паянии толстых предметов—сварочную горелку (фиг. 10). В качестве флюсующих веществ в данном случае применяют описанные выше смеси из хлористых и фтористых соединений. Эти смеси оказывают на алюминий химич. воздействие и при обыкновенной темп-ре, вследствие чего необходимо тщательно обмывать готовый спаянный предмет, чтобы на нем не осталось никаких отходов флюсующих веществ, могущих впоследствии вызвать коррозию. На вкл. л. 4, 5 и 6 показаны микрофотографии шлифов пайки алюминия разными припоями.

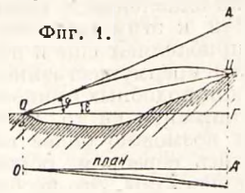
3) Паяние магния. Для технического применения магния имеют силу те же общие положения, что и для алюминия, но надо иметь в виду, что магний еще гораздо меньше стоек в отношении влияния атмосферных осадков и водных растворов, нежели алюминий. Мягкое паяние магния производится таким же образом, как и мягкое паяние алюминия, только конечно припои должны по своему составу соответствовать свойствам магния; они содержат главн. образом кадмий. Пайки магния также мало стойки в отношении коррозии, как и пайки алюминия. Для твердого паяния магния вместе с флюсующими веществами, аналогичными применяемым при паянии алюминия, пользуются твердыми припоями с большим содержанием магния. Алюминиевые твердые припои в данном случае непригодны. Хотя они схватываются с магнием, но получаемые при этом пайки очень хрупки и мало устойчивы в отношении коррозии. Выполнение твердого паяния магния по сравнению с твердым паянием алюминия не представляет никаких затруднений, но следует остерегаться местных пережогов, чтобы не произошло вспышки магния с образованием в предмете дыр.

Лит.: Людер Е., Паяние, его теория и практика, пер. с нем., «Русско-герм. вестник науки и техники», М.—Берлин, 1930, 3—4; Schimpke P. u. Horn H., Praktisches Handbuch d. gesamten Schweisstechnik, B. 1, 2 Aufl., B., 1928, B. 2, B., 1926; Burstyn W., Das Löten, Werkstattbücher, hrsg. v. E. Simon, H. 28, B., 1928; Claus W. u. Luder E., Löten u. Lot, B., 1927; Werkstoff-Handbuch, Nichteisenmetalle, B., 1927. **Е. Людер** (Берлин).

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, см. *Станкостроение.*

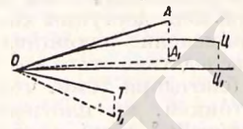
ПРИСТАНЬ, см. *Порты.*

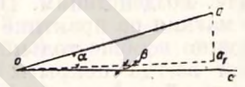
ПРИЦЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, приборы и устройства, служащие для придания оружию при стрельбе для поражения цели соответствующего направления и угла прицеливания (или угла возвышения). Прицеливание—придание орудию такого положения в пространстве, к-рое обеспечивает прохождение средней траектории через цель. Прицеливание достигается совмещением некоторой схемы на местности с подобной же схемой на орудии. Совмещение это является задачей наводки. Прямая *ОЦ*, соединяющая точку стояния орудия *О* с целью *Ц*, называется линией цели (фиг. 1). Вертикальная плоскость, проходящая через линию цели, называется плоскостью прицеливания; плоскость, проходящая через линию цели и перпендикулярная к плоскости прицеливания,—плоскостью местности; угол *ЦОГ* между плоскостью местности и горизонтом орудия—углом местности ε. Прямая *ОА*, характеризующая направление оси канала орудия до выстрела, называется линией выстрела. Линия выстрела образует с горизонтом угол возвышения φ. Вертикальная плоскость, проходящая через линию выстрела, называется плоскостью стрельбы. Кривая *ОЦ*—траектория снаряда. Угол *АОЦ* между линией выстрела и линией прицеливания, лежащий в наклонной плоскости,—угол прицеливания. Он разлагается на два угла: в плоскости стрельбы—первый угол прицеливания (α) и в плоскости, перпендикулярной ей, — второй угол прицеливания (β). Такой схеме на местности отвечает случай так называемой прямой наводки, когда визируют непосредственно на цель. Часто это бывает невозможно (если цель невидима) или неудобно—в таком случае производится непрямая наводка, характеризуемая визированием по вспомогательной точке. К схеме на местности добавляется еще линия точки наводки *ОТ* (фиг. 2). Угол A_1OT_1, составляемый плоскостью стрельбы с проекцией линии точки наводки на горизонт, называется углом наводки. Как видно из схемы (фиг. 2), при $\beta = 0$ имеет место зависимость



$$\alpha + \varepsilon = \varphi.$$

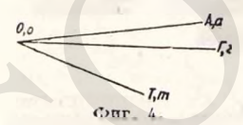
На П. п. орудия, когда последнее наведено, должна очевидно быть осуществлена схема, подобная схеме на местности, причем для выполнения наводки обе схемы надо совместить. При прямой наводке, как изображено


Фиг. 2.

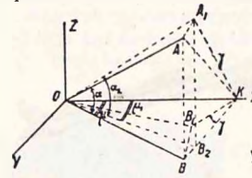

Фиг. 3.

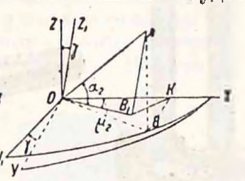
на фиг. 3, ось канала *оа* и линия прицеливания *ос* составляют с осью угол, равный углу прицеливания (в плоскости прицеливания). По аналогии со схемой на местности угол, составляемый проекцией линии прицеливания на вертикальную плоскость с осью канала, называется 1-м прицельным углом, другой составляющий угол—в плоскости, перпендикулярной к этой вертикальной плоскости,—2-м прицельным углом. Очевидно, что совмещение только линии прицеливания с линией цели не обеспечивает правильного положения оси канала (совмещения ее с линией выстрела). Необходимо дополнительно совместить еще нек-рую прямую или плоскость на орудии с нек-рой прямой или плоскостью на местности. Такой плоскостью может служить или горизонтальная плоскость или плоскость местности. Например при прямой наводке 76-*мм* пушки образца 1902 г. параллельно плоскости

местности устанавливается плоскость лимба панорамы. Правильность положения такой плоскости при малых углах возвышения поверяется на-глаз; в орудиях же, стреляющих при больших углах возвышения, во избежание значительных отклонений снарядов (ошибки больше сказываются при больших углах возвышения) устраивается поверочный (поперечный) уровень. При непрямой наводке необходимо линию визирования совместить с линией точки наводки. Чтобы ось канала совпала в этом случае с линией выстрела, надо точно так же добиться совмещения нек-рых плоскостей на орудии и местности. Но довольствоваться установкой плоскости на орудии на-глаз или по одному поверочному уровню (поперечному) нельзя вследствие значительного угла, к-рый может составляться плоскостью визирования с плоскостью стрельбы. Приходится пользоваться дополнительной, чаще всего горизонтальной, прямой, поверяемой вторым (боковым) уровнем. Наличие двух уровней обеспечивает правильное положение этой плоскости. Таким образом схема на местности будет такой, как показано на фиг. 4, где *ОА*—линия выстрела, *ОГ*— горизонтальная прямая, *ОТ*— линия точки наводки; на орудии: *оа*—ось канала орудия, *ог*—ось бокового уровня, *от*—линия визирования. Совмещение схемы на орудии со схемой на местности вследствие несовершенства механизмов и трудности совмещения нескольких линий удается не всегда. В результате имеют место ошибки в положении оси канала, требующие введения поправок. Рассмотрим влияние нек-рых неправильностей положения орудия наклона платформы и наклона оси цапф (равносильного «сваливанию» ручного оружия).


Фиг. 4.

1. Наклон платформы. Орудие наводится по платформенной дуге (придание 2-го прицельного угла) и дуге подъемного механизма (1-й прицельный угол). Пусть правильное положение оси канала будет


Фиг. 5.


Фиг. 6.

ОА (фиг. 5) и пусть платформа наклонена на угол γ около нек-рой оси *ОК*, составляющей с плоскостью 1-го прицельного угла *АОВ* угол μ. Тогда ось канала займет положение OA_1. Правильное положение канала характеризуется углами α и μ, неправильное—углами α_1 и μ_1. Выбрав прямоугольную систему координат так, чтобы ось *ОХ* совпадала с прямой *ОК*, а ось *OY* лежала в плоскости правильн. положения платформы (допустим, горизонтальной), легко найдем, что

$$\sin\alpha_1 = \sin\alpha\cos\gamma + \cos\alpha\sin\mu\sin\gamma,$$

$$\operatorname{tg}\mu_1 = \operatorname{tg}\mu\cos\gamma - \operatorname{tg}\alpha\cdot\frac{\sin\gamma}{\cos\mu}.$$

Очевидно, что разность между α_1 и α, μ_1 и μ даст ошибки. Напр. при $\alpha = 30°$, $\mu = 45°$ и $\gamma = 5°$ получим ошибки:

$$\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha = 3°23',$$

$$\Delta\mu = \mu_1 - \mu = -2°33'.$$

Чтобы найти поправки, повернем систему координат вокруг оси *ОХ* на угол γ (фиг. 6). Если положение оси канала *ОА* правильно, то углами, обеспечивающими это положение при наклонной платформе, будут α_2 и μ_2. Находим:

$$\sin\alpha_2 = \sin\alpha\cos\gamma - \cos\alpha\sin\mu\sin\gamma,$$

$$\operatorname{tg}\mu_2 = \operatorname{tg}\mu\cos\gamma - \operatorname{tg}\alpha\cdot\frac{\sin\gamma}{\cos\mu},$$

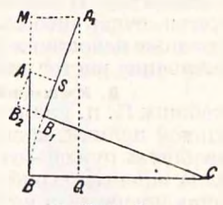
откуда получим поправки:

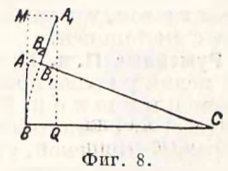
$$\Delta'\alpha = \alpha_2 - \alpha = -3°36',$$

$$\Delta'\mu = \mu_2 - \mu = 1°52'.$$

Т. о. наклон платформы вызывает значительные ошибки в прицельных углах, являющиеся в свою очередь причиной значительных отклонений снарядов от цели, но поправки не равны соответственным ошибкам. Только при малых углах наклона платформы поправки в 1-м прицельном угле можно считать численно равными ошибкам.

2. Наклон оси цапф. Ограничимся наглядным представлением разницы между ошибками и поправками. Если смотреть на схему прицельных углов по направлению линии прицеливания, то точки *С*, *В* и *А* будут отвечать правильному положению оси цапф, точки *С*, B_1, и A_1— наклону (фиг. 7).


Фиг. 7.


Фиг. 8.

Ошибки: в 1-м прицельном угле—AM, во 2-м—$QB = A_1M$. Чтобы получить правильное положение орудия, т. е. получить точку *А* на прежнем месте, надо ввести поправки A_1S и $B_1B_2 = AS$, к-рые, как легко видеть, значительно разнятся от ошибок. В следующем примере введение поправок невозможно, т. к. угол наклона по сравнению с 1-м прицельным углом слишком велик (фиг. 8). Т. о., если не прибегать к особой конструкции П. п. (см. ниже—качающийся прицел), необходимо пользоваться для введения поправок таблицами.

Ориентировочная линия и способы ее разбивки. При правильно выполненной наводке линия прицеливания или линия визирования д. б. совмещены соответственно с линией цели или линией точки наводки. Прямая, образованная при совмещении, называется ориентировочной линией. Она м. б. задана: а) двумя точками, из коих одна—точка стояния орудия, другая—какая-либо внешняя точка (цель, точка наводки); б) как некоторая прямая у точки стояния орудия, напр. горизонтальная или отвесная линия, как линия какого-либо азимута или как нек-рая вещественная прямая. В первом случае разбивка ориентировочной линии производится или визированием при помощи различных оптич. приспособлений или пеленгованием, если применяются акустические (типа звукоулавлива-

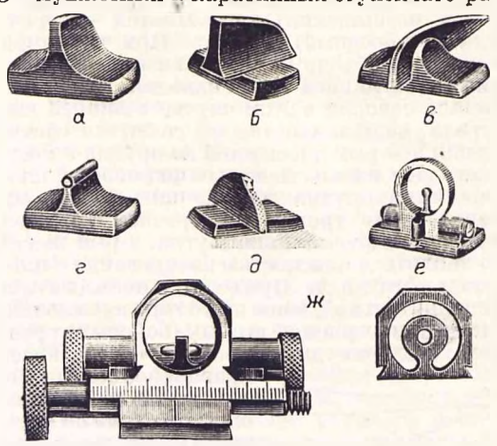
телей) или световые (типа прожекторов) прицелы. Во втором случае разбивка производится: 1) совмещением оси уровня с горизонтальной прямой, 2) совмещением нек-рой прямой на орудии с отвесом, 3) совмещением прямой на орудии с направлением С.—Ю., 4) совмещением прямой на орудии с прямой у орудия. Точность разбивки ориентировочной линии д. б. такова, чтобы влияние ошибок на величину рассеивания снарядов не было заметно. Принимают, что рассеивание вследствие ошибок визирования не должно превышать 10% суммарного рассеивания. Приняв общую ошибку орудия за единицу и обозначив ошибку визирования через x, будем иметь на основании теории ошибок

$$\sqrt{1-x^2}=0{,}9;\ x\cong 0{,}44,$$

т. е. ошибка визирования должна составлять $\geqslant 0{,}44$ общей ошибки орудия. Следовательно серединная ошибка визирования д. б. $\geqslant 0{,}44$ серединного отклонения орудия, переведенного в угловую меру. Если взять 107-мм пушку образца 1910 г., то на дистанцию ок. 3 км серединное отклонение в боковом направлении ~1′, а в вертикальном ~2′. Следовательно серединная ошибка визирования не должна превышать в боковом направлении 25″ и в вертикальном 50″, а средняя квадратичная соответственно $\geqslant 40''$ и 80″. Ошибка в 80″ отвечает наводке невооруженным глазом при помощи диоптров. На бо́льшие дистанции потребуется очень небольшая точность визирования даже невооруженным глазом, так как рассеивание растет вместе с дистанцией.

Д. Мышецкий.

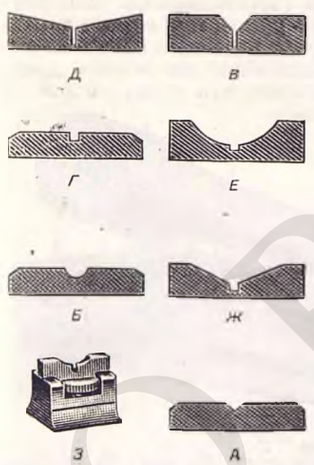
Ружейные П. п. Простейшим П. п. является целик у конца прицельной планки, называемой м у ш к о й. У дробовых ружей—это медный или белого металла шпенек с грибообразной головкой, устанавливаемый в конце стволов на планке или прямо на стволе (у одностволок). У нарезных ружей, как показано на фиг. 9, мушки делают самых разнообразных форм, чаще всего в виде треугольника, прямоугольника или булавочной головки. На фиг. 9 (*а*, *б*, *в*, *г*) изображены разные виды винчестеровских мушек; *д*—мушка Ляймана, *е*—двойная мушка Ляймана, *жс*—мушка Винчестера с уровнем, микрометрической установкой и вынимающимся переменным диском. Существуют также мушки светящиеся, специально для ночной стрельбы. Для более точного прицеливания из нарезного ружья, а также для придания ружью такого угла возвышения, при котором пуля, идя по своей траектории, должна попасть при данном расстоянии в цель помимо мушки, требуются вспомогательные приспособления, увеличивающие точность наводки—т. н. п р и ц е л ы, помещаемые ближе к глазу стрелка, обычно в виде разнообразной формы щитков с прорезью посредине [фиг. 10 (*А*, *Б*, *В*, *Г*, *Д*, *Е*, *Ж*, *З*), где *А*—прицельный щиток Ляймана, *Б*—прицел Ляймана с опускным переменным щитком, щиток плоский с глубокой прорезью, *В*—простейший подъемный прицел Винчестера, *Г*—подъемный прицел Винчестера, со ступенчатым подъемником; *Д*, *Е*—различные виды подъемных прицелов Винчестера со ступенчатым подъемником; *Ж*—четырехщитковый прицел Винчестера, *З*—мушкетный и карабинный ступенчато-рамочный прицел Винчестера]. Совокупность такого прицела и мушки и называется собственно прицельным приспособлением.



Фиг. 9.

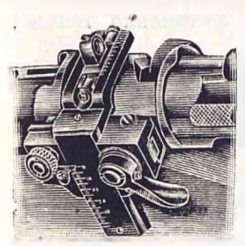
Направляя луч зрения через прорезь или через отверстие прицела на вершину мушки и точку прицеливания, стрелок тем самым направляет на эту точку вертикальную плоскость оси ствола. Соответствующим подъемом прицела выше мушки достигается требуемое кривизной траектории данного снаряда соответственное направление ствола, или вернее его оси, выше цели. Простейшие прицелы—открытые, в виде поперечного брусочка или же щитка с треугольной (чаще всего) прорезью посредине. Различные типы прорезей представлены на фиг. 11, где *А*—треугольная, *Б*—полукруглая, *В*—треугольная с белой линией, *Г*—четырехугольная, *Д*—пологая с белой линией, *Е*—полукруглая с углублением, *Ж*—треугольная с углублением, *З*—прорезь с подъемным приспособлением. Для изменения высоты угла прицеливания на разные расстояния при одном неподвижно укрепленном щитке берут, в зависимости от расстояния, крупную или мелкую мушку (уменьшают или увеличивают высоту мушки в прорези прицела); чаще всего прицелы состоят из нескольких щитков разной высоты, из которых самый низкий закреплен неподвижно, а остальные—откидные на шарнирах (фиг. 10 *Ж*). Существуют также прицелы подъемные: а) р а м о ч н ы е, у к-рых щиток (прицельный хомутик) передвигается по прямоугольной подъемной рамке, устанавливаемой во время стрельбы вертикально (фиг. 12); б) с т у п е н ч а т о-р а м о ч н ы е (фиг. 10 *З*), которые имеют на своем основании ряд уступов-ступенек, по которым передвигается прицельный хомутик при стрельбе на небольшие расстояния, рамка же лежит почти горизонтально (вертикально она поднимается только на большие расстояния); в) с е к т о р н ы е, состоящие из прикрепленной на шарнире планки, лежащей между двумя боковыми пластинами (щеки); изменение установки прицела по высоте производится передвижением хомутика по криволинейному крину вручную или микрометрическим винтом. Рамочные, ступенчато-рамочные и секторные прицелы применяются гл. обр. на винтовках военного образца. На винтовках, особенно американских, и нарезных ружьях охотничьего типа применяются чаще всего прицелы, передвигающиеся по ступенчатому подъемнику, дающему разную высоту прицела. Широко применяются также кольцевые или сквозные прицелы, устанавливаемые или на шейке ложи или на задней части коробки (фиг. 13—прицел Ляймана для винтовок Маузера, Зауера, Вестли-Ричардс, Джеффри и др.; фиг. 14—прицел для Манлихер-Шенауэр и Манлихер-Генель; фиг. 15—прицел Ляймана для винчестеровских и манлихеровских винтовок). Прицеливание производится через сквозное отверстие, устраняющее доступ к зрачку посторонних лучей света и делающее цель более ясно видной, увеличивая значительно точность прицеливания, т. к. зрение сосредоточивается только на цели и мушке. Обычная величина отверстий кольцевых прицелов 3,2 и 4 мм. Прицелы эти допускают установку на высоту и боковые передвижения. Кольцевые прицелы в форме диска с мелкими отверстиями в центре (обычно 0,5—1,5 мм) называются ортоптическими или д и о п т р а м и. На фиг. 16 показан диоптр Ляймана с микрометрич. установкой на ветер; на фиг. 17—складывающийся диоптр Винчестера с микрометрической установкой и нониусом; на фиг. 18—диоптр B. S. A. Диоптры дают меньшее поле зрения и пригодны для стрельбы только по неподвижным, хорошо освещенным мишеням. Хорошие диоптры имеют обычно микрометрические винты для поправок по вертикали и горизонтали. Лучшими диоптрами считаются американские Ляймана и Паркера, отличающиеся точностью и тщательностью изготовления. Для стрельбы из мелкокалиберного оружия у нас в СССР широко распространены диоптры нем. фирмы Геко (см. *Охотничье оружие*, фиг. 59). Устанавливаются диоптры на шейке приклада, чаще всего на стволной коробке на специальных основаниях или сбоку, на особых пластинах (шинах).

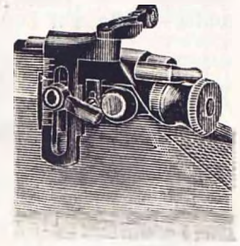
Фиг. 10.

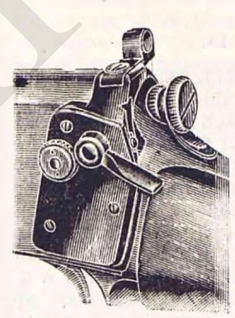


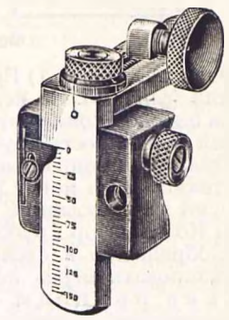
Фиг. 11.

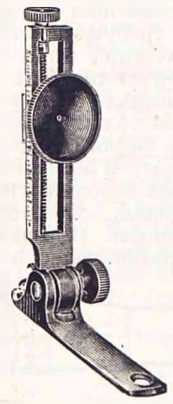

Фиг. 12.

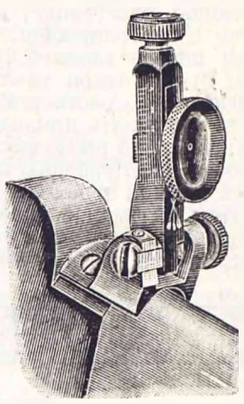

Фиг. 13.


Фиг. 14.


Фиг. 15.


Фиг. 16.


Фиг. 17.


Фиг. 18.

К о л л и м а т о р ы при визировании поверх или сквозь них дают в большом расстоянии от глаза мнимое изображение какой-либо марки (черты, креста), что позволяет аккомодировать глаз на одно только расстояние. Простейшие виды коллиматоров следующие: 1) Брусок квадратного сечения (фиг. 19). За исключением перекрестия на плоском конце бруска и сферической части вся поверхность бруска зачернена. Неудобства: а) аккомодированы всегда на одно расстояние и не могут регулироваться; б) требуют визирования поверх коллиматора. 2) Коллиматор Грубба (фиг. 20) дает мнимое изображение в бесконечности и позволяет визировать через коллиматор. О п т и ч е с к и е п р и ц е л ы имеют следующие преимущества: 1) дают действительное изображение точки наводки на перекрестии в расстоянии наилучшего зрения, почему требуют аккомодации на одно только, при этом наиболее удобное, расстояние; 2) совмещая перекрестие с изображением, не требуют совмещения центра глаза с оптической осью трубы; 3) благодаря увеличению точность совмещения возрастает; 4) наводка ускоряется, т. к. совмещать приходится только две точки; 5) можно расположить окуляр наиболее удобно по отношению к глазу и не передвигать его при перемене точки наводки. Недостатки их—малое поле зрения, сложность, хрупкость и высокая стоимость. По опытам Штампфера средняя квадратич. ошибка наводки оптич. прицелом получается в пределах $\frac{15''}{A} \div \frac{50''}{A}$, где A — увеличение трубы. Как видно, даже при отсутствии увеличения точность визирования получается порядка 15″—50″, т. е. втрое выше, чем простым глазом. Так как увеличение связано с полем зрения ψ соотношением:

$$(A+1)\psi = k,$$

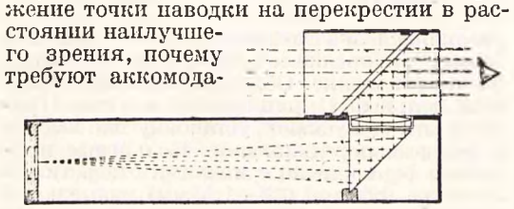
где k—т. н. кажущееся поле зрения, достигающее в современных конструкциях значения $k = 40 \div 70°$, то при $A = 4$ легко можно получить поле зрения $\psi = 10°$, что для практики достаточно. Этим и объясняется 4-кратное увеличение большинства современных приборов. Большее увеличение невыгодно, т. к.

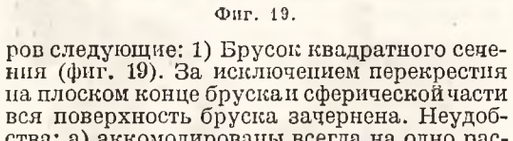
$$A^2 s = \text{Const},$$

где s—светосила, и следовательно светосила уменьшается. Чтобы все-таки возможно было воспользоваться преимуществами, даваемыми большим увеличением по хорошо освещенным целям, делают приборы с переменным увеличением (перемещением линз окуляра и т. п.). Для ружей применяют т е л е с к о п и ч е с к и е и п р и з м е н н ы е п р и ц е л ы, устанавливаемые на особых кронштейнах над оружием или сбоку—слева от него (в том случае, когда конструкция затвора не допускает первой установки). На фиг. 21 изображен схематич. разрез телескопич. прицела (*Об*—объектив, *Ок*—окуляр, *А*—обойма с перекрестием, *Б*—переворачивающая система линз), на фиг. 22—установка такого прицела на винтовке. На фиг. 23 показана схема призменного прицела с переворачивающей призмой Ляймана (*Об*—объектив, *Ок*—окуляр, *К*—коллектор, *Д*—призма, *Ф*—фокальная плоскость объектива, где помещено перекрестие), а на фиг. 24—самая установка такого прицела. Различные виды перекрестий труб изображены на фиг. 25. Для охотничьей стрельбы телескопы с сильным увеличением (свыше 8 раз) не годятся, т. к. сильные увеличения дают увеличенное дрожание телескопа при наводке, увеличивая влияние атмосферич. явлений, напр. тумана; затем, чем больше увеличение, тем меньше поле зрения и его освещение. Нормальным считают увеличение в $2\frac{1}{2}$—$4\frac{1}{2}$ раза; лучшие телескопич. прицелы—Цейсса и Геруа. Установка телескопич. П. п. на ружье производится сл. образом: для стоек *а* телескопа на ружейной планке монтируются два крепления, в к-рые входят раздвоенные ножки стоек *б*. Ножки передней стойки в форме башмака вводятся в соответствующие пазы переднего крепления, заднее же крепление имеет пружинную задвижку, захватывающую соответствующие выемки ножек задней стойки при введении их в пазы. Для удаления телескопа задвижки заднего крепления оттягиваются назад за боковые с насечкой захватки *г*, а передние ножки выдвигаются из их пазов (фиг. 26). При боковом укреплении телескопа или при укреплении на раздвоенных ножках можно пользоваться, в случае необходимости (например быстрой, почти на вскидку стрельбе), и обычной прицельной рамкой, минуя телескоп. **В. Сатинский.**

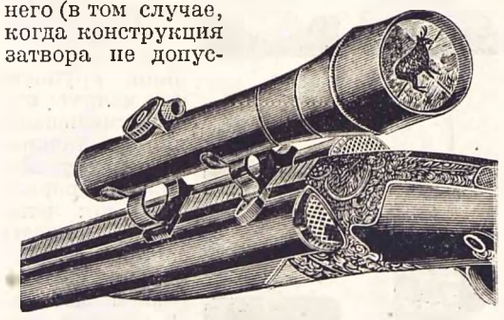


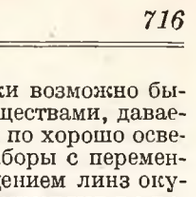
Фиг. 19.


Фиг. 20.

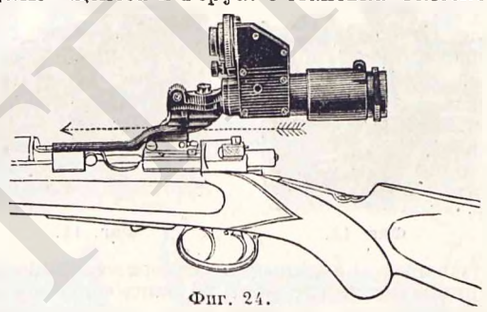


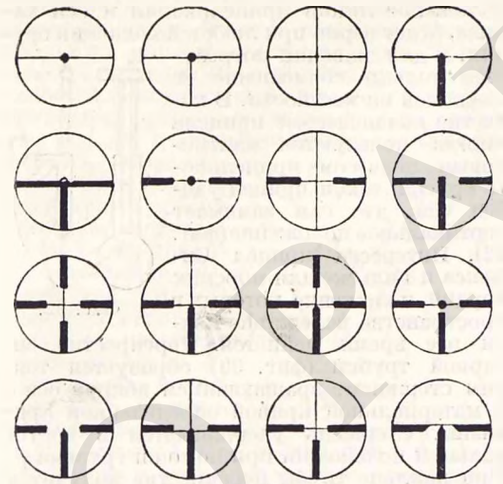
Фиг. 21.

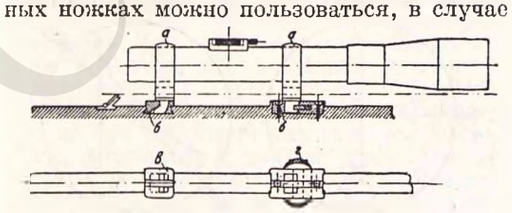

Фиг. 22.



Фиг. 23.


Фиг. 24.

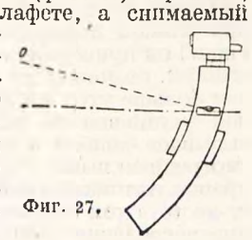

Фиг. 25.

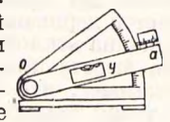


Фиг. 26.

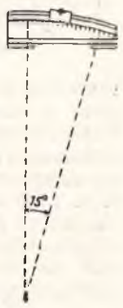
П. п. орудий и пулеметов. Для пулеметов применяются как телескопич. и призменные, так и панорамные прицелы; для артиллерийских орудий, стреляющих с закрытых позиций,—почти исключительно панорамные прицелы. П а н о р а м а представляет соединение призменного прицела с угломером, осуществленным в ее оптической части. Достигается это тем, что объектив может поворачиваться вокруг вертикальной оси, глаз же наводчика, оставаясь на одном месте, видит в окуляр благодаря особому оптическому устройству прямое изображение предметов, лучи от которых попадают в объектив. Угол поворота объектива относительно оптич. оси окуляра отсчитывается на лимбе. При наводке по вспомогательной точке этот угол устанавливается равным углу наводки.

Р а з б и в к а о р и е н т и р о в о ч н о й л и н и и п о п р я м о й н а о р у д и и. Вертикальная наводка уровнем. Придавая оси уровня определенное положение на качающейся части лафета и поворачивая последнюю до тех пор, пока пузырек уровня не станет на середину, совмещают определенную линию на лафете (ось уровня) с определенной (горизонтальной) линией на местности. Уровень устанавливается либо на перпендикулярной к плоскости стрельбы оси либо на стебле дугового прицела, ходящего по пазу коробки, скрепленной с телом орудия; второй метод облегчает достижение точной установки (фиг. 27). Уровень, не укрепленный на лафете, а снимаемый после выполнения наводки перед выстрелом, называется к в а д р а н т о м. Квадрант есть уровень, укрепленный на основании так, что может составлять с последним любой угол. Для установки углов применяется или червячная передача, при помощи которой вращается алидада *а* с уровнем *у* вокруг оси *о* (фиг. 28), или же уровень укрепляется на ползуне, двигающемся вдоль дуги (фиг. 29); конструкция пригодна лишь для орудий, стреляющих под небольшими углами возвышения, ≯15°. Г о р и з о н т а л ь н а я н а в о д к а. В современных устройствах пользуются кругом *А* (фиг. 30) с рядом параллельных хорд на нем, расположенным горизонтально под орудием или над ним. Направление прямых круга д. б. определено, иначе говоря, круг д. б. ориентирован. К орудию прикрепляется вертикальная труба *В* с волоском в поле зрения, могущая вращаться вокруг своей оси. Для наводки труба устанавливается на соответствующее деление по лимбу на ней, после чего все орудие вращают до тех пор, пока волосок не совместится с какой-либо из прямых на круге. Р а з б и в к а о р и е н т и р о в о ч н о й л и н и и п о д в у м т о ч к а м. Когда ориентировочная линия задается положением двух точек—точки стояния орудия и точки наводки (метод, чаще всего применяемый для полевых систем),—горизонтальная наводка выполняется по угломеру простого или оптического (называемого тогда панорамой) устройства. В схеме (фиг. 31) он представляет собою круг с делениями по окружности и алидаду с диоптрами, вращающуюся на оси, проходящей через центр круга. Круг укрепляют неподвижно на стебле прицела, и центр его определяет точку стояния орудия. Устанавливают алидаду на угол, равный

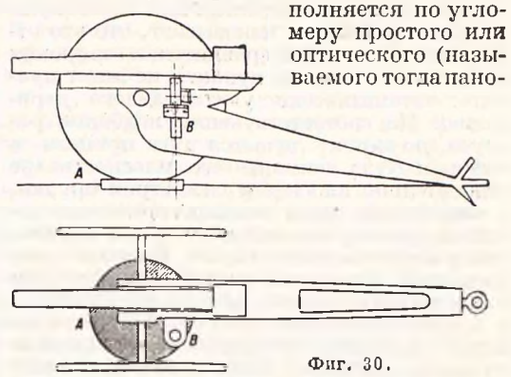

Фиг. 27.



Фиг. 28.

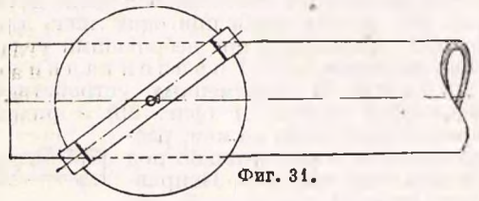


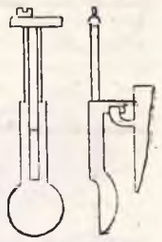
Фиг. 29.

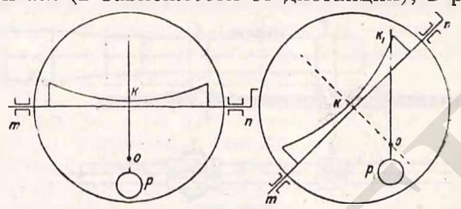


Фиг. 30.

углу наводки, отсчитывая его от переднего конца диаметра, параллельного оси канала, после чего все орудие вращают до совпадения линии визирования с линией точки наводки. В некоторых образцах прицелов лимб угломера всегда горизонтален (при правильном положении орудия), в других (чаще) он приобретает наклон при углах местности, отличных от нуля, и тем больший, чем больше угол местности. В таких прицелах установка на угломере угла наводки вызывает ошибки в наводке, подобные рассмотренным выше и требующие введения поправок. Автоматический учет деривации имеет место в том случае, когда на прицельном приспособлении при установке 1-го прицельного угла автоматически устанавливается и 2-й прицельный угол. С этой целью стебель напр. дугового прицела располагается в плоскости, составляющей нек-рый угол с плоскостью стрельбы, почему при выдвижении прицела (придании 1-го прицельного угла) целик отклоняется влево, чем устанавливается 2-й прицельный угол, и т. о. учитывается деривация. Очевидно, что линейная величина отклонения целика пропорциональна высоте прицела. Исследование же показывает, что деривация будет учитываться точно только в том случае, когда отношение $\frac{\operatorname{tg}\delta}{\sin\varphi}$ (где δ — угол деривации, а φ—угол возвышения) постоянно или близко к постоянному. Для 122-*мм* гаубицы образца 1909 года подсчет этого отношения, произведенный для разных дистанций, дает сравнительно небольшие отклонения от среднего значения, которое можно принять равным 0,048. Этим и объясняется, что названная гаубица имеет наклонный прицел. Подсчет же, произведенный для 76-*мм* пушки образца 1902 г., показывает, что это отношение меняется в сравнительно широких пределах, почему эта пушка и не имеет прицела, автоматически учитывающего деривацию. По соответствующим подбором радиуса, по к-рому делается дуга прицела, и выбором угла наклона его плоскости (не относительно плоскости симметрии орудия, а какой-либо иной плоскости) можно добиться удовлетворительного учета деривации в большом числе систем. Очевидно, что поскольку деривация учитывается боковым перемещением целика, для точного учета ее в неоптич. системах достаточно заставить целик скользить при выдвижении прицела по криволинейному пазу соответствующей формы. В оптич. прицелах для точного учета требуются более сложные конструкции. К а ч а ю щ и е с я п р и ц е л ы автоматически вводят поправки в углы прицеливания при неправильном положении орудия (наклон платформы, наклон оси цапф). Прицел может качаться около прямой, параллельной оси канала, и при помощи отвеса или поперечного уровня м. б. установлен в вертикальной плоскости независимо от орудия. В этом случае схема на орудии, т. е. взаимное положение линии прицеливания и оси канала, будет верна при любом положении орудия, и для наводки потребуется только совмещение ее со схемой на местности. В качестве качающегося прицела иногда пользуются маятниковым подвесом прицельного бруска; такой прицел удобен тем, что сам занимает вертикальное положение (фиг. 32). Интересен прицел Сименса и Гальске для морских орудий, положение которых в пространстве вследствие качки все время меняется. Перекрестие визирной трубки (фиг. 33) образуется тонким стержнем, вращающимся вокруг оси o и материальной кривой определенной кривизны. Стержень удерживается в вертикальном положении при помощи грузика p. При наклоне трубы перекрестие получится не в точке k, а в точке k_1, чем введутся поправки на наклон для определенной дальности. Чтобы поправки можно было вводить для любых дальностей, имеется приспособление для поворачивания кривой около оси mn (в зависимости от дистанции), в результате чего место перекрестия будет изменяться. Т. к. устройство маятника при дуговых (а следовательно и оптических) прицелах встречает трудности, то чаще пользуются поперечным уровнем. Коробка прицела устраивается на цапфе, ось к-рой параллельна оси канала, и снабжается поперечным уровнем. Последний при наводке надо приводить в горизонтальное положение. Схема такого прицела показана на фиг. 34. Здесь стебель прицела представлен в виде дуги AB нек-рой окружности, в центре которой находится воображаемая мушка M. Коробка K снабжена поперечным уровнем $У$. Когда пузырек уровня подогнан на середину, дуга и вся окружность размещаются в вертикальной плоскости. Если орудие наклонено, то при изменении у него угла возвышения ось канала повернется в нек-рой наклонной плоскости, а следовательно и связанная с ней схема (дуга прицела) из вертикального положения перейдет в наклонное, и пузырек уровня сойдет с середины. Правильность схемы нарушится, и для ее исправления надо будет снова придать уровню горизонтальное положение. Эти действия, разумеется, замедляют наводку. Однако существуют прицельные приспособления (напр. з-да Рейнметалл), не требующие поправки уровня при изменении угла возвышения. На


Фиг. 31.


Фиг. 32.

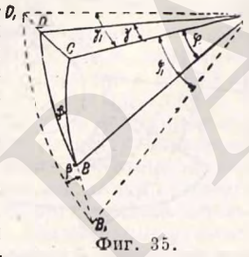

Фиг. 33.

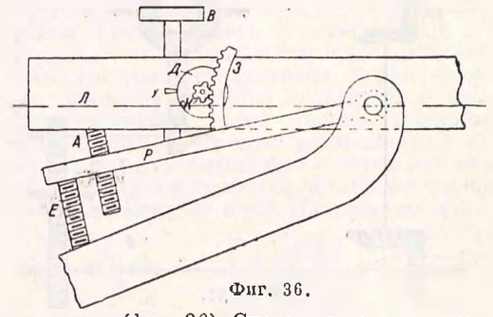

Фиг. 34.

схеме (фиг. 35) φ—угол возвышения, β—угол наклона оси цапф, γ—угол боковой поправки. Ребро AB двугранного угла β всегда остается $\perp$ оси канала, что достигается системой передач. Угол β, как угол наклона оси цапф, при любых углах возвышения остается постоянным, и в схеме прицела это постоянство осуществлено тем, что особая материальная дуга BC, могущая вращаться вокруг оси AB и описывающая своим концом дугу DC, устанавливается при помощи поперечного уровня и вертикальной плоскости DAB, принимая положение BD. Конец этой дуги BD управляет визирной трубой, вращающейся вокруг точки A, и оптич. ось трубы принимает положение DA, вводящее боковую поправку γ на наклон оси цапф. При увеличении угла возвышения до φ_1 ребро двугранного угла принимает положение AB_1, а дуга с уровнем направляется по дуге B_1D_1, сохраняя тот же наклон β по отношению к плоскости CAB_1, параллельной плоскости симметрии орудия. Линия же визирования пойдет по D_1A, вводя поправку γ_1. Для введения поправок в 1-й прицельный угол описанная система не приспособлена. Для горизонтальной наводки на лимбе угломера или панорамы наносится угловая шкала, с ценою делений в $^1/_{6000}$ окружности. Чтобы лимб не вышел громоздким, на нем наносится шкала через 100 делений, а единицы и десятки наносятся на барабане, полный оборот к-рого соответствует изменению угла на $^{100}/_{6000}$ окружности. Деление на 6 000 имеет то удобство, что линейная цена таких делений равна

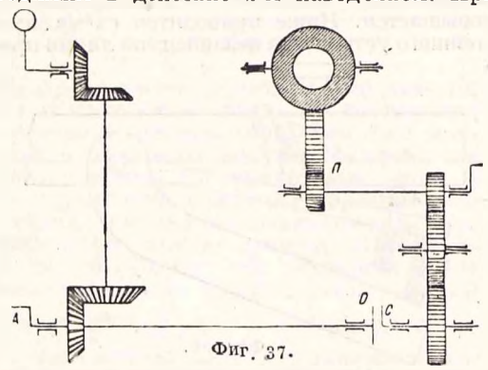
$$\frac{2\pi R}{6\,000} \cong \frac{R}{955} \cong 0{,}001R,$$

чем устанавливается простое соотношение между угловым и линейным перемещением точки разрыва, а именно: изменение угла наводки на одно деление вызывает перемещение точки падения снаряда на 0,001 дистанции. Шкалы для вертикальной наводки бывают угловые, дистанционные и условные (в последние превращаются дистанционные шкалы при введении снарядов с новой балистикой). Они наносятся или на стебле прицела, или на прицельном барабане, или наконец внутри оптич. части. Угловые шкалы (в градусах или тысячных радиуса) представляют то громадное преимущество, что являются едиными для всех видов стрельбы и всех типов орудий. Кроме того они удобно наносятся на прицел (вследствие равенства делений), позволяют просто складывать углы прицеливания с углами местности и облегчают корректировку высоты разрывов. Дистанционные шкалы дают только то преимущество, что при стрельбе тем снарядом и зарядом, для к-рых они построены, устанавливается наиболее простая связь между дистанцией стрельбы и установкой прицела (т. е. можно в некоторых случаях обходиться без таблиц стрельбы). Такими шкалами снабжаются прицелы стрелкового оружия и нек-рых полевых артиллерийских систем. Но в связи с новыми методами стрельбы (с учетом аэрологич. и баллистич. факторов) указанное достоинство для артиллерийских орудий отпадает, так как топографич. дальность часто весьма значительно отличается от табличной и для учета этого несоответствия приходится возвращаться к таблицам. Другое неудобство их—необходимость иметь для каждого заряда и снаряда особую шкалу. При введении же новых боеприпасов старые шкалы приобретают условный характер, не дающий никаких выгод. Неудобны они и в отношении конструкции той части прицела, которая служит для измерения и установки углов, в противоположность угловой шкале, допускающей во всех случаях применение лимба с барабаном. Н е з а в и с и м а я л и н и я прицеливания имеет место тогда, когда прицельное приспособление позволяет: 1) изменять угол прицеливания независимо от разбивки ориентировочной линии, т. е. так, что линия прицеливания сохраняет свое положение в пространстве; 2) менять установку угла местности, не изменяя приданного прицельного угла. При независимой линии прицеливания наводка значительно ускоряется и скорострельность повышается. Ниже приводится схема простейшего устройства независимой линии прицеливания (фиг. 36). Система имеет два подъемных механизма, обслуживаемых двумя наводчиками. Первый подъемный механизм E действует на особую раму P, на которой на кронштейне укреплено визирное приспособление B с уровнем и угломером. Второй подъемный механизм $Л$ соединяет раму с люлькой $Л$ (а следовательно и со стволом). 1-й наводчик, работая на маховике 1-го механизма, поворачивает раму до совмещения линии визирования с линией цели (или до приведения пузырька уровня на середину при непрямой наводке); вместе с рамой поворачивается на тот же угол и ось канала ствола и т. о. орудию придается угол местности. 2-й наводчик, работая на 2-м подъемном механизме, придает орудию дополнительный угол относительно положения, приданного орудию 1-м наводчиком. Одновременно с работой 2-го механизма посредством зубчатой дуги $З$ и шестерни $К$ вращается диск со шкалой углов прицеливания. Когда против указателя $У$ станет нужное деление, орудию кроме угла местности будет придан и требуемый угол прицеливания. Ясно, что оба наводчика работают независимо друг от друга. В некоторых системах устраивается один общий подъемный механизм, но с дифференциальным приводом от обоих наводчиков, чем тоже обеспечивается одновременность и независимость их работы. При стрельбе по быстро движущейся цели для 1-го


Фиг. 35.


Фиг. 36.

наводчика становится затруднительным точное наблюдение за целью, т. к. одновременно он должен придавать угол местности и самому орудию, что связано с большой затратой механической работы. Поэтому в зенитных орудиях часто ограничиваются полузависимой линией прицеливания. Сохраняется только первое условие независимости: при изменении прицельных углов не должен меняться угол местности. Изменение же угла местности при этой системе влечет исправление прицельного угла. Работа подъемным механизмом сосредоточивается у 2-го наводчика. Простейшая схема такой системы показана на фиг. 37. 1-й наводчик, работая маховиком A, направляет визирную линию на цель. От того же маховика вращение через ряд передач сообщается диску D со шкалой углов прицеливания, который при возрастании углов местности поворачивается в сторону возрастания углов прицеливания на шкале. На оси диска вращается независимо от него стрелка C (указатель), связанная системой передач с подъемным механизмом $П$, приводимым в действие 2-м наводчиком. При

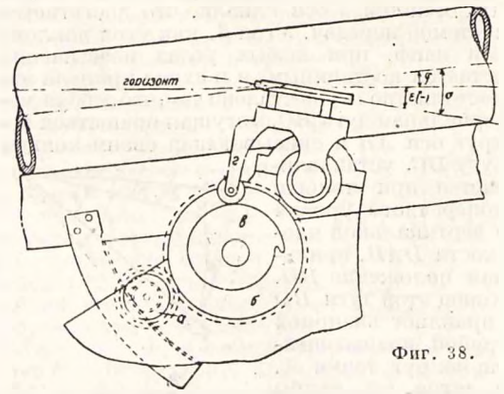


Фиг. 37.

углах местности и прицеливания, равных нулю, указатель стоит против нуля шкалы. При визировании на цель с положительным углом местности нуль шкалы отходит от указателя и последний показывает отрицательный прицельный угол. Чтобы установить требуемый прицельный угол, 2-му наводчику надо выбрать подъемным механизмом этот отрицательный угол, численно равный углу местности, и прибавить к нему прицельный угол по цели. Практически надо совместить стрелку со скомандованным делением прицельного угла и одновременно с работой 1-го паводчика все время сохранять это совмещение, пока не будет скомандован новый прицельный угол. Автоматические прицелы. При движении цели на одной высоте относительно горизонта орудия (цели береговых батарей, зенитные цели в течение некоторого отрезка времени) угол возвышения орудия можно рассматривать как ф-нию только одной переменной (угла местности):

$$\varphi = f_1(\varepsilon).$$

На этом принципе построены прицельные приспособления, обеспечивающие при наведении трубы в цель придание орудию угла возвышения, соответствующего дистанции до цели—автоматич. прицелы. Схема такого прицела для берегового орудия (высота цели постоянна) показана на фиг. 38. Шестерня a, соединенная с дугой подъемного механизма, поворачивается на угол, пропорциональный углу возвышения φ, и вра-

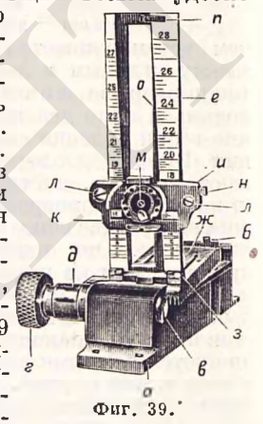


Фиг. 38.

щает шестерню $б$ с эксцентриком $в$. Очертания последнего подобраны так, что при любом φ кронштейн $г$, опирающийся роликом на эксцентрик и несущий на себе визирную трубу, дает ей наклон ε, удовлетворяющий ур-ию

$$\varphi = f_1(\varepsilon).$$

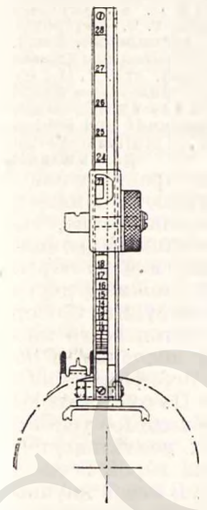
Тогда при наведении трубы в цель орудию будет придан угол возвышения, отвечающий дистанции до цели. Чтобы орудие могло стрелять по целям, движущимся на разных высотах, необходимо было бы иметь набор эксцентриков различных профилей соответственно избранным для стрельбы высотам, например через каждые 100 $м$, или на одном эксцентрике иметь ряд поверхностей. Очевидно, что механич. решение ур-ия $\varphi = f_1(\varepsilon)$ м. б. весьма разнообразно. Здесь приведена лишь простейшая схема. В настоящее время в связи с распространением ПУАО (приборов центрального управления артиллерийским огнем), позволяющих весьма удобно (механически) и быстро вырабатывать и передавать на орудия установки прицельных приспособлений, область применения автоматич. прицелов сокращается.

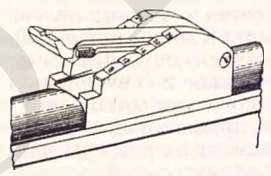


Фиг. 39.

П. п. пулеметов по своей конструкции почти не отличаются от П. п. стрелкового оружия; применяются как диоптрические, кольцевые, так и рамочные. На фиг. 39 дано изображение прицела пулемета Браунинга, где $а$—основание прицела, $б$—подвижная колодка, $в$—червячный винт для бокового передвижения колодки, $г$—головка винта, $д$—гайка, $е$—рамка прицела с косым пазом для поправки на деривацию, $жс$—пружина прицельной рамки, $з$—ось прицельной рамки, $и$—прицельный хомутик, $к$—планка хомутика, $л$—соединительные винты, $м$—прицельный диск, $н$—защелка. $о$—ходовой винт хомутика, $п$—гайка ходового винта. Стоечный прицел, характерной конструкцией которого является прицел станкового пулемета Виккерса

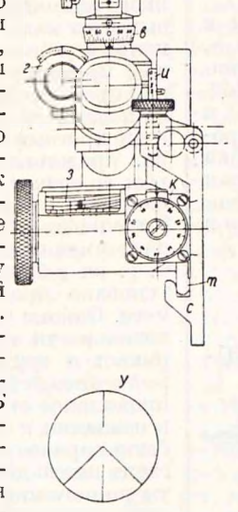
(фиг. 40), вместо рамки имеет стойку, к-рая, как и у рамочных прицелов, устанавливается для стрельбы вертикально и несет на себе подвижный прицельный хомутик с подвижным или неподвижным целиком, вынесенным в сторону. Передвижение хомутика вдоль стойки производится обычно с помощью маховичка с шестерней, сцепляющейся с нарезанной на стойке зубчатой рейкой. Маховичок снабжен тормозом, закрепляющим хомутик. Секторный прицел (фиг. 41) состоит из шарнирно прикрепленной к основанию планки, снабженной обычной прицельной прорезью, и может устанавливаться под различными углами к

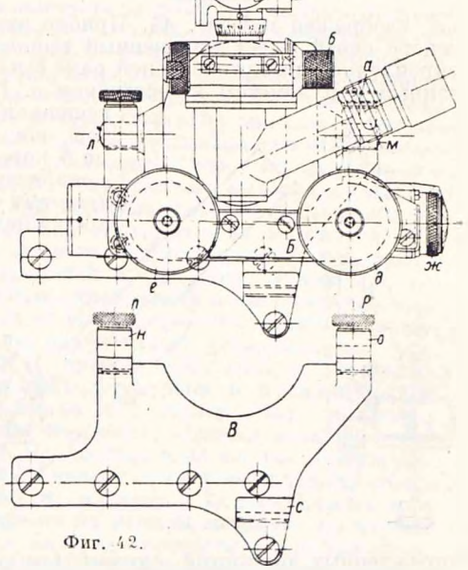

Фиг. 40.


Фиг. 41.

оружию между двумя боковыми щеками, составляющими одно целое с основанием прицела.

Стремление достигнуть наибольшей точности в наводке по малозаметным для невооруженного глаза целям, а также использовать всю дальнобойность станковых пулеметов для стрельбы по целям, к-рые находятся на предельных дистанциях, привело к применению на пулеметах оптич. прицелов, которые по своей схеме и конструкции не отличаются от прицелов, применяемых в стрелковом оружии (фиг. 21, 23). Пулеметные панорамные прицелы состоят из собственно прицела, имеющего приспособление для введения поправок на углы местности, и панорамы, допускающей ведение пулеметной стрельбы непрямой наводкой и по своему устройству почти аналогичной с артиллерийской панорамой. На фиг. 42 изображен панорамный прицел Цейсса; основными деталями его являются: панорама $А$, коробка $Б$ с прицельным приспособлением и кронштейн $В$ для установки прицела на оружии. Панорама $А$ имеет вращающийся окуляр $а$ для вращения головки панорамы и следовательно для установки горизонтальных углов служит барабан $б$; деления отсчитываются по кольцам $в$ и $г$. П. п. $Б$ имеет механизмы для установки углов прицеливания $д$ и $е$ и углов местности $жс$, отсчитываемых—первые по шкале $з$, вторые по кольцам $и$ и $к$. Кронштейн $В$ имеет гнезда для цапф панорамы $л$ и $м$ с рисками $н$ и $о$ и зажимными винтами $п$ и $р$, а также зуб $с$ для вхождения в него выступа $т$ прицельной коробки; $у$—поле зрения панорамы с прицельными нитями.





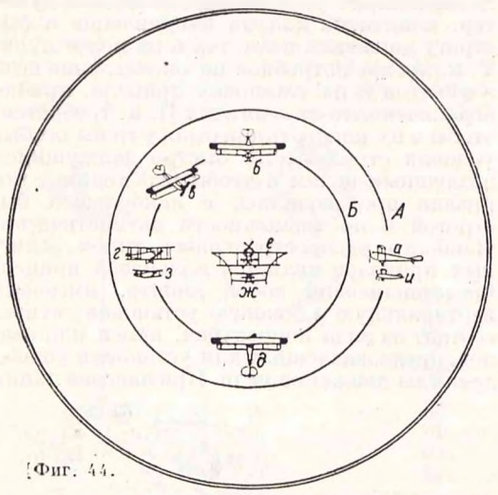
Фиг. 42.

Зенитные П. п. пулеметов для стрельбы по аэропланам, дирижаблям и пр. Устройство П. п., предназначенных для стрельбы по воздушным целям, основано на особенностях, вытекающих из необходимости считаться с целями, которые двигаются обычно на больших высотах и с большой скоростью. Поэтому стрельба представляет большие трудности гл. образом в отношении быстрого и точного подыскания нужных высот прицелов и упреждений. Основными данными для стрельбы по самолетам являются: а) дистанция до цели, б) скорость движения цели, в) курсовой угол, образуемый направлением движения самолета и линией прицеливания, г) угол местности цели и д) ветер, влияющий как на направление и быстроту движения цели, так и на полет пули. Т. к. время, потребное на определение всех элементов и на установку прицела, крайне ограничено, то от зенитных П. п. требуется, чтобы в их конструкции были учтены особые условия стрельбы по быстро движущимся воздушным целям и чтобы необходимые поправки производились с наибольшей быстротой и по возможности автоматически. Наиболее распространенным типом зенитных прицелов является кольцевой прицел, представляющий собой диоптр, имеющий вертикальную и боковую установки; мушка состоит из ряда концентрич. колец или овалов, предназначенных для установки упреждений на движение цели. При наводке линия визирования должна проходить через диоптр, через край одного из колец, выбираемого в зависимости от параметров движения цели (курса, скорости), и через цель. При этом на кольце выбирается точка визирования т. о., чтобы направление движения цели про-

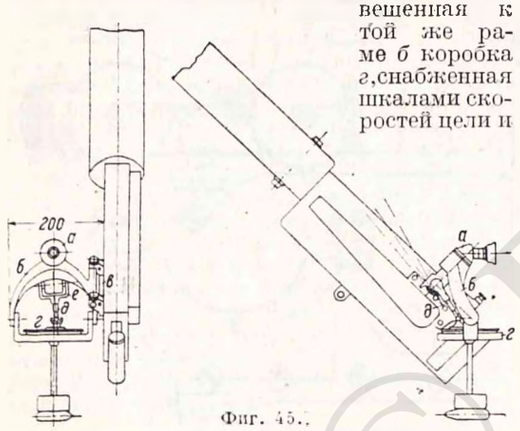
ходило через центр кольца (фиг. 43). К этому же типу П. п. следует отнести оптич. приборы, проектирующие сетку на самой цели. Из образцов этих приборов на фиг. 44 изображен франц. коллиматор Кретьен. Прицеливание производят через внешнее кольцо *А*, когда самолет виден в профиль, через внутреннее кольцо *Б*, когда самолет виден в полоборота, и через центр, когда самолет летит прямо на пулемет или от него. Различные положения самолета, летящего на дистанции 400 *м*, показаны на фиг. 44 (обозначения *а*, *б*, *в*, *г*, *д*, *е*) и обозначения *ж*, *з*, *и* показывают положение самолета, летящего на дистанции 800 *м*. Оптич. зенитный прицел, установленный на пулемете Максима, изображен на фиг. 45. Прибор этот в основе своей имеет призменный прицел *а*, укрепленный на дугообразной раме *б* и связанный с пулеметом кронштейном *в*. Подвешенная к той же раме *б* коробка *г*, снабженная шкалами скоростей цели и упрежденных дистанций, служит для установки на ней прицела. Установка эта производится посредством специального стержня с рукояткой. При этом рычаг *д*, связанный с движком коробки и вилки *е*, перемещает головку прицела в горизонтальной плоскости, а призму—в вертикальной. Прицел имеет увеличение 3,3 и поле зрения в 12°. При работе с прицелом скорость движения устанавливается один раз—в начале измерения, а направление движения—непрерывно.



Фиг. 43.



Фиг. 44.



Фиг. 45.

Лит.: Гельвих П. А., Стрельба, прицеливание и прицельные приспособления, часть 2, выпуск 1, Ленинград, 1929; Бутурлин С. А., Стрельба пулей, Охотничье пульное оружие, т. 2, Петербург, 1913; Козловский Д. Е., Артиллерия, 2 изд., кн. 2, Москва—Ленинград, 1928; Руководство службы полевой артиллерии (всех калибров), отд. 2, П.; Руководство службы полевой артиллерии 76-мм пушки образца 1902 г., Москва, 1927; Eilers K., Handbuch der praktischen Schusswaffenkunde und Schiesskunst für Jäger und Sportschützen, 2 Auflage, Berlin, 1920.

Д. Мышецкий.

ПРОБА, некоторая малая сравнительно с целым множеством (совокупностью) известных объектов часть этого множества, выделенная так, что на основании испытания или изучения тех или иных свойств объектов, входящих в состав ее, можно с достаточной степенью вероятности судить о соответственных свойствах объектов всего множества в целом; по своему значению в познании мира, организации технич. знания и развитию промышленности П. представляет основное и совершенно необходимое условие самого существования этих деятельностей, от правильности постановки к-рой всецело зависит их рациональность. В своей научно-познавательной, технич. и промышленно-хозяйственной деятельности человек встречается с объектами не единичными, но б. или м. однообразными совокупностями, образующими множества (массовые явления, коллективы), причем в одних случаях обособленность отдельных объектов еще сознается (напр. в промышленности: машины, изделия крупной и мелкой индустрии, здания и сооружения, скот и птица и т. д.), тогда как в других случаях, при меньшей выраженности и меньшем значении формы, границы отдельных объектов ясно уже не сознаются и практически не считаются достойными внимания, так что множество истолковывается как б. или м. непрерывное (таково например большинство продуктов добывающей промышленности и продукты химической промышленности, образующие множества квазинепрерывные). Но во всяком случае и дискретные и квазинепрерывные множества, представляющие промышленный интерес, содержат в своем составе весьма большое число отдельных элементов множества (отдельных объектов) и в большинстве случаев именно на этой многочисленности их, т. е. на количестве объектов данного рода, основано промышленное значение последнего. Однако из той же количественной значительности множеств таких объектов возникает и трудность суждения о свойствах всего множества в целом, между тем как рациональное отношение к действительности и в познании и в производстве требует, чтобы было заранее известно, с чем именно предстоит иметь дело, и чтобы отдельные объекты данного множества не обнаружили каких-либо непредвиденных свойств. Узнать свойства каждого отдельного объекта очевидно невозможно, даже при явной дискретности их не только по количеству необходимого для того труда, времени и средств, но во многих случаях и по недоступности этих объектов для испытания; таковы напр. изделия, еще не выделанные, запасы, находящиеся в недрах, и т. д. Сюда необходимо отнести также и те случаи, когда испытание некоторого признака сопряжено с разрушением соответственного объекта испытания и следовательно может оказаться недопустимо уже по одному этому. Оценка рудных месторождений, сельскохозяйственных угодий, скота, всевозможных изделий и т. д. в силу принципиальной или практической недоступности испытанию всех объектов, входящих в состав соответственных множеств, была бы невозможной, если бы не было правомерно испытание лишь небольшой части тех же множеств, к-рое давало бы результаты, с большей или меньшей надежностью распространимые на все множество в целом. Однако понятно при этом, что указываемая часть множества, подлежащая непосредственному испытанию, не может быть л ю б о й частью, произвольно взятой, но должна быть выделена т. о., чтобы в отноше ни занимающей совокупности свойств могла бы с большим или меньшим правом представительствовать за целое множество. Отсюда явствует чрезвычайная важность и ответственность правильного взятия от множества этой части, т. е. «п р о б ы», ибо правильностью взятия, т. е. степенью надежности, с к-рой эта часть может представительствовать за целое множество, прежде всего определяется ценность результатов испытания. Никакая точность анализов и тщательность испытаний избранных объектов не имеет никакого значения, если только самые объекты не могут считаться действительно замещающими в испытании множество в целом, по крайней мере в отношении той совокупности признаков, для выяснения к-рых эта часть объектов взята. При полной однородности множества, т. е. при совершенном тождестве отдельных элементов его между собою, всякая П., как бы она ни была взята и какова бы она ни была количественно, окажется надежной отправной точкой для суждения о всем множестве в целом, и вся трудность получить данные к такому суждению сведется к трудности самих испытаний. Но этот предельный случай не отвечает действительности, и всякое множество, существующее на самом деле, не однородно, т. е. состоит из элементов, не вполне тождественных между собою даже тогда, когда между ними обычно не признается или нет качественных различий по существу, а только количественные. Во многих же случаях встречается, наоборот, существенная разнородность элементов, и во множестве нередко участвуют элементы нескольких родов, наглядным примером чего могут быть рудные россыпи. При указанной количественной, а тем более качественной разнородности элементов множества, способ взятия П. от множества существенно предопределяет результаты испытания, и при методологической неправильности или небрежности полученные результаты могут оказаться хуже, чем отсутствие каких бы то ни было сведений, ибо будут давать сведения заведомо ложные, несмотря на тщательность самих испытаний. Так например, если для П. золотоносного песка были бы отобраны самородки золота, то результаты химич. анализа дали бы содержание 100% металла (золота и других металлов), и, не отнесясь критически к способу взятия П., опробователь должен был бы сделать вывод о стопроцентности золотоносного песка. Подобным же образом можно было бы подобрать П. с любым содержанием металла и получить следовательно подсказанный аналитику ответ об орудненности обсуждаемого песка. В данном примере неправильность указанного способа взятия П. очевидна, но это потому, что взят крайний случай, притом же противоречащий уже имеющимся знаниям об орудненности золотоносных песков. Однако, если бы такого знания заранее не было, и в особенности если бы преувеличить или преуменьшить степень золотоносности песка лишь в 3—4 раза, то неправильность взятия П. вероятно не была бы заподозрена, полученные результаты анализа послужили бы к ложному определению запасов и повели бы к нерациональным практич. мероприятиям. Т. о. способ взятия П. не может быть отделяем от способа самих испытаний и входит в состав всей методики испытания как операция предварительная и определяющая собою ценность всех последующих результатов. Там, где дело идет не о вполне однородных множествах (напр. не о совершенно чистых подвижных жидкостях), установление способа взятия П. непременно должно входить в изложение методики испытаний и быть неотъемлемой их частью. Этим обстоятельством задача полевого испытания объектов природы и промышленного испытания продуктов производства значительно осложняется в сравнении с задачей просто аналитика или испытателя-физика: последние дают ответ относительно свойств объекта испытаний, им врученного, и ответственны за точность этого ответа, т. е. за методику испытаний и за сходимость результатов, полученных согласно этой методике. В случае же полевого или промышленного испытания исследователь, прежде чем дать ответ о свойствах некоторого объекта, должен предварительно еще создать себе этот объект; он отвечает прежде всего за самый объект, т. е. за соответствие этого объекта поставленной цели испытания. Поэтому различные стандарты, устанавливающие качество и указывающие, как соответственное качество должно быть проверяемо, дают инструкцию и о взятии П. обсуждаемого материала. Однако даже при наличии удачной инструкции по взятию П. у исследователя во многих случаях остается большой простор при работе согласно этой инструкции, и ценность результатов опробования в значительной мере зависит от беспристрастности, наблюдательности и находчивости опробователя, т. к. взятие П. прежде всего требует определенной целевой установки и понимания, что́ именно этою П. должно быть выяснено. Главная опасность, которая возникает при взятии П., состоит в не вполне сознательно вносимом начале преимущественного отбора тех или др. элементов из опробуемого множества—по их местоположению, по величине агрегатов, по плотности и т. д. Так напр., в опробуемых множествах всегда имеется та или другая периодичность, и если при взятии П. будет проявлена какая-либо ритмичность, то при совпадении ее периода с одним из периодов опробуемого множества в П. могут оказаться выделенными преимущественно элементы одного рода и оттеснен-

ными элементы других родов. Взятие П. по существу есть сокращение опробуемого множества; в случае значительности последнего операция сокращения должна повторяться несколько раз, пока П. не будет доведена до размеров лабораторного масштаба. Каждая операция сокращения может внести в П. какую-либо регулярность, чуждую сокращаемому множеству, и следовательно правильность сокращения должна состоять в активной неправильности его, т. е. в отсутствии какого бы то ни было отбора. Последнее требует большой внимательности и кроме того—труда, особенно если размеры сокращаемого множества на той или другой ступени сокращения все еще значительны. Отсюда понятно стремление механизировать процесс сокращения помощью специальных приборов, раздваивающих проходящий через них материал. Подобные приборы особенно распространены в США.

При обсуждении П. необходимо иметь в виду еще одно обстоятельство. А именно, хотя и говорится о взятии П., т. е. как чего-то готового, однако на самом деле П. создается при помощи ряда предварительных операций, куда могут входить механич. выделение (вырубание, выпиливание, выбивание и т. п.), раздробление, просеивание, размешивание, просушивание и т. д. Во многих случаях нек-рые из этих операций могут вносить изменения в опробуемые объекты, причем они затрагивают свойства объектов, подлежащие испытанию. Так, при взятии П., особенно когда опробованию подвергается большое количество объектов, П. может терять составные части от испарения, набирать влагу и изменяться от этой влаги, поглощать углекислоту, окисляться, подвергаться воздействию микроорганизмов, в нее могут попадать посторонние вещества вроде пустой породы, пыли и т. п.; эти обстоятельства могут вызвать несоответствие П. опробуемому объекту по химич. составу. Опасность для неизменности свойств П. представляется еще большей в тех случаях, когда должны быть установлены физические свойства материала, обусловленные не только химич. составом, но и строением материала, т. к. самая операция выделения П. может менять строение П. и в связи с этим разрушать ее физические свойства. Так напр., выделение образцов для металловедческого испытания иногда сопровождается изменением первоначальной структуры; хранение образцов до того времени как они попадут в лабораторию может в нек-рых случаях существенно изменить их свойства.

Задача опробования—характеризовать некоторую совокупность элементов в целом при помощи нек-рой, сравнительно весьма небольшой части ее. Прямая проверка надежности данного опробования должна была бы состоять в непосредственном исследовании всей совокупности в целом, но последнее невозможно и кроме того делало бы бесцельным самое опробование. Поэтому требуется критерий надежности опробования. Он состоит в воспроизводимости результатов испытания на повторно взятых П. Тут следует различать несколько случаев. Если опробуемое множество однородно и непрерывно или практически может считаться таковым, то воспроизводимость испытания подразумевается; так напр., анализ нескольких капель раствора из хорошо размешанной бочки дает результаты, распространимые на содержимое всей бочки. Но анализ нескольких граммов материала с достаточно крупными зернами может дать результаты, к-рые нисколько не характеризуют химического состава этого материала в целом. Разница между этими двумя случаями очевидно зависит от числа отдельных элементов множества, вошедших в П. В случае раствора это число (т. е. число молекул)—порядка 10^{20}, тогда как в случае сыпучего тела число отдельных элементов (т. е. число зерен)—порядка 10^0 или в лучшем случае 10^1. Как в том, так и в другом случае возможно попадание в П. элементов в количестве, не характеризующем обсуждаемый материал в целом; однако в первом случае оно по чрезвычайной маловероятности не представляется реальным, тогда как во втором случае вероятность своеобразного скопления зерен в П. достаточно велика. Т. о. воспроизводимость результатов опробования зависит от трех факторов: от однородности опробуемого множества, от численного содержания элементов в П. и от точности самого испытания; предполагаем последнее сколь угодно точным. Для однородных сред (растворы, газы) вопрос о степени однородности очевидно не ставится, а количественная сторона П. определяется уже не в связи с характером материала, а в соответствии с прямыми потребностями анализа. Напротив, для сред мало однородных размеры П. устанавливаются не прямой необходимостью иметь известное количество материала для испытаний, а тем пределом, ниже к-рого П. уже будет заведомо слишком малой, чтобы воспроизводимость подобного испытания была бы достаточно вероятной; необходимая значительность П. в отношении анализа представляет здесь уже затруднение, иногда весьма большое. Еще в большей степени это количественное определение размеров П. для надежности ее качественного значения относится к тем случаям испытания, когда опробованию подлежит множество каких-либо изделий, животных или растительных организмов, людей и т. п., т. е. где каждый элемент воспринимается и оценивается как неделимое целое. Чем ярче выражена эта неделимость отдельных элементов и чем они крупнее в сравнении с размерами испытательных аппаратов и установок, тем более требуется для надежности результатов испытания считаться с общими формальными требованиями науки о массовых явлениях, т. е. тем строже должно учитываться численное содержание взятой П. для получения результатов заданной степени точности.

Для пояснения отметим несколько начальных положений. Пусть множество состоит из элементов, характеризуемых значениями подлежащего испытанию признака $L_1, L_2, \ldots, L_i, \ldots, L_N$ соответственно. Пусть далее среднее арифметическое этих значений есть M, так что

$$M = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} L_i$$

или согласно условному обозначению

$$M = L_i.$$

Среднее отклонение отдельных элементов от M (т. е. отклонение элементов от M в среднем) характеризует неоднородность данного множества, т. н. его рассеяние около M. Для разных целей количественное выражение рассеяния берется различное. Особенно отметим: линейное рассеяние

$$s_l = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} |L_i - M|$$

или в условном обозначении

$$s_l = |L_i - M|$$

(в обоих случаях прямыми скобками обозначается абсолютная величина разности); квадратичное рассеяние S, определяемое соотношением

$$S^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(L_i - M)^2$$

или в условном обозначении

$$S^2 = \overline{|L_1 - M|^2}.$$

Если из указанного множества брать части—серии по n членов, то каждая из таких серий будет характеризоваться своим средним; обозначим их через $M_1, M_2, \ldots, M_n$ соответственно. У каждой серии будет свое квадратичное рассеяние S_{lk} около среднего этой серии. Наконец необходимо учитывать еще для серий рассеяние средних M_k около среднего всего множества M. Эти рассеяния выражаются соотношениями:

общее рассеяние множества около M

$$S_l^2 = \overline{L_{ki}^2} - M^2;$$

рассеяние средних M_k серии около M

$$S_s^2 = \overline{M_k^2} - M^2;$$

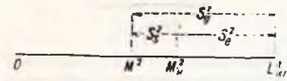
рассеяние отдельных серий около соответственных средних M

$$S_{lk}^2 = \overline{L_{ki}^2} - \overline{M_k^2}.$$

Эти величины связаны между собой соотношением:

$$S^2 = S_s^2 + S_l^2.$$

На фиг. 1 представлено графически соотношение квадратов указанных величин. Кроме того эти величины связываются попарно между собою помощью соотношений:



Фиг. 1.

$$S_s^2 = \frac{1}{n}S^2\left(1 - \frac{n-1}{N-1}\right)$$

и

$$S_l = S^2\frac{n-1}{n}\frac{N}{N-1}.$$

При очень большом N, когда можно принять $n \ll N$, эти соотношения дают:

$$S_s = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot S$$

и

$$S_l = \sqrt{\frac{n-1}{n}}\,S.$$

Соотношение, связывающее S_s и S_l, представляет т. н. закон корня из n, гласящий: «рассеяние средних значений серий, каждое по n элементов, относится к рассеянию отдельных элементов целого множества, как $1 : \sqrt{n}$». Иначе говоря, рассеяние средних для серии в отношении среднего всего множества тем менее, чем меньше рассеяние множества в целом, т. е. чем множество однороднее и чем больше число элементов каждой серии, хотя оно падает медленнее, чем возрастает число этих элементов. Отсюда видно, во-первых, что чем однороднее какая-либо продукция, тем меньшее число отдельных объектов должно быть взято для испытания с расчетом получить ту же степень воспроизводимости, а во-вторых, что слишком большое увеличение числа испытуемых объектов приносит относительно мало пользы и потому в случае дороговизны этих объектов, когда они подвергаются при испытании порче или при затруднительности самого процесса испытания (например сложный химич. анализ, большая длительность испытания, значительные расходы, связанные с испытанием и т. д.), без ущерба для опробования м. б. ограничено. Точное выяснение числа отдельных элементов множества, которое должно быть в П., чтобы уклонение полученных результатов от среднего для всего множества не превосходило известных границ с определенной, достаточно большой вероятностью, производится на основании теории вероятностей и зависит от кривой распределения данного множества.

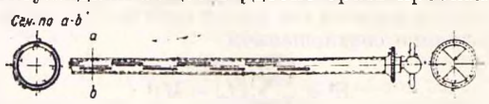
Необходимость устанавливать число отбираемых в П. экземпляров составляет затруднительную особенность дискретных множеств, о к-рой не приходится думать, если множество квазинепрерывно. Но дискретные множества представляют еще одну трудность, а именно в отношении самого отбора П., так как множество не может быть при сокращении приведено к однородности, как это делается (механически или даже механизированно) при сокращении множеств квазидискретных. То что достигается в последнем случае при соблюдении известных предосторожностей само собою, при дискретных множествах должно быть осуществляемо специальными мерами и именно заранее намеченной планомерностью отдельных действий, причем задача этой планомерности именно в том, чтобы не установилось какого-либо ритма или иного принципа отбора. Напр. в заводской продукции естественно ждать периодов, обусловленных временем дня и года, сменою мастера, ритмом снабжения и пр.; поэтому при отборе П. надо остерегаться, чтобы эта периодичность не оказалась в резонансе с самым процессом отбора и для этого последний должен быть строго аритмичным. Напр., если надо охарактеризовать заводскую продукцию за нек-рый определенный отрезок времени, то в П. отбираются образцы примерно в таком порядке: 1 января в 8 часов первый экземпляр, 2 января в 9 часов десятый экземпляр; 3 января в 10 часов двадцатый экземпляр и т. д. В противном случае в П. могут оказаться экземпляры, относящиеся к работе одного мастера, и отсутствовать таковые же работы других мастеров или попадут экземпляры только устанавливающегося процесса производства и не будет экземпляров, относящихся к концу рабочего дня, и т. д.

Общие приемы взятия П. различных материалов. Указанные выше положения о П. слишком общи, чтобы в практич. работе можно было руководиться

непосредственно ими. Различные виды опробования представляют разнообразные трудности как принципиального, так и практич. характера, и в литературе существует единодушное убеждение о невозможности указать единообразные приемы опробования на все случаи. Не касаясь соответственных приемов при взятии П. изделий, каковые можно найти в ОСТ'ах, ограничимся лишь рассмотрением взятия П. нек-рых более характерных видов вещества и наметим в качестве примеров приемы их опробования. Эти приемы меняются прежде всего в зависимости от состояния вещества. В обсуждаемом отношении различают гл. обр. состояние газовое, жидкое, порошкообразное (или мелкозернистое) и крупнозернистое (или в крупных кусках). В соответствии с этим делением следует рассмотреть и приемы взятия средней П., к-рая надежно давала бы возможность распространять результаты анализа нескольких граммов вещества на всю партию в десятки и сотни тонн. Сравнительно наименьшие трудности представляют жидкости, но когда они легкоподвижны; от густых жидкостей П. брать труднее, от вязких сиропообразных или тем более тестообразных—весьма трудно. П. от газов и материалов порошкообразных или крупнозернистых берется труднее, чем от легкоподвижных жидкостей; наконец крупнокусковой материал представляет значительные трудности. Особенные затруднения возникают с материалами сильно гигроскопическими, весьма едкими, выделяющими едкие или ядовитые пары, легко разлагающимися или весьма твердыми.

Ж и д к о с т и. При опробовании даже легкоподвижных жидкостей необходимо учитывать возможность расслоения их по уд. в. и вместе с тем по хим. составу. В таких случаях П. берется пипеткой в виде длинной стеклянной трубки, суженной вверху и внизу; медленным погружением этой трубки в жидкость вырезают из последней столбик, содержащий в соответственных отношениях все слои резервуара. Если жидкость содержится в очень объемистой цистерне или сборнике, то погружение пипетки повторяется несколько раз и на разную глубину. В нек-рых случаях вместо пипетки возможно применять железную трубку с клапаном на нижнем конце. Усовершенствованный аппарат для забора проб жидкостей целым столбиком высотою 35 *см*, и притом на любой глубине, построен И. В. Блаженновым (СССР, Патент № 616, 1925). Этот аппарат состоит из подвижного цилиндра, скользящего по проволочной раме, спускаемого в жидкость открытым сверху и снизу. По достижении требуемой глубины придерживают трос, прикрепленный к раме, и опускают трос, прикрепленный к цилиндру. Последний своей тяжестью садится на пришлифованную металлич. пробку; одновременно с этим штифт, приделанный к раме, нажимает на рычажок от крышки и захлопывает ее, герметически замыкая забранную жидкость. Для опробования воды на желаемой глубине, с целью микробиологического исследования, существуют специальные аппараты—Эсмарха, Ру, Склавo-Чаплевского и др. При контроле производства П. берется из устроенных в соответственных местах производственных установок клапанов или кранов; однако для той же цели лучше устраивать капельницы, из которых жидкость собирается в большую бутыль. Средняя П. сточных вод берется помощью вращающегося в жидкости колеса, к-рое подает небольшие количества жидкости в приспособленный резервуар. При поставке жидкостей в бочках или бутылях, естественно взбалтывавшихся при перевозке, П. берется сифоном, пипеткой или иначе из каждого пятого, десятого или двадцатого места и сливается в общий резервуар, откуда по размешивании берется средняя П.

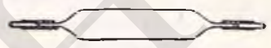
В я з к и е ж и д к о с т и. П. из жидких и полужидких веществ удобно брать пробным



Фиг. 2.

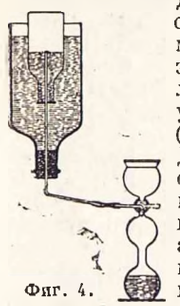
совком Гаваловского (фиг. 2). Это приспособление состоит из двух железных цилиндров с достаточно широким продольным вырезом и снабженных днищами; один из цилиндров вложен в другой и может поворачиваться помощью штыкового затвора. Прибор этот делается достаточно длинным и снабжается наверху ручкой. Для взятия пробы его закрытым вводят вертикально в опробуемую жидкость и в ней открывают: жидкость наполняет совок равномерно из всех слоев по высоте, тогда внутренний цилиндр поворачивается и совок, закрытый, вынимается и опоражнивается в подготовленную посуду.

Г а з ы. Газовая П. при нормальных условиях давления и t° обычно занимает 100—150 *см*³. По Бунзену П. газа забирается в цилиндрич. стеклянный сосуд, снабженный на оконечностях приводящей и отводящей трубками; через этот сосуд длительно пропускают струю газа, после чего концы запаиваются. В таком сосуде П. газа пересылается для анализа. Для извлечения газа на придатки сосуда надеваются резиновые трубки, а концы раздавливаются щипцами. О. Пфейффер предложил надевать на конечные придатки отрезки резиновых трубок (фиг. 3). По наполнении сосуда газом трубки зажимают двумя пальцами и закупоривают стеклянными палочками, смоченными глицерином. Для извлечения газа одну оконечность сосуда присоединяют к газометрич. бюретке, а другую часть погружают в воду. Надежность сохранения газа в подобных сосудах была проверена на водороде, освобожденном от кислорода; по прошествии 24 дней в сосуде не было обнаружено ни малейшего следа кислорода. Вместо указанных запоров устраиваются также краны, однако непроницаемость последних остается под вопросом. Поэтому к ним обращаются для забора П., к-рые до анализа надо хранить только несколько часов. Как выяснено О. Пфейффером, газ можно сохранять с достаточною надежностью в обычных медицинских пузырьках; перевод из них газа в бюретку делается при помощи специального приспособления (фиг. 4). При 24-дневном хранении в трех пузырьках водорода, свободного от кислорода, в газе не

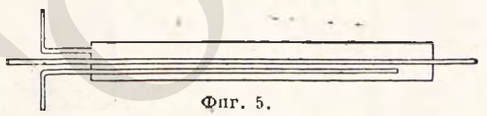


Фиг. 3.

обнаружено следов кислорода. В нек-рых случаях (напр. при анализе топочных газов) взятие газовой П. затрудняется высокою t°, причем трубку для забора П. газа необходимо вставлять в отверстия соответствующих стенок, примазывая щели глиной; при этом газоотводная трубка охлаждается муфтою с водой, устроенной по Дрешмидту (фиг. 5) или Тредвеллу (фиг. 6). Для температур до 500—600° стеклянные трубки еще пригодны, но далее необходимо прибегнуть к иному материалу, напр. к фарфору; железные трубки в данном случае недопустимы, т. к. при содержании в газах кислорода они отнимают его, а при более низких темп-рах могут снова отдавать восстановительным газам. Для контроля однородности газовой смеси берется одновременно несколько П. еще в другом месте печи или дымохода. Для

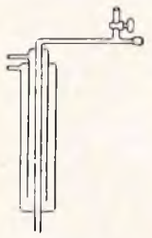


Фиг. 4.



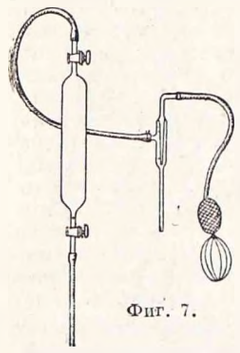
Фиг. 5.

засасывания газа удобнее всего применять небольшие каучуковые насосы с грушею, как например, в аппаратах Фойта (фиг. 7); применяются также аспираторы. Отдельно должна быть упомянута аппаратура для опробования воздуха с целью микробиологич. исследования; таковы приборы Гессе, Микеля, Шграуса—Вюрца и др., где микроорганизмы оседают на питательной желатине; сюда же относятся приборы Петри, задерживающие микроорганизмы слоем песка, ваты или стеклянной пыли, прибор Микеля, где задержка происходит в водорастворимых порошках—сахаре или сернокислом натрии.



Фиг. 6.

В з я т и е П. ж и р о в ы х в е щ е с т в. Ввиду содержания большого количества воды, слизи и других механич. примесей жиры, особенно жидкие и мазеобразные, при хранении разделяются на механич. составные части, и потому взятие средней П. должно производиться с большой тщательностью. Жидкие жиры основательно размешиваются, после чего П. берется, как обычно, от однородных жидкостей. От твердых жиров выделяется для П. не менее чем по 200 *г*, в зависимости от способа поставки (в бочках, ящиках, мешках, кругами), из каждой второй бочки или из каждого пятого ящика, мешка или круга. При неравенстве поставляемых мест количество извлекаемого жирового вещества для всех мест должно находиться в одном и том же



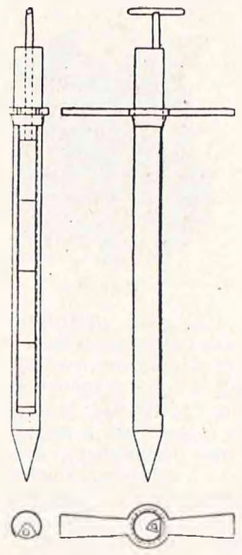
Фиг. 7.

отношении к содержимому соответствующего места. Взятие П. производится помощью специального п р о б н и к а, или п р о б н о г о с о в к а (фиг. 8). Забранные П. жиров должны быть хорошо смешаны между собою в чистом сосуде: в случае жидких жиров при комнатной температуре, а в случае твердых при некотором нагреве, но не выше 60°, с тщательным размешиванием до остывания. Если при взятии П. показывается примешанная вода, то из таких мест она должна быть надлежащим образом удалена и причтена к таре, после чего уже берутся П. из указанных мест и смешиваются с П. из остальных мест.

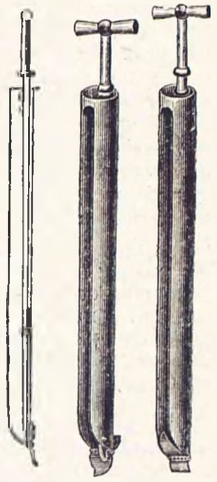


Фиг. 8.

П о р о ш к о о б р а з н ы е х и м и ч е с к и е п р о д у к т ы. Взятие П. от порошкообразных химич. продуктов производится обычным пробником или пробником Калийного синдиката (фиг. 9) или совком Гаваловского—Бекмана (фиг. 10), причем последний снабжен на конце крышкой, обеспечивающей извлечение внутренних слоев опробуемого вещества. Приспособления эти втыкают в материал и поворачивают их вокруг оси; т. о. можно быть уверенным, что П. составляется не из одних только поверхностных слоев. При поставке в мешках П. берется непосредственно через ткань, а при поставке в бочках или ящиках предварительно пробуравливается в таре соответствующее отверстие, а некоторые ящики или бочки раскупориваются, и П. вынимается из разных мест. Опробованию подвергается каждое третье, пятое или десятое место, в зависимости от величины партии. Взятые П. ссыпаются в соответствующую посуду, а при веществах, легко изменяющихся,—в банку, к-рая д. б. все время хорошо закупорена. Вся отобранная П. высыпается затем на большой лист бумаги и тщательно, но возможно быстро, перемешивается, причем комья должны быть раздавлены шпателем. Из полученной смеси выделяется, тоже с возможной быстротой, меньшая средняя П., поступающая в лабораторию. Если по-



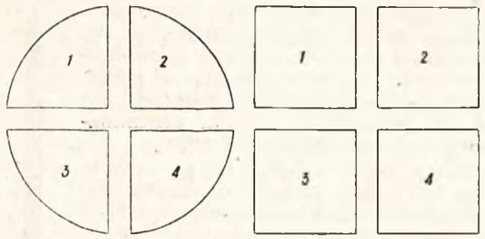
Фиг. 9.



Фиг. 10.

рошкообразный продукт без укупорки (в железнодорожных вагонах, на платформах, в барках), то П. берут либо совком либо как в случае сырых материалов.

Сырые материалы в зернистом виде (рудная мелочь, поваренная соль, соли калия, различные минеральные и органич. материалы). Из каждой тачки, вагончика и т. п. отбирают совком (пробным или

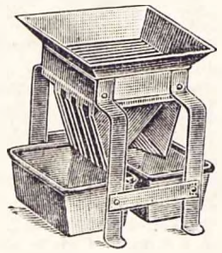


Фиг. 11.

обыкновенным) около $^1/_2$ *кг*; из железнодорожных вагонов берут по совку с различных мест, по возможности далеких друг от друга. Все отобранные П. ссыпаются в одну бочку, к-рую держат закрытой. По взятии всех П. содержимое бочки высыпается на плоскую чистую твердую поверхность, разгребается невысоким слоем, который затем сгребается равномерно с краев к середине в кучу; из последней средняя П. (не более 2 *кг*) берется квартованием. Для этого кучка разравнивается невысоким слоем в виде круга или квадрата (фиг. 11) и из него берутся две взаимно перпендикулярные полосы, а также небольшие количества из середины каждого квадранта. Тщательно размешанную среднюю П. измельчают и перекладывают в банки. Сокращение П. от зернистого или порошкообразного материала довольно легко может быть механизировано гл. обр. на основании

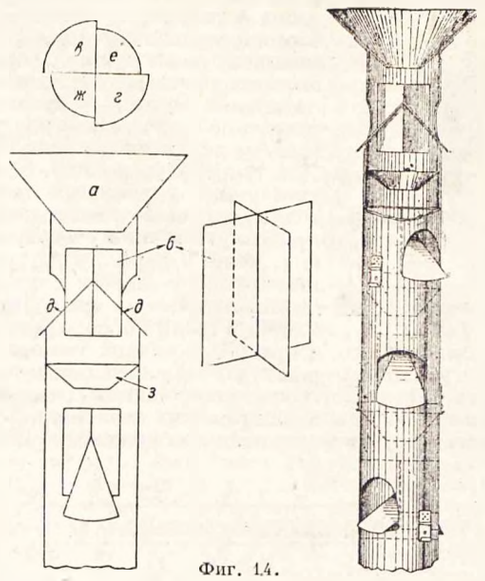


Фиг 12.

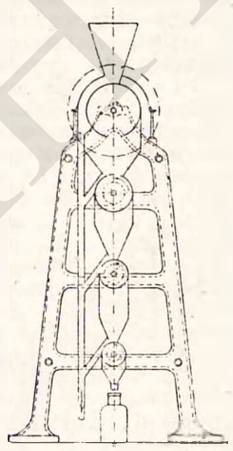


Фиг. 13.

принципа раздвоения. На этом принципе построены приборы, вполне симметричные в отношении обеих половин разделяемого множества, и потому опасность преимущественного отбора каких-либо составных частей множества сравнительно с другими в подобных приборах м. б. вполне исключена. Делительный совок, применяемый в США, представляет простейшее из приспособлений такого рода. Он состоит (фиг. 12) из нескольких жолобообразных зубьев, расположенных, как в граблях, причем просветы между этими зубьями равны ширине самих зубьев. Это приспособление кладется горизонтально на землю или на стол и засыпается опробуемым материалом; при вынимании совка в нем остается только половина материала. Прибор Джонса (фиг. 13) устроен по тому же принципу, причем две системы плоских вместилищ, входящих одна в другую, могут раздвигаться и тогда содержимое их высыпается в два разных ящика. Ряд приборов построен на принципе делительного жолоба: два наклоненных друг к другу под углом в 60° жолоба заканчиваются заостренной металлич. плоскостью, поставленной вертикально; последняя раздваивает поток материала, поступающий сверху. При последовательном применении того же устройства получается трубчатый прибор для сокращения П., распространенный в США (фиг. 14). Сокращаемый материал поступает в воронку *а*, делится крестовиной *б* из листового металла на четыре части, из к-рых две, в противолежащих углах *в* и *г*, выходят через отверстие *д* наружу, тогда как части из углов *е* и *же* падают на вторую воронку *з* и делятся далее таким же образом и так до тех пор, пока не попадут наконец в приемник для П. Существует ряд других приспособлений, механизирующих сокращение пробы,—Менса (Mehns), Биндера (Binder), Земтера (Samter), Бендера (Bender). В виде примера подобных приспособлений может быть приведен аппарат Гейслера (Г. П. 100067 и 100516). В этом аппарате (фиг. 15) имеется нек-рое число (напр. 4) последовательно уменьшающихся барабанов, вращающихся с разными, но находящимися в определенных отношениях между собою скоростями, так что материал, к-рый поступает сверху, частью ссыпается по жолобу в сторону, частью же идет в приемник для пробы.



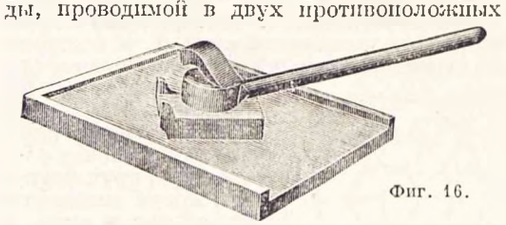
Фиг. 14.



Фиг. 15.

Крупнокусковой материал. П. крупнокускового материала, вроде различных руд, колчедана, марганца, каменного угля, берется в несколько последовательных приемов, число к-рых зависит от крупности и неравномерности его кусков. Первая ступень отбора удобнее всего проводится при перевешивании партии, т. к. из большой кучи материала взятие П. весьма затруднительно. Если куски поперечником не более примерно 7 *см* (не более яблока), то берется от каждого вагончика ок. 5 *кг*; при более крупных и в особенности при более неравномерных кусках сваливают в П. каждый десятый или каждый двадцатый вагончик целиком. Особенное внимание д. б. обращено на то, что нередко мелочь по составу отличается от крупных кусков, и потому в П. должно содержаться пропорциональное количество мелких и крупных частей. Весь отобранный материал измельчается вручную или механически на куски примерно в 2 *см* поперечником (с лесной орех), причем ни в коем случае не должны быть отбрасываемы отдельные крупные куски. По измельчении из материала отбирается квартованием П. второй ступени и весом не менее 10—12 *кг*, в случае же весьма неравномерного материала—значительно больше. Квартование ведется следующим образом: для отбора П. измельченный материал перемешивается и разравнивается невысоким слоем, из которого выделяют две полосы по взаимно перпендикулярным диаметрам и четыре порции из середины каждого квадрата. Если П. второй ступени оказалось необходимым взять большую, то она снова подвергается квартованию. Проба второй и третьей ступени разбивается вручную или механически на кусочки не крупнее 3 *мм*. Измельчение удобнее всего производить на плоской чугунной плите 20—25 *мм* толщиной и размерами 80—100 *см* в квадрате с возвышающимся краем 5—10 *см* высотою и с перерывом для выгребания порошка (фиг. 16); измельчение может производиться также и в большой железной ступе. Из измельченной П. отбирается вновь примененным квартованием П. третьей (или четвертой) ступени в 1—2 *кг*. Из этой последней выделяются П. четвертой (или пятой) ступени непосредственно в широкогорлых склянках в 100—200 *см*³ емкостью, поставленных рядом на листе бумаги: измельченный материал сыплется из горсти (непосредственно из руки лучше, чем совком) на лист, причем руку водят над горлами склянок. По наполнении склянки должны быть закупорены. Для анализа содержимое склянки высыпается на глянцевитую бумагу и быстро перемешивается. Около 100 *г* отвешивается для определения влажности, а остальное измельчается в фарфоровой или стальной ступке, пока вся П. не пройдет через сито 1 *мм*. Далее, после тщательного размешивания отбирается П. в несколько *г*, к-рая растирается в агатовой ступке.

Взятие П: из недр. Взятие пробы от месторождения из подземных выработок, когда к нему получен доступ, производится способом борозды: зубилом и молотком, от висячего бока к висячему, во всю ширину (захватывая и зальбанды, если они есть), выбирается борозда шириной от 1,5 до 15 *см*, а глубиной от 0,6 до 5 *см*. Борозда ведется или нормально к жиле, пласту или вообще рудной массе, подлежащей выемке при последующей эксплоатации, или вдоль выработки (при горизонтальной выработке по месторождению) через каждые 2—1—0,5 *м*, или по диагонали, идущей снизу вверх косо до потолка выработки, продолжающейся по потолку (тоже диагонально), спускающейся диагонально на другую стенку выработки до почвы, или вертикально по выработке в обеих стенках ее через каждые 2—0,5 *м*, или наконец—также как и в предыдущем случае, но с захватом и кровли выработки,—т. н. кольцевой способ. В почве выработки П. берется редко, т. к. она в этом случае получается загрязненной и кроме того будет содержать руду из разных других мест рудника, попавшую на почву при откатке руды; поэтому если будет признано необходимым взять П. и из почвы, то последнюю тщательно очищают от навала. В вертикальных выработках—шурфах, шахтах—П. берется при помощи борозды, проводимой в двух противоположных



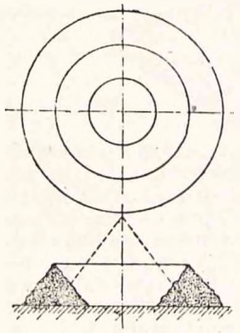
Фиг. 16.

стенках во всю мощность полезного ископаемого или во всех четырех стенках (как это делается при опробовании россыпей драгоценных металлов); то и другое—способ вертикальной борозды; применяется также кольцевой горизонтальный или спиральный способ, причем д. б. захвачена вся толща полезного ископаемого. Чтобы обеспечить П. от попадания постороннего материала, отборка производится на брезент. Если материала немного, то он весь идет как проба, если же много, то после отборки содержимое брезента перемешивается встряхиванием брезента за углы и затем П. подвергается тут же сокращению квартованием: содержимое брезента разравнивается лопатой в виде круга или квадрата, делится накрест на четыре приблизительно равные части и берутся две противоположные четверти. Для лабораторной пробы металлич. руд каждые 0,5—1,0 *м* опробования при неравномерном содержании ископаемого берут П. в 3 *кг*, при равномерном—в 1 *кг*. Опробование штабелей или отвалов (обычно круглой или удлиненно овальной формы) полезного ископаемого на поверхности производится способом борозд, проводимых по откосу отвала через 10—20 *м* в радиальном направлении. При большой площади отвалов проводится накрест две канавы во всю длину отвала или в средней ее части пробивается ряд гезенков во всю толщину отвалов. Для исключения окисленных или выветрелых частей поверхностный слой освежается и для П. проводится борозда в неизменившейся части отвала или штабеля. Отобранная П. подвергается сокращению квартованием. Количество П. должна быть тем большей, чем крупнее руда, чем менее однороден состав испытуемого вещества, чем выше содержание в руде металла при неравномерном его распределении; связь между этими величинами выражается формулой Брунтона:

$$Q = kd^2,$$

где Q—количество П. в *кг*, d—поперечник

зерна в *мм*, а k—коэфициент, зависящий от содержания в руде полезного ископаемого (для богатых руд k равно 22, для бедных 0,25). Получение лабораторной пробы идет по схеме: отбойка в забое—перемешивание—сокращение квартованием — измельчение — второе перемешивание—второе сокращение квартованием и т. д. до желаемой величины поперечника зерна d. Коэфициент k, будучи выбран, должен оставаться тем же самым до конечного измельчения П. Перемешивание производится или встряхиванием в забое брезента или перелопачиванием отбитой породы. Способ перелопачивания состоит в том, что руда из нескольких мест кучи (на брезенте или струганых досках) перебрасывается лопатами на другой брезент с таким расчетом, чтобы в одно место новой кучи попадали одновременно лопаты из разных мест первой кучи. Т. о. постепенно перекидывается вся руда. Необходимо следить за тем, чтобы образующаяся куча оставалась все время плоской; в противном случае более крупные куски могут скатываться по бокам кучи, и т. о. произойдет отделение крупных кусков от мелких. Перелопачивание повторяется не менее трех раз, а в случае большой неоднородности руды — и большее число раз. По окончании перемешивания куча разравнивается в плоский невысокий диск. Другой способ размешивания—способ кольца и конуса (фиг. 17)—состоит в насыпании на брезенте или струганых досках опробуемого материала в виде кольца с треугольным сечением. Затем несколько рабочих перекидывают лопатами руду из кольца в середину его, стараясь при этом накидывать кучу конусообразную; для этого лопаты материала нужно бросать все время в самый центр кучи и следить, чтобы руда ссыпалась равномерно по всем образующим конуса. Перекидку кольца в конус необходимо начинать с внутреннего края кольца. После того как кольцо все пересыпано в конус, последний разворачивают вращением постепенно врезаемой в его вершину доски или, при малом количестве материала, вращением лопаты, пока материал не примет форму плоского диска. После этого диск снова пересыпают в кольцо и повторяют описанный выше прием перекидки в конус. Такую пересыпку повторяют 3—4 раза и больше в зависимости от степени неоднородности материала. Надежность этого способа обеспечена для материалов в количестве не более 1—2 *т*, причем самые крупные куски не должны быть более 40—50 *мм* в поперечнике. Из перемешанной тем или другим способом и разровненной в виде диска руды вынимаются лопатой участки для определения влажности материала. Брать материал необходимо целой колонкой сверху до низа диска. П. материала на влагу должна быть весом 40—100 *кг* в зависимости от степени неоднородности. Затем диск снова разравнивается и подвергается сокращению квартованием. Для этого диск делится на четыре равные части взаимно перпендикулярными бороздами. При прорывании этих борозд необходимо, чтобы рабочий бросал одну лопату направо от себя, а другую—налево. Затем первая и четвертая четверти (фиг. 11) откидываются в сторону, а вторая и третья смешиваются вместе, снова разравниваются в диск и вновь подвергаются сокращению до получения П. нужного веса. Такая П. характеризует определенное место месторождения, например данный шурф. Для охарактеризования всего участка составляют т. н. генеральную П. Механич. и химич. состав ее должен представлять собою среднее от соответствующих характеристик всех шурфов, вошедших в генеральную П. Для этого П. от каждого шурфа должны входить в генеральную П. весовой долей, пропорциональной продуктивности этого шурфа (продуктивность—весовое содержание руды, приходящееся на 1 $м^2$ залежи). Практически при составлении генеральной П. берется навеска, составляющая определенный процент (10—20%) от продуктивности шурфа. П. из отдельных шурфов, отобранные в соответственных количествах, складываются в одно место и после прибавки П. из последнего шурфа тщательно перемешиваются и квартуются. В случае если в руде содержатся желваки или куски плиты крупнее 10 *см*, порода после взвешивания и замера объема целиком пропускается через плетеное решето со стороною квадратного отверстия 100 *мм*. Прошедшая через решето порода перемешивается и квартуется обычным порядком, причем от нее отбирается П. на влагу в размере 30 *кг*. Дальнейшая обработка П., просеянной через решето, ведется, как указано выше. Класс же более 100 *мм* взвешивается, от него отбирается П. на влагу в количестве ок. 100 *кг*. Суммарный вывод о влажности руды и т. д. получается путем расчета на основании процентного содержания в руде класса более 100 *мм*. При большой неравномерности полезного ископаемого и в особенности при твердых рудах П. берется чаще и меньше по весу (2 *кг* или более с 1 $м^2$); для этого ведется борозда шириной 20 *см* и глубиной 10 *см*. При очень неравномерном распределении ископаемого производится сплошная задирка по забою; полученная валовая П. должна подвергаться многократному сокращению. Для удешевления процесса опробования берется после перемешивания пятая, десятая, двадцатая и т. д. лопата в зависимости от степени неравномерности распределения полезного ископаемого; затем уже эта П. подвергается дроблению, перемешиванию и сокращению. В случае мягких руд применяется тот же способ сплошной задирки по забою. При опробовании руд благородных металлов содержание металла приблизительно оценивается следующим образом: часть П., оставшаяся после квартования, измельчается в порошок и затем растирается со ртутью в ковше при постоянном притоке воды; растворяя металл, ртуть густеет, мутнеет и располагается по промывальному устройству. Эту амальгаму освобождают от пустой породы прожиманием через замшу или очень плотную ткань, освобождают от избытка ртути и затем отжигают на огне в железном совке для получения чистого металла.



Фиг. 17.

Подготовка П. горной породы для анализа. Свежие куски породы весом 20—50 *г* (в соответствии с мелко- или крупнозернистым сложением ее) завертывают в крепкую белую бумагу и размельчают на стальной плитке сильными ударами хорошо закаленного молотка. Остатки бумаги отбираются, а мелкие части отсеиваются помощью разделительной проволочной сетки. Дальнейшее измельчение более крупных кусочков ведется в стальной или же алмазной ступке, причем по пестику слегка колотят деревянной колодкой (чтобы предупредить попадание частиц железа); из полученного грубоватого порошка берут около 10 *г* мелкими порциями и растирают их по 0,5—0,1 *г* в агатовой ступке. Тонкость растирания считается достаточной, когда порошок сможет полностью втираться в поры кожи. Просеивание через сито не рекомендуется, так как органич. волокна, попадая в анализируемую породу, могут изменить ее. Для определений полученный порошок может применяться в воздушно-сухом состоянии. Целесообразно двухчасовое пребывание его над сухим безводным песком; высушивание же над хлористым калием, серной к-той или при 100° может быть опасным, особенно для горных пород, содержащих цеолиты. При хранении полученной т. о. порошковой П. происходит расслоение по удельному весу; поэтому перед каждым взятием навески для анализа П. (лучше всего ее сохранять в стеклянном стаканчике с притертой крышкой) необходимо хорошо встряхивать.

Взятие П. топливного торфа. От правильности взятия средней П. топливного торфа зависит правильность решения самых основных вопросов хозяйства больших электроцентралей: все тепловые расчеты, кпд котельных установок, расчеты стоимости единицы электроэнергии и стоимости весовой единицы торфа. Основной фактор, обусловливающий в значительной степени теплотворную способность торфа,—это его влажность, к-рая изменяется у рабочего топлива в пределах от 20 до 50% (даже между отдельными поездными составами колебания влажности достигают 10—15% и более); между тем колебание влажности уже в 1% ведет к значительному изменению хозяйственных расчетов; так. в хозяйстве Шатурской ГЭС при ее расходе торфа в 36 000 *т* (май 1930 г.) указанное колебание выражается денежной суммой в 4 000 руб. и ведет к значительным колебаниям кпд. Прежний способ отбора средней пробы, разработанный теплотехнич. съездами и применявшийся до последнего времени, состоял в ручном отборе крупных торфин, к-рые затем подвергались анализу. Между тем проверочные опыты Шатурской ГЭС показали, что наряду с более крупными торфинами в торфе содержится 9,19% мелочи (крошки), проходящей через сито с отверстиями по стороне квадрата 25 *мм*, причем эта мелочь гораздо более чувствительна к состоянию атмосферной влажности, чем крупные торфины. На фиг. 18 показан для примера ежесуточный ход влажности мелочи и крупных торфин, причем начало и конец ломаной линии соответствуют влажной погоде, а внутренняя часть ломаной—сухой погоде. Средняя влажность торфяной крошки оказалась за указанный срок времени 20,11%, тогда как влажность крупных торфин из тех же вагонов, что и крошка, 30,99%. При указанном содержании в торфе крошки это расхождение влажности крупного и мелкого торфа соответствует расхождению влажности средней П. торфа с крошкой и без нее в 1%. Т. о. принятый способ взятия средних П. ведет к ошибке порядка 1—2%. В виду этого Шатурскою ГЭС предложен другой способ (Г. П. Варыпаев), а именно: отбор П. при разгрузке вагонов на бункерах лотком размером 68×27 *см* с бортами высотой в 8 *см* по всей длине лотка; лоток устанавливается на металлическ. скреплениях между основаниями ж.-д. пути под бункером так, что торф, высыпающийся при разгрузке из вагонеток,



Фиг. 18.

попадает на лоток в количестве 8—10 торфин с мелочью. Правильность этого способа взятия П. проверялась в течение 2 мес. ежесуточным определением содержания мелочи в П., взятой таким образом (получилось в среднем 9,59%), и непосредственным определением всей мелочи в 150 вагонах, в сутки в среднем по 5 вагонов (всего 205 *т*), путем просеивания всего торфа (в среднем получилось содержание мелочи 9,19%). Совпадение обоих определений оказалось достаточно хорошим и предложенный способ взятия П. лотком м. б. принят впредь до выработки более совершенных механич. приемов.

Взятие П. почвы. Анализ почвы может преследовать двоякую цель: либо агрономич. оценку полей либо изучение почвы как естественноисторического тела. В первом случае берется средняя П. почвы со всего участка, преимущественно из пахотного слоя, тогда как во втором случае изучаются индивидуальные образцы из почвенного разреза. Образцы плотно заворачиваются в простую серую или желтую оберточную проклеенную бумагу, а в случае влажности—в пергаментную; раскисленные или оглеенные грунты укладываются в стеклянные банки с притертыми пробками. Для отправки образцы должны быть совершенно просушены и плотно уложены в ящик. Наряду с отдельными слоями вырезаются почвенные монолиты, из к-рых в лаборатории в известных случаях тоже берется П. Опробование глубоких слоев почвы с целью микробиологич. исследования делается помощью специального аппарата—бурава Френкеля. Для подготовки к анализу образец просушивают на воздухе до уничтожения прилипаемости к рукам и затем на листе бумаги разрушают руками все комья. При этом производят наблюдения над степенью однородности образца и содержанием в нем новообразований или посторонних включений. Те и другие либо тщательно отделяются с определением их относительного количества либо поступают в анализ вместе со всем образцом, но при

соответственной оговорке. После тщательного перемешивания из образца выделяется средняя П. в 500—1 000 *г*, к-рая доводится до воздушно-сухого состояния в чистой атмосфере, растирается в фарфоровой ступке пестиком из пальмового дерева или пестиком с каучуковым наконечником и просеивается через сито с отверстиями в 1 *мм*. По отделении скелета (частиц больше 1 *мм*) м е л к о з е м (частицы меньше 1 *мм*) помещается в банку с притертой пробкой и испытывается на гигроскопич. влажность. Скелет подвергается механич. анализу. Из банки с мелкоземом берутся навески для различных испытаний. Взятие навески непосредственно из почвы, особенно когда почва содержит крупные частицы или даже заметные количества частиц размерами 1,0—0,25 *мм*, представляет затруднения и может повести к существенным ошибкам. Л. Дж. Бриггс, Ф. О. Мартин и Дж. Р. Нирс (США) исследовали механич. состав навески в зависимости от способа взятия навески и показали значительную разницу в результатах. При первом способе почва, просеянная через сито с ячеями 2×2 *мм*, тщательно перемешивалась на бумаге большим шпателем, затем разделялась на четыре части, одна из этих частей снова тщательно перемешивалась, из нее бралась навеска в 10—20 *г*, отсюда выделялось из разных мест 5 *г* для механич. анализа. При втором способе навеска бралась помощью прибора Э. Брауна для взятия средних образцов семян; этот прибор многократно делит навеску на две части, пока не доводит ее до достаточно малой величины. Результаты упомянутых исследований представлены в табл. 1. Как видно из

Взятие пробы промежуточных и готовых продуктов железного производства. Взятие П. чугуна, железа и стали представляет особую важность и вместе с тем значительные трудности. Затруднения обусловлены как твердостью опробуемого материала, так и свойственной ему неравномерностью химического состава из-за местного расслоения (зейгерования). Поверхность опробуемого металла должна быть тщательно очищена от остатков упаковки, землистых частиц, краски, лака, ржавчины; при этом пользуются щеткой, напильниками, наждаком и растворителями (спирт, эфир, бензин). Перед взятием пробы закаленную сталь отпускают нагреванием в течение около $^1/_4$ часа до температуры, несколько превышающей перлитовую точку, примерно до 750—800° (у чистой углеродистой стали перлитовая точка лежит при 700°, а при содержании марганца, никеля и некоторых других элементов—значительно ниже), и последующим медленным охлаждением несколько ниже указанной точки, причем после 600° охлаждение может производиться быстро. Отжиг может проводиться на голом древесноугольном огне, а если проводится в печи, то во избежание образования окалины и поверхностного обезуглерожения следует озаботиться о замене кислородной атмосферы окись-углеродною, напр. помещая кусочки древесного угля впереди и позади П. Цементации окисью углерода при указанной атмосфере не происходит; однако белый чугун отжигать не следует. Для отделения П. инструмент должен хорошо промываться хлороформом и спиртом, а для смазки его применяется чистое костяное масло, к-рое затем

Табл. 1.—Результаты исследований по отбору пробы почвы.

№ образца почвы	Масса навески в *г*	Способ взятия навески	% содержания в почве частиц (в *мм*)						
			2—1	1—0.5	0,5—0 2	0,25—0,1	1—0 05	0,05—0,005	0.005—0,0
1	5.0	1	7,2	23,3	8,4	10,9	5.9	25,7	18,2
1	5,0	1	6,2	22,6	8,9	11,1	6,6	26,8	17,9
1	10,5	2	12.8	26.2	7.5	8,3	5,2	23,3	16.8
1	9,8	2	12,0	25.4	7,7	8,8	5,0	24,3	16.8
2	5,0	1	8,1	19,4	6,6	7,1	3,9	20.4	34.0
2	5.0	1	8.2	17,4	7.1	8,3	4,7	24,0	34,1
2	7,6	2	12,3	18,0	5.5	5.9	3.4	22 0	32,8
2	6,3	2	11,3	18,6	5,9	5,6	4,2	22.2	32,2
3	5,0	1	0,4	3,8	10,5	36,4	15,2	22.3	11,4
3	5,0	1	0,5	4.0	11,3	34.0	19,1	21,9	8,4
3	5,0	1	0,5	4.2	11.7	34,3	18,1	22.1	8,6
3	5,0	1	0.4	4,2	10,7	34.9	18,4	22,4	8,4
3	5.0	1	0,3	3.9	11,0	35,3	18,3	21,9	8.4
3	5.6	2	0,6	5,5	11,8	34,8	18,9	19,9	8.6
3	6.3	2	0.5	4,8	12,1	34,6	19.8	19,7	8,6
3	7,4	2	0.6	4 2	12,3	33.2	20,9	20,3	8,5
3	6,7	2	0.6	4,6	12.3	34,5	20.8	19,2	8,2

таблицы, навески почв, содержащих значительное число частиц диам. 2,0—0,5 *мм*, содержат меньше крупных частиц, чем навески, взятые прибором, и кроме того параллельные анализы при механич. взятии навесок обнаруживают лучшую сходимость. Но зато механич. способ дает навески неодинаковые. Приведенные данные поучительны в том отношении, что показывают большую трудность взять ручным способом из неравномерно зернистого вещества с частицами более 0,5 *мм* небольшую навеску, представляющую действительно среднюю П. данного образца.

м. б. легко удалено с П. указанными растворителями. Чтобы обеспечить П. от попадания в нее частиц применяемого инструмента, необходимо взвешивать инструмент до и после взятия П.; в случае значительной потери веса в сравнении с весом П. последняя не должна быть пускаема в анализ. В тех случаях, когда опробуемый материал и после отжига не поддается обработке инструментом из обыкновенной стали, прибегают к инструменту из хромово-вольфрамовой и других специальных сталей. Нек-рые материалы, вроде зеркального чугуна специальных сортов стали, не поддаются и такой обработке;

тогда тяжелым молотком на стальной наковальне отбивают куски от разных мест и измельчают в стальной ступке, у к-рой внутренняя сторона, а также нижний конец пестика закалены, а наружная сторона отпущена. Место, с которого берется П., должно контролироваться предварительным металлографич. исследованием, равно как и способ отделения П. (строгание, сверление, собирание стружек и опилок в мастерских), причем контроль должен принадлежать лицу, ответственному за правильность анализов. П. для металлографич. испытания должны отбираться со всего поперечного и продольного сечения, а для среднего анализа—строганием со всей поверхности сечения, но не сверлением или обтачиванием; к этим последним приемам прибегают, когда вследствие установленной неоднородности материала желательно установить состав в отдельных местах сечения. Полученные стружки собирают на глянцевитой бумаге, перемешивают и, в случае необходимости точного анализа, измельчают и просеивают через сито с 50 отверстиями на *см*². При опробовании закаленного и отожженного литья необходимо, на основании металлографич. исследования, отбирать пробы с отдельных слоев. От литья из серого чугуна собирают стружки, получающиеся при обтачивании для составления средней П., а при исследовании болванок серого чугуна П. отбираются сухим сверлением на горизонтальной машине или токарном станке, чтобы т. о. предупредить попадание в П. песка с краев болванок; стружки непосредственно от поверхности слоев в П. не включаются. Если для анализа доставляются готовые стружки, то необходимо убедиться в их чистоте (нагревание в сухой пробирке, взбалтывание с эфиром); однако аналитик в подобных случаях может отвечать только за точность анализа, но не за правильное охарактеризование опробуемого материала: необходимо иметь в виду, что неоднородность от зейгерования продуктов железного производства часто во много раз превышает допускаемые ошибки аналитич. определений.

Взятие П. благородных металлов. В пробирном искусстве наиболее типичными способами взятия П. от испытуемого вещества считаются следующие: 1) П. от слитков берется либо сверлением, если в лаборатории имеется сверлильный станок (обычно электрический), либо вырубанием. В первом случае от каждого слитка сверху и снизу, с диагонально противоположных концов, несколько отступя от краев слитка, высверливается 1—5 *г* стружек; для слитков золота, серебра и платины достаточно 1—2 *г*. Поверхностную стружку из П. следует удалять, т. к. слитки иногда отбеливаются. Во втором случае зубилом при помощи молотка вырубают по кусочку металла от краев слитка, с верхней и нижней части; кусочки эти вручную расковываются на наковальне и потом прокатываются до желаемой толщины. Если слитки велики и неравномерно сплавлены, то кроме указанных кусков вырубают еще куски с боков; затем все куски сплавляют вместе в графитовом тигле под слоем угольного порошка, из сплава отливают пластинку, после прокатки которой берут навески для опробования. 2) Горшковая, или тигельная, П. берется непосредственно из тигля от расплавленного и хорошо вымешанного металла. Зачерпнутый специальной ложкой или графитовым тигельком металл или отливается в изложницу или дробится отливкою в воду. Золото для такой П. необходимо брать в начале, в середине и в конце отливки. Отлитые пластинки далее прокатываются, чистятся и идут для навесок. П. серебра зачерпывается железной ложкой, обмазанной мелом, и зерится выливанием в воду через веник; опробованию подвергается мелочь. 3) П. от кованины берется после того как серебро для чеканки монеты уже поверено горшковой П. и легировано в соответствии с нормой. Из расплавленного и хорошо вымешанного металла отливают полосы, т. н. к о в а н и н а, причем от каждой сплавки в 800 *кг* откладывают 3 пробные кованины (общее число ок. 220). После прокатки из лент вырезаются «черные кружки» для контрольного опробования. Как показал опыт, между горшковой П. и П. кованины всегда наблюдается нек-рая разница несмотря на хорошую вымешку металла. 4) П. от монеты берется из мешков с отбеленной и готовой к выпуску монеты, причем из каждого мешка (18—19 *кг*) берется 1—2 кружка. Разменная монета непосредственно разрезается м е т а л л о р е з о м, а высокопробная, или банковая, подвергается предварительно опиловке для удаления верхнего отбеленного слоя, и тогда только выбиваются маленьким ручным прессом небольшие кружочки для навесок. Необходимо иметь в виду, что все сплавы серебра с медью (за исключением сплава из 718,93 ч. серебра и 281,07 ч. меди) подвергаются *ликвации* (см.), нарушающей однородность состава монетного кружка. При большем, чем указанное, относительном содержании серебра П. по краям оказывается ниже, чем П. в середине; напротив, при относительном уменьшении количества серебра П. по краям выше, чем в середине. 5) П. от лома серебряных и золотых изделий или от старой серебряной монеты берется горшковая, после сплавления в графитовом тигле или в горшке и хорошего размешивания. 6) П. от шлихов берется путем размешивания и сокращения кучи шлиха примерно в 2 000 *кг*, получаемой откладыванием необходимых порций (ложек) сверху, с середины и снизу от каждых 50—100 *кг*. 7) П. от сора, содержащего благородные металлы, берется путем перемешивания, собирания в кучу и сокращения большой П., получаемой взятием порции (ложкой) от каждого веса или от каждых носилок сора, предварительно измельченного на шаровой мельнице и просеянного через сито, причем «корольки» и крупные куски металла при просеве удаляются. Если сор был уже предварительно измельчен и сложен большой кучей, то берут ложкой из возможно большего числа мест кучи сверху и по окружности, а из середины и снизу набирают особым щупом; далее материал подвергают перемешиванию и т. д.

Взятие П. дерева. При взятии образца древесины необходимо прежде всего учитывать и записывать ботанико-географич. данные, касающиеся взятого образца, а именно: а) Описание места произрастания,

причем д. б. указаны: 1) географич. широта и долгота, а также характер местности (прибрежная, долина реки и пр.). 2) Особенности местоположения (высота над уровнем моря, уклон местности, направление стран света и т. д.). 3) Климат (средне-годовая температура и среднее количество осадков). 4) Почва в отношении видов и структуры пород или их геологич. деления (песок—дюнный, горный, речной, дилювиальный,—мергель, равнинная почва), внешнего состояния почвы (обнаженная, прикрытая, виды перегноя и т. д.), составных частей, физич. свойств почвы (глубина лесной почвы, связность, проницаемость, цвет, свежесть, профиль, распространение корней). б) Добротность места произрастания, оцениваемая классами бонитета: хорошая—I и II, средняя—III, плохая—IV и V классы. в) Роды насаждений (свободно стоящее, изреженное, сомкнутое). При выборе пробных кряжей из сомкнутых или почти сомкнутых насаждений отбирают 200 сильнейших кряжей и в качестве представителей выбирают из этих двухсот средние. Если этот способ выбора не м. б. осуществлен, то берутся вполне развитые кряжи с нормальной формой ствола и кроны, соответствующей среднему уровню наилучших деревьев. Если и этот способ отбора П. оказывается невозможным, то взятый кряж необходимо сопроводить указанием, относится ли он к лучшим, средним или худшим данным насаждениям. г) Условия роста, определяемые: 1) посредством коэфициента формы, 2) соотношением кроны, 3) способом происхождения (искусственный посев, посадка, естественное обсеменение, поросль от пней), 4) развитием молодняка и 5) предшествовавшей хозяйственной обработкой. д) Возраст дерева, определяемый по числу годовых колец на комлевом срезе. е) Время валки (год, месяц и день). ж) Способ хранения (на воле или в закрытом помещении), а также способ сушки. з) Положение образца в кряже—по высоте, по месту в поперечном сечении и по странам света. Взятие пробного куска из отобранного кряжа тоже должно делаться согласно известным предписаниям: по добротности образцы должны представлять среднюю добротность пробного кряжа. Сучьев в них не должно быть; но если стоит вопрос об испытании дерева именно с сучьями, то необходимо подвергнуть таковому образцы как с сучьями, так и без них, причем те и другие данные д. б. представлены раздельно. При распиловке кряжа следует иметь в виду возможность хозяйственного использования остатков. Прочность на сжатие определяется у самого нижнего среза, а объемный вес—на образце с высоты 1,3 *м* над почвой. Дальнейшие образцы берутся на высотах 1,5, 11, 17 *м* и далее через 6 *м*, считая от нижнего среза, пока не дойдут до места, где диам. ствола менее 13 *см*. Пригодность дерева для балок и опор определенной длины устанавливается изгибанием образцов из частей ствола, соответствующих середине намечаемых изделий. Среднее качество ствола устанавливается: изгибанием П. между 7 и 10 *м* по высоте и другими испытаниями непосредственно выше и ниже указанного выреза. Согласно стандартным методам испытания небольших чистых образцов строевого дерева материал д.б. взят от деревьев, отобранных в лесу лицом, способным распознавать древесные породы. Для каждой породы из данной местности требуется отобрать по крайней мере 5 представителей пригодного к продаже размера и приблизительно среднего возраста. При этом от одного дерева берется целиком ствол, если он не выше 4,88 *м*, или, если он выше, то 4 обрубка до 1,22 *м*—у пня, на расстояниях $^1/_8$ и $^3/_8$ рыночной длины над пнем и у верхушки рыночной длины: от двух деревьев—по обрубку длиною 2,44 *м*, ближайшему над высотою 8 англ. фт. (2,44 *м*); наконец от двух деревьев—обрубок в 1,22 *м*, ближайший над высотою 3,66 *м*. При толщинах ствола, больших 914,4 *мм*, из него вырезается слой толщиною 152,4 *мм*, проходящий через сердцевину в меридианном направлении. Забранные образцы д. б. снабжены рядом заметок, образцом к-рых может служить табл. 2.

Табл. 2.—Заметки по месторождению дерева для описания погрузки.

План № 124	Погрузка № 323
Дерево № 10	Порода: Лоджепольская сосна
Место рубки — штат Монтана	Графство—Джефферсон
Округ — 6. 7 М.Р.М.	Дата рубки: 10 окт. 1914 6 600 гр. Положение на Ю.-В. Почва—глубокий, свежеразложившийся гранит
Дата пилки: 10 окт. 1914 г.	Возраст: 140 л.
Наклон—средний, абсолютная высота	Диаметр с корою (Д. В. Н. 11,1 д.)
Кустарник отсутствует	Как и когда доставлено из леса: на санях и в поезде с 13 по 15 октября 1914 г.
Вышина 73,9 фт.	
Рассада или побег — рассада	
Крона — длина 25 фт., шир. 12 фт.	
Ствол крепкий, гладкий, чист., дл. 20 фт.	

Для вырезки образцов из отобранных бревен последние д. б. надлежащим образом просушены и распилены. Число образцов для каждого рода испытания установлено соответствен. нормами.

Лит.: Общесоюзные стандарты на соответственные материалы, напр. олифа малярная, серная к-та техническая, мыло хозяйственное твердое, сода кальцинированная, суперфосфат, сода каустическая, шамотный кирпич и т. д.—Федотьев П. П., Технич. анализ минеральных веществ, 2 изд., вып. 1, П., 1922; Гедройц К. К., Химический анализ почвы, 2 издание, М.—Л., 1929; Красюк А. А., Почвы и их исследование в природе, 2 издание, М.—Л., 1929; Арсентьев А. В., Разведочное дело, 2 изд., Москва, 1931; Варвинськ О., Руководство по испытанию материалов, пер. с нем., вып. 5, М.—Л., 1931; книга 1, вып. 1 и 3; Бабошин А., Металлография и термич. обработка железа, стали и чугуна, т. 1—4, П., 1917—1918; Варыпаев Г. П., Об отборе средних проб торфа, «Электрические станции», М., 1930, *10*; Гаврилов Ф., Пробирное искусство, Л., 1925; Лидов А. И., Анализ газов, 2 изд., Л., 1928; Гиллебранд В. Ф., Химия силикатов, перевод с немецкого, 1 изд., Ленинград, 1929; Инструкции Геологоразведочного управления по опробованию различных месторождений (серия); Мостович В. Я., Пробирное искусство (методы сухого пути), 2 издание, М.—Л., 1932; Чечотт Г. О., Опробование и испытание полезных ископаемых, Москва; Bugbee E., A Textbook of Fire Assaying, New York, 1922; Becker R., Plaut H. u. Runge J., Anwendungen d. mathematischen Statistik auf Probleme d. Massenfabrikation, Berlin, 1927; Westman A. E., Statistical Method in Ceramic Research, «Journal of the American Ceramic Society», Columbus, 1927, *3*; Daeves K., Grosszahlforschung, Düsseldorf, 1924; Schimz K., Die Versuchanstalt in d. verarbeitenden Industrie, «Maschinenbau», B., 1927, *6*; Plaut H., Über eine neue Methode d. Grosszahlforschung u. ihre Anwendung auf d. Betriebskontrolle, «Ztschr. f. technische Physik», Lpz., 1925, Jg 6., p. 225; Plaut H., Wirtschaftliche Betriebsforschung u. Kontrolle auf Grund d. statistischen Methoden, «Maschinenbau, AWF - u. ADB - Mitteilungen», 1926, *4*; Schulz H., Über die Organisation d. Materialprüfung bei Verbrauchern, «Maschinenbau», Berlin, 1927, *6*; Janda, «Österreichische Zeitschrift f. Berg.- und Hüttenwesen», W., 1904, B. 52, p. 547; Samter, «Ch.-Ztg», 1908, B. 32, p. 1209, 1224, 1250; Stock, Handbuch d. Arbeitsmethoden in d. anorganischen Chemie, hrsg. v. H. Stähler, B. 1, B., 1913; Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, B. 1, 7 Aufl., B., 1921; Bauer O. u. Deiss E., Probenahme u. Analyse von Eisen u. Stahl, 2 Auflage, 1922; Die Anleitung zur Standards- u. Bestandsbeschreibung beim forstlichen Versuchswesen, hrsg. v. T. Neumann, Neudam, 1907; Hintz, «Ztschr. f. offentliche Chemie», Plauen, 1903, *21*; Juon, «Ztschr. f. angewandte Chemie», Lpz., 1904, B. 17, p. 1544, 1571; Griffin, «Journal of the Society of Chemical Industry», L., 1905, v. 24, p. 183; Janda, «Österreichische Ztschr. f. Berg- u. Hüttenwesen», W., 1904, B. 52, p. 547, 561, 577; Bemend, «Journal of the Americ. Chem. Society», Wsh., 1906, v. 28, p. 632; Bunte, «Ztschr. f. angew. Chemie», Lpz., 1911, B. 24, p. 1823; «St. u. E.», 1912, B. 32, p. 53; Unterkommission f. das Studien d. Gepflogenheiten bei der Probenahme, «Ztschr. f. angew. Chemie», Lpz., 1913, B. 26, p. 513; Förster, «Metall u. Erz», Halle a/S., 1910, B. 11, p. 441, 510; Samter, «Ch.-Ztg», 1908, B. 32, p. 1225 (Обзор механического опробования); Bender, «Ztschr. f. angew. Chemie», Lpz., 1911, B. 24, p. 1164; Binder, «Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Preussischen Staate», B., 1907, p. 55; Samter, «Ch.-Ztg», 1908, B. 23, p. 1250, 1275; Gawalowski, «Öst. Zeitschrift f. Zuckerindustrie», 1880, Heft 5; Metsger, Zeitschrift für Annalen der Chemie», 1909, *39*, p. 791; Kandler, Г. П. 158355 (Пробник).

П. Флоренский.

П. масла коровьего, контроль его качества, установление соответствия его химич. состава требованиям ОСТ 661 и борьбы с его фальсификациями. Масло, поступающее для потребления, должно иметь следующий состав: жира 98% (топленое масло) и 82% (соленое), влаги не более 15,5%, соли 2%, к-т в жире 3—8%. Оценка физич. свойств масла производится органолептически по 100-бальной системе. Рыночные сорта масла определяют в зависимости от товарных качеств масла: высший сорт 100—94 баллов, 1-й с. 93—88, 2-й с. 87—80 и 3-й с. 79—75 баллов. На заготовительных рынках поступающая от сдатчика партия масла оценивается по среднему баллу партии. При выпуске масла с з-да добавляется на потерю в весе 1% от веса нетто. Вскрывают не менее одного места от партии. П. берут чистым, сухим щупом, погружая его в масло примерно на 8 *см*, измеряют *t°* масла, исследуют его органолептически на вкус, запах, консистенцию. Химич. анализ масла производят в лаборатории (см. ОСТ 661).

П. масел растительных. Протоколирование выемки П. обязательно; отбираются средние П., т. е. П. должна содержать в себе вещество из всех слоев сосуда (резервуара). Все аппараты для выемки д. б. чистые и сухие. Смесь П., полученная после перемешивания П., взятых из отдельных резервуаров, называют конечной П. Целесообразно выработать единообразные и нелабораторные (ориентировочные) способы исследования П. для скорой оценки качества испытуемой П. продукта (определение вкуса и запаха масла). При лабораторном исследовании выявляют качества всей партии сдаваемого продукта. В ОСТ приводятся детальные сведения об отборе П. и методах испытаний различных масел: а) анисовое масло (ОСТ 572); б) пищевые масла: бобовое (ОСТ 338), горчичное (ОСТ 224), конопляное (ОСТ 85), льняное (ОСТ 83), подсолнечное (ОСТ 81); отбор П. их производят согласно ОСТ 87; в) касторовое масло (ОСТ 220 и 223); г) кокосовое масло (ОСТ 172 и 174); д) мятное масло (ОСТ 501); е) хлопковое пищевое рафинированное масло (ОСТ 165,1).

За дефекты в П. масла установлен ряд скидок (в баллах) с высшего балла.

Виды недостатков	Скидка до
Прогорклый вкус	17
Рыбный »	18
Штафф »	16
Гнилостный запах	18
Сырный »	16
Привкус лука	15
» полыни	12
» затхлый или от тары	13
» металлический	15
Кислый излишне	13
Цвета: белый, перекрашенный мраморный, двухцветный	2
Пересоленное масло (или недосоленное)	3
Пороки консистенций	
Крошливое масло	4
Водянистое »	4
Грязное »	3—10
Небрежная обертка масла и т. д.	2

На иностранных рынках, в целях гарантии высокого качества масла, нормированы % воды и соли в масле. Пределы для воды не более 16% и для соли 2,5%. Применение иных консервирующих веществ не допускается. Не допускается из СССР к экспорту масло с оценкой ниже 80 баллов, а также имеющее очевидно заметные недостатки и отступления от стандарта (ОСТ 661). Кроме того имеются еще дополнительные ограничения: не более 2% и не менее 1% соли для летнего масла и не менее 0,8% для зимнего масла из пастеризованных сливок. Недопущения продвижения на экспорт из СССР масла, неудовлетворяющего требованиям, производится инспекцией Наркомснаба. Экспортное масло поверяется и сортируется согласно инструкциям Ленинградским бракеражным пунктом. В табл. 3 даны средние величины физико-химич. констант разных масел для сравнения при анализе П.

Табл. 3.—Физико-химические константы различных жиров и масел.

Наименование жира	Рефракция при +40°	Иодное число	Число Кеттсторфа	Число Рейхерт-Мейсля
Масляный жир	43	35	225	25
Сало свиное	49	50	195	1,1
Маргарин	49	60	195	2
Подсолнечное масло	62	120	190	0,6
Льняное »	72	188	188	1,0
Хлопковое »	59	110	193	0,7
Горчичное »	58	95	175	0,4

Пользуясь приведенными средними величинами констант и имея данные испытания П. жира, возможно сделать вывод, фальсифицировано ли масло и в каких процентах.

Лит.: Крылов А. С., Маслоделие, М., 1931; Василевский А. Г., Пороки масла, М., 1929; ОСТ 81, 83, 85, 87, 165, 167, 172, 174, 220, 324, 338, 501, 572, 661; Кардашев К. П., Об единообразных методах анализа масел и жиров, «Нав. Научно-исследовательского ин-та пищевой промышленности», М., 1930.

А. Власов.

П. картофеля. При заводской переработке картофеля имеет существенное значение %-ное содержание в нем *крахмала* (см.) и его загрязненность. Чтобы стимулировать посадку и выращивание наиболее богатого крахмалом картофеля, в практику картофелезаготовок в Союзе НКСнабом введен метод доплат за повышение качества картофеля и скидка в случаях сдачи картофеля с малым содержанием крахмала (табл. 4).

Табл. 4.—Доплата (скидка) за %-ное содержание крахмала в картофеле.

%-ное содерж. крахм.	Надбавка за 1-%	Разница в надб.	%-ное содерж. крахм.	Надбавка за 1-%	Разница в надб.
16	0.0	—	21	51 8	12
17	9	9	22	64 0	12
18	18	9	23	76.2	12
19	27	9	24	88.4	12
20	39.6	12	и т. д.		

Определение %-ного содержания крахмала в картофеле (**крахмального числа**) основано на том, что уд. масса картофеля пропорциональна количеству содержащегося в картофеле сухого вещества или приблизительно—количеству содержащегося в картофеле крахмала. Ниже приведены два расчета вычисления крахмального числа.

1) Если вес данной П. картофеля в воздухе обозначить через A, в воде—через B, то $\frac{A}{A-B}$ равно уд. массе картофеля. По опытным данным соотношение уд. массы картофеля к крахмальному числу:

Уд. масса картофели	1.08	1,09	1.10	1,11	1,12	1,13
Крахмальное число	13,9	16,0	18,2	20,3	22,5	24,6

2) Для П. отмытого от грязи картофеля, весящей в воздухе 5 *кг*:

Вес П. при погружении в воду (*г*)	375	400	425	450	475
Крахмальное число	14,1	15,4	16,6	17,9	19,2

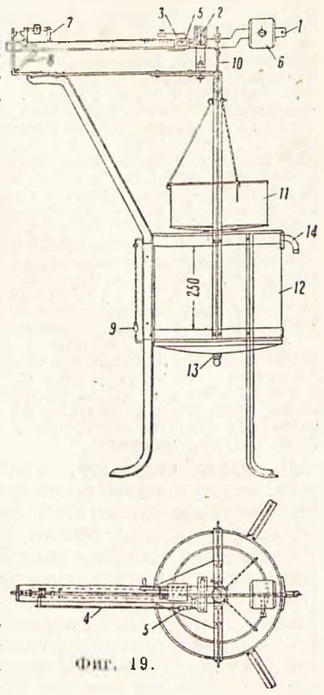
С практич. точностью Рюдигер определял крахмальное число, пользуясь ф-лой $\frac{A-90}{20}$, где A соответствует весу 5 *кг* навески картофеля в воде; напр. картофель при весе 5 000 *г* в воздухе имеет вес в воде 450 *г*, отсюда крахмальное число $\frac{450-90}{20}=18$. В СССР для вычисления крахмального числа применяют табл. 5 (Меркер, Беренд и Фот).

Табл. 5.—Определение крахмального числа.

Вес картоф. в воде*	Уд. масса картоф.	Крахм. число	Вес картоф. в воде*	Уд. масса картоф.	Крахм. число
355	1.076	13,16	400	1.087	15.43
360	1.078	13.42	420	1.092	16.44
370	1,08	13,91	440	1,096	17.46
380	1.082	14.40	460	1,101	18,49
390	1.085	14.918	500	1,111	20.59

* Навеска П. картофеля была взята в 5 000 *г* и затем завешена в воде.

При хранении % содержания крахмала в картофеле значительно снижается. Так, картофель, имевший в октябре крахмальное число 18, через 6 месяцев уже содержал лишь 13% крахмала. При крупных приемках картофель пропускают через грохот или барабаны для очистки от грязи. В каждой партии особо определяется вес картофеля и грязи; нередко загрязненность картофеля определяют по внешнему осмотру картофеля. Процент грязи колеблется в пределах 20% общего веса партии. Для правильного определения процента грязи пользуются или столовыми равноплечными весами или неравноплечными весами Парова (на весах Реймана такая операция не производится). Наилучшие результаты таких определений получают на весах Парова (СССР—Госметр). Пользуясь этими весами, получают % загрязненности картофеля и % крахмала, в нем содержащегося, непосредственно на соответственных шкалах весов. По своей конструкции весы Парова—безгирные.(фиг. 19): рычажные весы подъемной силы до 5,05 *кг* с 2 шкалами. Одна шкала нанесена на полотне коромысла—безмен *1* и имеет обозначения 10—20—30—40—50—60% от конца длинного плеча влево к опорной призме *2*. Пользуясь этой шкалой с передвижной на ней гирей *3*, ведут отсчеты % загрязненности картофеля. Вторая шкала—*4* прикреплена к коромыслу при помощи двух стоек, имеет обозначения, которые идут вправо от опорной призмы, 10—11—20—30%, и которые означают крахмальные числа:



Фиг. 19.

шкала *4* разделена штрихами на двести делений, которые обозначают десятые доли процента. Отсчеты производятся передвижением на ней малой передвижной гири *5*. Весы тарируются двумя регуляторами: один на коротком плече коромысла (закрепляемая болтом цилиндрич. гиря *6*) и второй на конце длинного плеча коромысла на особой стойке *7*. Весы имеют арретир *8* и отвес *9* для установки. К серьге грузоприемной призмы *10* подвешивается бачок *11* из полумиллиметрового железа, применяемый при взвешивании картофеля, когда определяется его загрязненность. В случае необходимости определить % крахмала в картофеле к этой серьге, после снятия бачка, подвешиваются на дугах одна над другой, две проволочные корзины, при этом обе корзины висят симметрично в треножнике над съемным железным резервуаром *12*, снабженным выпускным отверстием *13* с пробкою и сливом *14* в верхнем его крае. Нижняя корзина полностью помещается в резервуаре. Определение крахмального числа на весах Парова возможно с точностью до 0,1%.

Лит.: Глазенапп М., Крахмально-паточное производство, «Полная энциклоп. сел. хозяйства», т. 4, СПБ, 1901; Бобков П., Методы приемки и оценки картофеля по крахмалистости, М., 1928; Технич. руководство, Циркулярное распоряжение о поверке весов Парова, Реймана, Л., 1929; Технич. руководство, Циркулярное распор. о поверке весов Парова, Реймана и спецификация весов Парова, М., 1929; Принимайте картофель по крахмалистости, М., 1928; Parow E., Handbuch d. Stärkefabrikation, 2 Aufl., B., 1928.

А. Власов.

ПРОБА УГЛЯ, см. *Топливо*.

ПРОБИРНОЕ ИСКУССТВО, определение качества и количества металлов, преимущественно золота, серебра и платины в рудах, различных заводских продуктах (штейн, плак, сор и др.) и в слитках быстрыми ме-

тодами, главным образом методами сухого пути. С этим определением связаны методы правильного отбора пробы, которые имеют задачей получение пробы, представляющей в небольшом объеме вещества те же соотношения составных частей, какие имеются в большом объеме вещества, подлежащего опробированию (см. *Проба*). В пробирном анализе различают несколько основных операций: тигельную пробу, шерберную пробу, кунелирование, квартование и наконец разваривание. Для осуществления их в пробирных лабораториях пользуются печами и пробирной посудой. Печи пробирных лабораторий делятся на две группы: муфельные печи и тигельные печи (или горны). Тигельные и муфельные печи по способу нагревания их бывают: газовые, нефтяные и коксовые (или работающие на битуминозном угле). Пробирная посуда включает следующие основные предметы: тигли шамотные, шербера, капели, шамотные ящики для обжига руды и другие уже более второстепенные изделия. Тигли и шербера лучшего качества изготовляются фирмами: Моргана в Англии (марка Battersea), Denver Fire Clay Co. в Колорадо (С. Америка), Gold und Silber Scheideanstalt (Германия); в СССР они изготовляются з-дами: изюмским, кыштымским, таналык-баймакским и утилизационным з-дом № 1 (в Москве). В табл. 1 приводятся анализы тиглей, употребляемых в пробирных лабораториях.

Специальный состав смеси, идущей для приготовления пробирных тиглей, держится обычно в секрете торговыми фирмами. Шербера изготовляются из той же глины, как и тигли, причем в нее вводятся специальные добавки (напр. патока или сахар). Номер их определяется стандартным размером их внешнего поперечника (в дм.). Наиболее ходовыми номерами являются: 1,5, 2, 2,5 и 3,5. Их вместимость соответственно равна: 15, 25, 37 и 100 $см^3$. Шербера для обжига представляют плоские тонкие блюдечки из огнеупорной глины. Обычные размеры их: 3, 4, 5 и 6″. Капели представляют неглубокие пористые чашечки весом 10—10 *г*. Наиболее ходовые весят 20—30 *г*. Капели изготовляются из костяной муки (золы), магнезита или портланд-цемента. Состав капелей из костяной муки и апатитов приведен в табл. 2.

Табл. 1.—Анализы пробирных тиглей.

Наименование тиглей	Состав в %					
	Кремнезем	Глинозем	Окись железа	Магнезия	Известь	Потеря при прокалив.
Бофей, Париж	64,6	34.4	1,0	—	—	—
Делейль, Париж	72.3	19.5	3,9	—	—	—
Гессенский песок, половина глины	70,9	24.8	3,8	—	—	—
Гросс-Эльмерод, половина песка	72.9	24.75	2,15	0,03		0,17
Гросс-Эльмерод	57,06	38.50	2,24	0.72	0.56	1,08
Нью-Джерсей, 1918 г.	78,40	17.82	1.12	0.50	0.64	1.04
Нью-Джерсей, 1924 г.	75,94	21,38	1,28	0,70	0.90	0. 6
Ута, 1925 г.	65,42	33,82		0.74		—
Колорадо, стар. мягк.	71,1	26,4		2.5		—
Колорадо, тверд. спец., 1919 г.	69.25	26 9	2.0	1.85		—
Колорадо, 1919 г.	68.80	28,80	1,36	0,61	0,56	0.0
Колорадо, 1926 г.	71,02	27,02		1.96		—
Баттерси Н. 1905 г.	72,14	25,90		1.96		—
Баттерси, 1905 г.	71,64	26.10		2.26		—
Баттерси, спец. мягк., 1915 г.	72,39	25,32	1,07	Сл.	0,38	K_2O 1,14
Корниваллийский Джулеф						

Почти вся мука должна пройти через сито № 40 и 50% ее через сито № 150. Костяная мука получается из костей путем вываривания их и обжига. Перед изготовлением капелей костяная мука обрабатывается раствором NH_4Cl (2%) или разбавленной HCl для удаления $CaCO_3$. Формование влажной (12% влаги) массы производится в ручном, ножном прессе или в простой форме. Состав капелей из магнезии и портланд-цемента приведен в табл. 3 и 4.

Табл. 3.—Состав магнезитовых капелей в %.

Состав	1	2	3	4	5	6
Потеря при прокаливании	0,77	0,4	0,75	14,40	—	< 5
Нерастворимое (кремнезем и каолин)	15,62	16,9	14,25	14,05	—	3—6
Глинозем	2,33	—	1,95	—	8.18	—
Окись железа	—	—	—	5.8	0.31	1
Магнезия	72.3	70.8	79,25	64.5	91,62	85
Известь	9,33	5,6	4,05	1,25	—	3—4

Составы: 1—3—удовлетворит. америк. капели; 4—неудовлетворительные; 5—юж.-африк. капели; 6—калифорнийский обожженный магнезит.

Табл. 2.—Анализы капелей из костяной муки (золы) и апатитов в %.

Состав	1	2	3	4
$Ca_3(PO_4)_2$	81,39	83,07	80—92	92,26
CaF_2	4.05	3,88	0,5—4	7,74
$CaCO_3$	9,42	10,0	—	—
$Mg_3(PO_4)_2$	2,15	2,98	—	—
CaO	—	—	5—8	—
MgO	—	—	1—3	—

1—Зола овечьих костей; 2—зола костей рогатого скота; 3—костяная зола из различных источников; 4—апатиты.

Табл. 4.—Состав капелей из портланд-цемента в % (в США).

Состав	Минимум	Максимум	Среднее из 100 анализов
Кремнезем	20,2	23,6	22,0
Глинозем	5,0	8,9	7,1
Окись железа	2,2	4,8	3,2
Известь	58,9	65,0	62,5
Магнезия	0,3	3,4	2,3
Ангидрид серной к-ты	0,4	2,3	1,5
Уд. в.	3,07	3,20	3,12

Магнезитовые капели отличаются большей прочностью, чем из костяной муки, но потери серебра и золота при купелировании на них выше. Цементные капели требуют особо тщательного просушивания, так как в противном случае они растрескиваются при нагревании. Преимуществом их является дешевизна. Пробирный инструмент состоит из полированных наковальни и молотка, различных щипцов (для тиглей, шерберов и капелей) и изложниц.

Тигельная проба состоит в разложении руды в присутствии различных флюсов, вводимых в тех или иных соотношениях в зависимости от состава руды. В шихту всегда вводится глет, который в процессе плавки восстанавливается до металлического свинца и растворяет благородные металлы; различные окислы руды при этом ошлаковываются. Различают следующие основные случаи применения тигельной пробы: 1) опробование руд, не содержащих сульфиды или содержащих их в небольшом количестве; 2) опробование сульфидн. руд; 3) специальн. случаи опробования (сурьмянистые и мышьяковистые руды, руды с высоким содержанием меди и др.). Руды первой группы разделяются на следующие виды: а) нейтральные, б) с восстановительной способностью (содержащие небольшие количества сульфидов) и в) с окислительной способностью (Fe_2O_3, MnO_2 и другие высшие окислы). В зависимости от отношения к шлакообразованию различают руды: а) кислые (содержащие SiO_2), б) основные (CaO, MnO и др.) и в) глинистые (со значительным содержанием Al_2O_3). Проба руды, поступающей в пробирный анализ, д. б. измельчена до прохождения через сито № 150 (в редких случаях № 100) и тщательно перемешана. Восстановление свинца из глета происходит при $t°$ 500÷550° при действии на глет сульфидов и вводимого восстановителя по следующим реакциям:

I $2PbO+C=2Pb+CO_2$;

II $5PbO+FeS_2=FeO+2SO_2+5Pb$;

III $15PbO+2FeS_2+4Na_2CO_3=Fe_2O_3+4Na_2SO_4+4CO_2+15Pb$;

IV $7PbO+FeS_2+2Na_2CO_3=FeO+2Na_2SO_4+2CO_2+7Pb$.

При $t°$ 560° начинается плавление введенной в шихту буры, к-рая первое время представляет вязкую массу и рассеяна по всей массе шихты в виде отдельных капелек, являющихся центрами шлакообразования. Шлаки тигельной пробы первое время должны представлять вязкую массу, чтобы удерживать после разложения руды в течение некоторого времени во взвешенном состоянии капельки свинца, растворяющие зерна благородных металлов. После небольшого повышения $t°$ шлак делается жидким, и корольки свинца опускаются на дно тигля, увлекая при этом зерна благородных металлов, не перешедшие ранее в сплав со свинцом (см. *Веркблей*). Шлак должен быть достаточно жидким при отливании в изложницу и легко отделяться от веркблея. Кроме вышеуказанных требований он не должен растворять благородных металлов и не должен разъедать стенки тигля. Состав шлаков тигельной плавки изменяется в зависимости от состава руды (различные шихты). Наиболее распространенными являются шлаки, соответствующие полуторасиликатам, реже—моносиликатам (см. *Шлак*); в некоторых случаях (в частности для основных руд) их доводят до степени кислотности, соответствующей бисиликатам. Шлаки тигельной плавки представляют собой сплав силикатов и боратов металлических окислов, которые можно выразить следующей общей ф-лой: $mR_2O \cdot nRO \cdot (pR_2O_3) \cdot qSiO_2 \cdot rB_2O_3 \cdot (sR_2O_3)$; причем обычно R_2O представляет Na_2O, K_2O; RO—PbO, FeO, CaO, MgO; R_2O_3—Al_2O_3; последний в кислых шлаках является основанием, а в основных—к-той; $t°_{пл.}$ силикатов находится в пределах 1 020—1 100°, боратов—550—700°. В табл. 5 приведены некоторые составы шихты тигельной плавки кварцевых руд.

Табл. 5.—Шихты для плавки кварцевых руд (в *г*).

Состав	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Руда	100	30	50	50	100	30	60	30	150
Сода	120	35	50	60	150	48	85	30	150
Глет	150	35	100	75	150	57	120	60	180
Бура обожженная	25	5	15	10	25	5	8	3—5	15-25
Древесный уголь	1,3	—	—	—	—	1,1	2	—	—
Мука (иногда отруби)	—	—	—	4	—	—	—	—	—
Винный камень	—	2	5—6	—	—	—	—	—	—

Покрышкой служит поваренная соль.

При пробовании основных руд в шихту соответственно вводятся кислые флюсы (кварц. стекло, бура). При опробовании глинистых руд в виду высокой $t°_{пл.}$ шлаков, содержащих Al_2O_3, в шихту вводят известь (CaO), понижающую темп-ру плавления шлака. В табл. 6. приведен состав шихты основных и глинистых руд при капелях из различных материалов (в *г*).

Табл. 6.—Шихты для основных и глинистых руд при капелях из различных материалов (в *г*).

Состав	Материал капелей			
	Известняк	Магнезит	Каолин	Охристая глина
Руда	30	30	15	50
Сода	30	30	20	60
Бура	23,6	60	10	25
Глет	60	30	45	75
Мука	2 1/3	5	2 1/3	Вин. кам. 6
Кварц	28,3	—	12	15 (стекла 25)
Известь	—	—	6	15

Руды с высоким содержанием высших окислов (Fe_2O_3, Fe_3O_4, MnO_2) обладают окислительной способностью и требуют поэтому повышенного количества восстановителей и кислых флюсов (для ошлакования окислов металлов). Шихты для таких руд приводятся в табл. 7.

Сульфидные руды требуют специальных методов плавки для их опробования. Употребляются следующие методы: 1) плавка с железом, 2) плавка с селитрой, 3) плавка после предварительного обжига. Плавка с железом требует основного (субсиликат) шлака для растворения железнощелочн. штейна, образующегося по реакции:

$$7PbS+4Na_2CO_3+3Fe=7Pb+3(Na_2S \cdot FeS)+Na_2SO_4+4CO_2.$$

Плавка ведется при высокой $t°$ и длится не менее 50 мин. Железо вводится в виде кованых гвоздей или согнутых полос. Плавка с селитрой ведется при основных сильно глетистых шлаках. В виду объемистой шихты и вспучивания последней проба с селитрой допускает ограниченные навески (до 25 *г*). В случае плавки после предварительного обжига его ведут в шамотных коробках (при перегревании) сначала при невысокой $t°$ (500°), а затем при более высокой $t°$ (700—850°), до полного удаления серы. В случае присутствия в руде мышьяка и сурьмы, после окислительного обжига намертво производится восстановительный обжиг с углем (для удаления мышьяка и сурьмы). Шихты для плавки сульфидных руд по указанным методам приведены в табл. 8.

Табл. 7.—Шихты для окисленных руд (в *г*).

Состав	1	2	3	4
Руда	100	60	50	30
Сода	50	18	30	30
Глет	150	50	50	45
Бура	10	36	30	30
Уголь древесный	—	4—6	—	—
Мука	—	—	7	5
Стекло (измельченное)	—	12—24	10—25	—

Винный камень вводится по предварит. пробе.

Специальные методы тигельной пробы применяются в случае руд с высоким содержанием меди, мышьяка, сурьмы, олова, теллура, а также в случае штейнов раймовки (см. *Цинк*, металлургия), осадка из цинковых экстракторов (см. *Золото*, металлургия золота) и других продуктов. При опробовании медных руд (и штейнов) применяются следующие методы. 1) Метод Перкинса, состоящий в растворении окиси меди (образующейся при плавке) в сильно основном глетистом шлаке. Плавка ведется при высокой $t°$ и продолжается ок. 25 мин.; шлак сильно разъедает тигель; в шихту вводится селитра, взятая в количестве, необходимом по расчету для окисления сульфидов; бура в шихте отсутствует, т. к. понижает растворимость окиси меди в глетистом шлаке. Состав шихты изменяется в зависимости от того, что является задачей для определения: золото или серебро. 2) Выщелачивание меди из обожженной руды, разбавленной (10%-ной) серной к-той; после этого руда высушивается и плавится обычным порядком. 3) Обезмеживание (удаление меди) смесью азотной (уд. в. 1,2) и серной (1 : 1) кислот. После выщелачивания серебро (если оно подлежит определению) осаждается раствором хлористого натрия или бромистого калия. При опробовании мышьяковистых и сурьмянистых руд преимущественно применяются следующие два метода: 1) предварительный окислительный обжиг при невысокой $t°$, за которым следует восстановительный обжиг с углем; 2) плавка с селитрой и избытком глета. Для перехода сурьмы в шлак следует брать значительный избыток глета. Опробование оловянистых руд производится по шихте, в которой глет заменен суриком, и количество соды берется в 1,8 раза более веса руды. Полученный плак подвергается переплавке; веркблей сокращается шерберованием (см. ниже). При опробовании теллуристых руд необходимо соблюдение следующих условий: весьма тонкое измельчение пробы (150—200 отверстий на 25 *мм*), значительный избыток глета в шихте и отсутствие предварительного окисления (необходимо избегать обжига, шерберной пробы, сокращения веркблея шерберованием). Так как при купелировании теллуристого веркблея происходят потери благородных металлов вследствие всасывания их капелью, то необходимо при точных анализах определять после купелирования содержание золота и серебра в капели. Раймовку опробуют путем плавки с селитрой или с перекисью свинца. Опробование осадков из цинковых экстракторов производится сухим путем посредством плавки следующей шихты: 3 *г* осадков, 5 *г* Na_2CO_3, 2 *г* $Na_2B_4O_7$, 70 *г* глета, 25—30 *г* муки, 5 *г* SiO_2. На потери через всасывание капелью и в шлаках д. б. введены поправки на основании опробования последних.

Табл. 8.—Шихты для плавки сульфидных руд (в *г*).

Плавка	С селитрой		С железом и избытком соды			С предварительным обжигом	
Состав шихты / Руды	Свинц. блеск	Цинк. обманка	Пирит	Свинц. блеск	50% свинц. блеска и 50% пирита	Пирит	Обожженная руда
Руда	15	15	15	15	15	15	50
Сода	19	21	25	30	40	50	40
Бура	—	10	5	10	15	20—25	23
Глет	50	60	60	20	27	35	75
Селитра (окисл. сп. 4,2)	5	23	35	—	—	—	—
Кварц	5	6	8	2	2	2	7
Железо	—	—	—	3—5 гвоздей длиной 7—10 *см*, ∅ 3—4 *мм*			
Уголь	—	—	—	3	3	3	2
Восстановительная способность	3,45	8,5	12,0	3,45	—	12,0	—

Покрышкой служит поваренная соль.

Шерберная проба применяется при опробовании относительно богатых руд и материалов (преимущественно серебряные руды, богатые золотые руды, богатый штейн, шламы электролитных з-дов и др.), допускающих небольшие навески (2—5 *г*, редко до 10 *г*). Эта проба состоит в растворительно-

окислительном плавлении навески руды с пробирным (зерненым) свинцом, кварцем и плавленой бурой в шербере. Шлаки сильно глетистые более основные, чем обычно в тигельной пробе. Процесс плавки в шербере распадается на следующие периоды: 1) расплавление (10—15 мин.), производимое при высокой $t°$, 2) шлакование (в 1 мин. окисляется и оплаковывается ок. $^1/_2$ свинца), производимое при пониженной $t°$, 3) разжижение шлаков (повышение $t°$ и присадка плавленой буры). В течение первого периода значительная часть сульфидов растворяется в свинце, часть мышьяка и цинк испаряются, мышьяк, сурьма и сера частично удаляются в виде окислов и частично (как и теллур) остаются в верклее. В течение второго периода происходит: 1) энергичное окисление свинца кислородом воздуха (частично и в течение первого периода), 2) обжиг сульфидов, мышьяковистых и сурьмянистых соединений, 3) шлакование окислов металлов, и в частности глета, бурой и кварцем. Глет является хорошим окислителем и растворяет окислы других металлов. При высокой $t°$ в течение второго периода в случае медистых материалов может образоваться верклей с высоким содержанием меди в результате реакций:

$$Cu_2S+2PbO=2(Cu,\ Pb)+SO_2;$$
$$2CuO+Cu_2S=4Cu+SO_2.$$

Следующие реакции характеризуют разложение и окисление сульфидов в течение 1-го и 2-го периодов:

$$7FeS_2=Fe_7S_8+6S;$$
$$2CuFeS_2=Cu_2S+2FeS+S;$$
$$FeS+3O=FeO+SO_3;$$
$$2PbS+7O=PbO+PbSO_4+SO_2;$$
$$ZnS+3O=ZnO+SO_2;$$
$$Sb_2S_3+9O=Sb_2O_3+3SO_2.$$

Сульфид серебра разлагается свинцом с выделением свободного серебра

$$Ag_2S+Pb=2Ag+PbS.$$

Значительную роль в окислении сульфидов играет глет, являющийся энергичным окислителем:

$$PbS+2PbO=3Pb+SO_2;$$
$$ZnS+3PbO=3Pb+ZnO+SO_2;$$
$$Ag_2S+2PbO=2(Pb,\ Ag)+SO_2;$$
$$As_2S_3+9PbO=As_2O_3+3SO_2+9Pb.$$

Образовавшиеся окиси металлов в значительной части переходят в шлак и частично улетучиваются. В случае весьма густых, загрязненных шлаков производится повторное шерберование верклея. В табл. 9 приводится ряд шихт, применяемых для шербериой пробы.

Табл. 9.—Шихты шербериой пробы (в г).

Анализируемое вещество	Свинцовый блеск	50% PbS, 50% SiO_2	Убогая свинцовая руда	Пирит	50% FeS, 50% SiO_2	Мышьяковистый пирит	Цинковая обманка	Халькопирит	Осадок из цианистого экстракта*	Медный штейн	Свинцовый штейн	Шлам электролитного завода
№ шербера	$2^1/_4$	$2^1/_4$	$2^1/_4$	$2^3/_4$	$2^1/_2$	$2^3/_4$–3	3	3	3	3	$2^3/_4$	$2^1/_2$
Состав: Навеска анализируемого вещества	3	3	6	3	3	3	3	3	2.5	3	3	2
Состав: Пробирный свинец	35	35	45	50	45	45—60	60	60	70	60	50	60
Состав: Плавленая бура	$^1/_2$—1	$^1/_2$—1	$^1/_2$—1	2—3	1—2	1—2	3—5	1—2	1—2	1	$^1/_2$	3
Состав: Кварц	—	—	—	—	—	—	1—2	1	1	1	—	2
Температура муфеля в течение шлакования	Низкая			Средняя		Высокая	Низкая					

* Осадок получается при осаждении золота из цианистых растворов (см. *Золото*, металлургия золота).

Купелирование представляет процесс окисления верклея на поверхности капели при $t°$ (поверхности капели) 890—900°. При этом расплавленный глет (PbO) всасывается капелью в количестве 98,5% и частично улетучивается в виде паров (1—$^1/_2$%). Капель из костяной муки всасывает количество окиси свинца, равное своему весу. Поверхность капели является как бы полупроницаемой мембраной: через нее всасываются окиси (PbO, CuO и окислы др. металлов). Неокисленные металлы остаются на поверхности капели. Конечный момент купелирования наступает, когда остается королек, состоящий из золота, серебра и металлов платиновой группы. За несколько секунд перед этим происходит цветение королька, состоящее в проявлении интерференционных окрасок в тонкой пленке окиси свинца на поверхности королька. Затем происходит бликование, которое состоит в мгновенной рекалесценции королька в момент его затвердевания. Это явление автор объясняет значительной разницей между температурой королька, находящегося в расплавленном состоянии, и $t°$ окружающей среды. В момент затвердевания, происходящего чрезвычайно быстро, выделяется значительное количество тепла. Реакция окисления свинца является сильно экзотермической:

$$Pb+O=PbO\ +50\,800\ cal.$$

Поэтому $t°$ капели значительно выше $t°$ муфеля. Температура муфеля д. б. около 850°. Темп-ра внутренней части поверхности капели—не ниже $t°_{пл.}$ глета. Более высокая $t°$ вызывает потери серебра и золота в процессе купелирования. Лучшим контролем $t°$ капели являются кристаллы перистого глета, к-рые при оптимальных условиях купелирования должны образовываться на внутренней поверхности стороны капели, обращенной в сторону устья муфеля (охлаждение током воздуха). При более высокой (ненормальной) темп-ре капели кристаллов глета не наблюдается, при слишком низкой они образуют кольцо. Если кристаллизующийся глет обволакивает верклей и увлекает его, то проба считается замерзшей, и результаты ее не будут правильными (пониженные), если даже довести купелирование до конца (после разогревания). Потери серебра при купелировании равны 1—1,5%, золота 0,2—0,3%. Медь повышает потери при купелировании и окрашивает поверхность капели в темнозеленый или же черный цвет. При слишком низкой $t°$ купелирования поверхность королька тусклая (матовая). Теллур и платина дают также матовые корольки. При 1% платины корольки получаются кристаллические.

Квартование и разваривание производится для отделения золота от серебра, находящихся в сплаве. Для этого королек, полученный после купелирования, или навеску сплава (при опробовании слитков или изделий из сплава золота с серебром) сплавляют с таким количеством серебра, чтобы сделать возможным количественное разделение золота от серебра путем разваривания (растворения серебра) в азотной к-те. Такого рода количественное разделение возможно при отношении серебра к золоту, не меньшем 3 : 1. Операция легирования сплава (в отношении, допускающем разварку королька) называется квартованием. При опробовании слитков легирование производится при меньшем отношении серебра к золоту (см. ниже). В случае рудных проб допускается высокое легирование (6 : 1—20 : 1). При значительном содержании серебра при разваривании происходит распадение золота на мелкие частицы; при меньшем—распадения не происходит (что весьма важно при опробовании слитков, когда потери следует довести до минимума). Разваривание производится сначала в более слабой азотной кислоте (для слитков уд. в. 1,2, для рудных проб—1,06), а затем в более крепкой (для слитков уд. в. 1,3, для рудных проб—1,2). Расплющенный королек или раскатанную пластинку, свернутую в форме корточки, следует опускать в предварительно нагретую азотную к-ту. Разваривание производится в специальных колбочках (похожих на кьельдалевские) или в фарфоровых тиглях (реже в пробирках). По окончании разваривания золото промывают дистиллированной водой и производят прокаливание в специальном стаканчике из огнеупорной глины. Содержание серебра получают по разности веса королька до квартования и веса золота, полученного после разваривания. Квартование производят сплавлением навески с серебром, завернув ее в листовой свинец (ок. 5 *г*), на поверхности капели (доведя до бликования) или на угле (без свинца) при помощи паяльной трубки. Азотная к-та при разваривании не должна содержать ионов хлора во избежание выпадения хлорида серебра.

Опробование слитков драгоценных металлов. При опробовании слитков следует иметь в виду не только присутствие в них золота и серебра, но также металлов, входящих в состав *лигатуры* (см.), гл. обр. меди. При опробовании сухим путем производят купелирование на капели с определенным количеством свинца, количество которого берется в зависимости от содержания лигатуры. При этом купелирование производится: 1) с присадкой пробирного свинца, 2) без присадки пробирного свинца (в случае свинецсодержащих материалов) и 3) после предварительного шерберования на шербере с бурой и присадкой пробирного свинца (загрязненные и бедные сплавы). В первом случае количество свинца в верклее зависит от пробы и содержания меди, что видно из табл. 10.

Табл. 10.—Отношение веса свинца к весу навески в зависимости от пробы и от содержания меди при опробовании сплавов купелированием.

Золото		Серебро		
Проба	Вес свинца по отношению к навеске	Проба	% меди	Вес свинца по отношению к навеске
1 000	8	950	5	6
980—920	12	900	10	8
920—875	16	800	20	10
875—750	20	700	30	12
750—600	24	600	40	14
600—350	28	500	50	16—18
< 350	32			

При опробовании слитков необходимо принимать все возможные предосторожности во избежание потерь благородных металлов при купелировании. По опытам Розе эти потери для золота (в условиях правильной работы) складываются след. образом: через всасывание капелью теряется 0,400 пробы, улетучивается при купелировании 0,001, растворяется при разваривании 0,005. Для того чтобы компенсировать эти потери, производят квартование при пониженном содержании серебра. При этом остается после разваривания небольшая заседа (остаток) серебра, соответствующая угару золота. Наилучшим отношением серебра к золоту для этого считают 2 : 1 и 2,2 : 1. Для контроля потерь серебра берут контрольную навеску химически чистого серебра с тем же количеством лигатуры, как определено на основании предварительной пробы, и купелируют ее одновременно с пробой (в одинаковом положении в отношении нагрева муфеля). На основании этого вводят соответствующую поправку в определение серебра в слитке.

Определение серебра и золота в медных сплавах производится комбинированными и сухими методами (последний менее точный). Комбинированными (мокро-сухими) способами являются: сернокислотный (лучший) и азотнокислотный; они основаны на предварительном растворении избытка меди в серной (или азотной) кислоте. Для осаждения серебра по окончании растворения меди добавляют раствор хлористого натрия, затем производят шерберование полученного остатка с присадкой свинца и буры, после чего верклей купелируют.

Опробование платиновых руд. Для определения платины в рудах применяется тигельная проба, причем шихта составляется в зависимости от состава руды и в нее вводится известное количество хлористого серебра, смешанного с водой (10% AgCl). Содержимое тигля не отливают в изложницу, а дают ему отстояться в тигле, последний разбивают и отделяют верклей от шлака. Руда измельчается обычно до прохождения через сито № 150 (иногда № 100) и плавится по одной из шихт в зависимости от ее состава (табл. 11).

Табл. 11.—Шихты для опробования платиновых руд (в г). *1

Шихта \ Виды руды	Силикат	Гематит	Известняк	Обожжен. сульф. руда	Черный шлих*2	Хромит 40%-й Cr_2O_3	Сульфидная руда	Сульфиды с баритом
Руда	30	30	30	30	30	30	30	30
Сода	30—60	30	—	40	—	—	30—60	—
» двууглекислая	—	—	40	—	20	60	—	30
Бура	—	—	20	20	—	—	10	20
» плавленая	5	8	—	—	30	20	—	—
Глет	60—90	70	40	40	66	35	50—150	150
Кварц	—	7	5	4	—	15	0—10	—
Плавиковый шпат	—	—	—	—	—	—	—	15
Винный камень	2,5	3,5	2,5	7	4	3	—	—
Селитра	—	—	—	—	—	—	21	8
Хлористое серебро	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0.05	0,05	0,05

*1 Покрышкой служит плавленая бура. *2 Имеет значительное содержание Fe_3O_4.

При опробовании уральских дунитовых руд и продуктов их обогащения употребляются шихты, указанные в табл. 12.

Табл. 12. — Шихты для опробования уральских дунитовых руд и продуктов их обогащения (в г).

Состав	Дунитовые руды и хвосты после обогащения	Концентраты	Черные шлихи
Навеска руды	200—250	100	100
Глет	200—250	250	300
Сода	150—200	100	100
Бура	100	100	100
Стекло	200	400	500
Мука	4	5	5
10%-ное хлористое серебро (смесь с содой)	2	3	3—5

Темп-ра горна при плавке равна 1 360—1 400°. Полученные веркблеи сокращаются шерберованием, и затем производится купелирование при 1 100°. Серебряные корольки разваривают в стеклянных стаканчиках в крепкой серной к-те при нагревании (до 300°). По окончании растворения серебра раствор нагревают еще 10 мин., после чего сливают к-ту и остаток промывают горячей водой. В случае необходимости отдельно определить платину и другие металлы платиновой группы (а также золото и серебро) королек растворяют и последовательно осаждают из раствора указанные металлы.

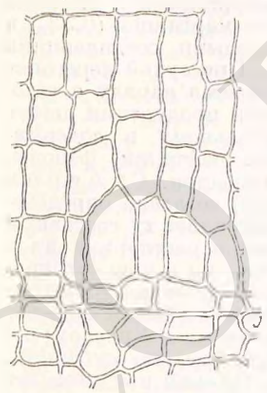
Лит.: Мостович В. Я., Пробирное искусство, Л., 1928; «Известия Ин-та по изучению платины», Л., 1926, вып. 4; Барабошкин И. П., Метод опробования платиносодержащих руд, «Журнал прикладной химии», М.—Л., 1930, т. 3, вып. 4, стр. 638; Гавриловъ Ф. М., Пробирное искусство, Л., 1924; Bugbee E. E., A Textbook of Fire Assaying, N. Y., 1926; Fulton C. H., A Manual of Fire Assaying, 2 ed., N. Y., 1929; Beringer J. J. a. C., Manual of Fire Assaying, A Textbook of Assaying, 15 ed., L., 1921; Park J., Practical Assaying, 5 ed., L., 1918; Smith E. A., The Sampling a. Assay of the Precious Metals, London, 1914.

И. Плаксин.

ПРОБКА, мягкий, гибкий, водо- и газонепроницаемый, тепло- и звукоизолирующий материал, добываемый из коры пробковых деревьев (см. *Дерево пробковое*). Пробковая ткань, или пробка, представляет защитную ткань, дифференцирующуюся в коре большинства многолетних растений и по своей функции близкую к восковому слою однолетних растений (а также листьев, стеблей и других органов растений многолетних), с которыми она имеет известное сходство и в химич. отношении. Биологическая функция пробковой ткани—изолировать растения от окружающей среды, защищая их внутренние ткани от влагопотери через испарение и от воздействия наружной влаги, от резких изменений $t°$, от ударов. Образование пробковой ткани начинается с заложения пробкового камбия, или феллогена, состоящего из паренхимных клеток. Пробковая ткань развивается кнаружи, тогда как внутрь идет развитие феллодермы, по строению подобной первичной коре. У пробкового дуба (Quercus suber и Q. occidentalis)пробковая ткань состоит исключительно из тонкостенных пробковых клеток, тогда как у других растений пробковая ткань содержит также клетки с одеревеневшими стенками—пробковидные клетки. Наличием этих последних объясняется спадание пробковой ткани листочками у большинства растений и соответственно редкость нарастания толстых слоев П. Необходимый для жизни растений газообмен живых тканей, лежащих под П., обеспечивается особыми приспособлениями, чечевичками (lenticelli—бугорки или бородавки на коре), к-рые расположены под устьицами кожицы и состоят из рыхло соединенных выполняющих (пробковых и пробковидных) клеток и из клеток, подобных клеткам феллодермы. Рыхлое соединение тканей чечевички дает возможность газам проходить через эти образования, вместе с тем задерживающие прохождение влаги. У немногих растений чечевички отсутствуют, но заменены тогда равнозначащими им продушинами из скважистой П.

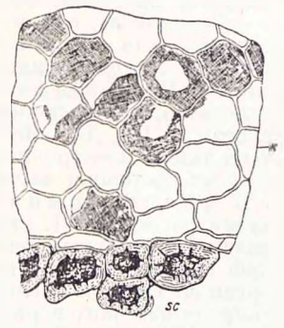
Строение П. Невооруженным глазом видно в П. параллельно-слоистое строение в радиальном направлении, соответствующее зонам нарастания (и также годовым кольцам П.). Качество П. как материала зависит от равномерности роста П., т. е. от однородности ширины этих колец. В радиальном направлении П. бывает пронизана каналами (чечевичками) более темной окраски и более рыхлого сложения, чем окружающая ткань. Чечевички содержат каменные клетки (пробковидные) и при просыхании П. утрачивают взаимную связь и выпадают из тела П. в виде землистых или хрупких масс, а в П. остаются на соответственных местах пронизывающие ее воздушные каналы. Чем равномернее зоны при

роста пробковой ткани и чем менее пронизана она радиальными пустотами или ломкими массами (остатками каменных клеток), тем выше технич. качества П. Если же чечевички развиты особенно обильно, то П. может стать настолько рыхлой, что постепенно будет утрачивать свою цельность. Особенно неоднородно сложена т. н. мужская П. (см. *Дерево пробковое*) с многочисленными трещинами в тангенциальном направлении и многочисленными склеренхимными клетками, обусловливающими темный цвет и твердость этой П. Самая ткань П. состоит



Фиг. 1.

из шестигранных призматич. клеток, ось к-рых горизонтальна и направлена радиально. Поэтому поперечное и радиальное сечение П. дают преимущественно четырехугольные проекции клеток, б. или м. прямоугольные, а тангенциальное сечение — проекции шестиугольные. Стенки клеток тонкие, очень упругие, часто волнистые; содержимое клеток—гл. обр. воздух, а в старой П.—также пучки кристаллич. иголочек. На фиг. 1 показано (по Ганаузеку) поперечное сечение П., т. е. при продольном сечении клеток; область *J* представляет слой перед зоною прироста, с более мелкими и более толстостенными клетками. На фиг. 2 показан (тоже по Ганаузеку) тангенциальный разрез П.; *K*—пробковые клетки в их поперечном сечении, причем стенки нек-рых попали в плоскость рисунка (заштрихованные области); *SC* — склеренхимные клетки. Стенка клеток—общая у каждой пары соприлежащих клеток и состоит из наложенных друг на друга ламелей целлюлозы и на ней суберина.



Фиг. 2.

Физические свойства. П. обладает весьма малым уд. в. (в чистом виде 0,12—0,195, а в обычном виде 0,24—0,25). При сохранении П. в воде уд. в. ее сперва растет, через 48 ч. достигает наибольшей величины и затем вновь начинает падать. В механич. отношении она весьма упруга, растяжима и вместе с тем мягка; при более длительном лежании, особенно на холоду, П. твердеет, но нагреванием или кипячением в воде, а также кратковременным воздействием горячего водяного пара, ее первоначальные свойства восстанавливаются. Пределы растяжимости П. от различных растений различны; так, у П. черемухи (Prunus padus) вытяжка достигает 10—12% первоначальной длины, а у П. пробкового дуба (Quercus suber)—до 25%, причем упругость остается еще при вытяжке сверх 7%. Как указывает Габерланд на основании микроскопич. наблюдения, эта упругость объясняется гистологич. строением П., а именно—при тангенциальной вытяжке зигзагообразным растяжением радиальных стенок клеток, к-рое значительно в силу длины и волнистости этих стенок. В сухости и на холоду упругость П. значительно уменьшается, а влажность и теплота ей благоприятны. Внешнему давлению П. оказывает значительное сопротивление; по опытам Андерсона объем пробки при давлении 17,5 *atm* уменьшается на 50%, а при 70 *atm*—на 66%, но дальнейшее сжатие и при больших давлениях очень мало. В сжатом состоянии свою упругость пробка снижает весьма незначительно. При деформации одностороннего сжатия пробка обладает замечательным свойством не раздаваться в поперечном направлении, так что коэф. Пуассона (отношение поперечного сжатия к продольному) для нее равен 0,0; этим она отличается от прочих твердых тел, для к-рых коэф. Пуассона теоретически д. б. 0,25, и в особенности отличается от каучука, обладающего коэф-том Пуассона, равным 0,5. Иначе говоря, П. сжимается без бокового расширения, а каучук—почти без изменения объема; поэтому модуль одностороннего сжатия бесконечного слоя П. равен модулю Юнга. Скорость звука в П. равна 480 *м/сек* (т. е. в 10 раз меньше, чем в еловой древесине) и приблизительно равна скорости звука в воске при 28° (451 *м/сек*). В отношении воды, а также спирта и эфира, П. непроницаема. Минеральные к-ты при определенных толщинах П. проходят через нее, но в связи с химич. изменением вещества П. Точно так же щелочи, разлагая ткань П., делают эту ткань губчатой и вызывают более темную окраску. Пробковая ткань непроницаема также и в отношении индиферентных газов и в частности воздуха; так напр., даже при толщине 50—70 μ пробковая пластинка (от Quercus suber) в течение многих недель держит давление в $^1/_3$ *atm*, а более толстые пластины держат и 1 *atm*. Напротив, галоиды разрушают П. В отношении тепла, звука и электричества П. обладает значительной изоляционной способностью, объясняемой, с одной стороны, свойствами вещества клеточных оболочек, а с другой,—наличием покоящегося воздушного слоя, содержащегося в клетках. Теплопроводность П., а также некоторых материалов, вырабатываемых из нее, охарактеризована данными табл. 1 (ст. 771).

Для сравнения можно отметить, что примерно тою же, что и у П., теплопроводностью характеризуется хлопковая вата и шелковые очесы, тогда как еловые опилки и волокнистый торф обладают теплопроводностью в $1^1/_2$ раза большею, а порошкообразный торф—в 2 раза большею. Другие данные о теплопроводности П. и материалов из нее см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 151 и т. IV, стр. 76. На фиг. 3 дана номограмма теплопроводности пробковых материалов без связующего вещества как ф-ия $t°$ при разной плотности d пробкового материала. Значение коэфициента k теплопроводности в cal *см/см²* ск.°С может быть выражено аналитической зависимостью:

$$k = 10^{-7}\,[655 + 2\,294\,d + 10^{-3}\,F(d)\cdot t],$$

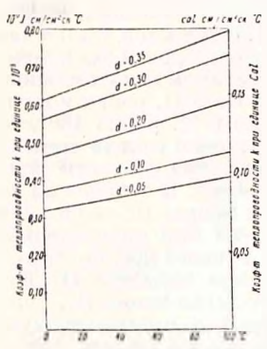
Табл. 1.—Теплопроводность П. и материалов, вырабатываемых из нее.

Материал	Поперечник зерен, мм	Уд. вес	t°, °C	Теплопроводность, 10^{-3} J	Наблюдатель
Пробка кусковая	—	—	—	0,041	F. Maura
Пробковый порошок	—	—	—	0,041	»
» »	3—5	0,085	60	0,050	I. Gröber
» »	3—5	0,085	20	0,042	»
Порошок «Экспансит»	3—5	0,045	65	0,037	»
» »	3—5	0.045	20	0,033	»
» »	1—2	0,048	100	0.036	»
» »	1—2	0,048	20	0,029	»
Кирпич «Экспансит»	—	0,06	100	0.042	»
» »	—	0,061	20	0,035	»
Порошок «Экспансит» № 1	—	0,054	5—70	0,055	H. F. Bacon
» » № 2	—	0,049	5—70	0,061	»
Оболочки из прессованной П.	—	0,166	5—70	0,080	»

а значение k в 10^{-3} J *см/см*² ск.°C выражается зависимостью:

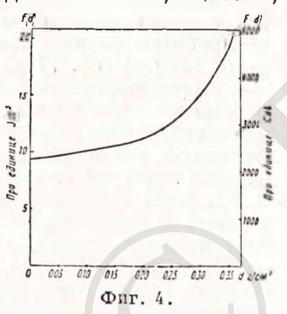
$$k = [2\,740 + 9\,600d + f(d) \cdot t \cdot 10^{-4}].$$

Значения ф-ий $F(d)$ и $f(d)$ находятся по эмпирич. кривой, представленной на фиг. 4. При $t°$ более 250° пробка начинает сильно расширяться. При нагреве без доступа воздуха пробка выдерживает (с частичным разложением) $t°$ до 400°, а при доступе воздуха около той же $t°$ воспламеняется и горит ярко светящим желто-фиолетовым пламенем с сильным выделением копоти и характерного запаха, подобного запаху нагреваемого пчелиного воска, тогда как в остатке получается черная, хрупкая, сильно красящая масса, называемая пробковым углем, или пробковой чернью. Наконец следует отметить почти полную неподверженность пробки тлению и гниению.



Фиг. 3.

Химические свойства П. Несмотря на большую устойчивость П. против различных естественных воздействий химич. деятели ее разрушают; таковы галоидосодержащие тела, водный аммиак, щелочи, крепкие к-ты (серная, соляная, азотная, царская водка), скипидар, эфирные масла. Эта разрушаемость П. связана с ее химич. природой, близкой к природе восков, в силу чего нек-рые авторы даже называют вещество П. пробковым воском. В химич. составе пробкового вещества участвуют жирные к-ты и сложные эфиры (эстеры) жирных к-т и глицерина; кроме того в разных видах П. доказано наличие ароматич. соединений и продуктов их окисления, дубильных к-т вместе с продуктами их расщепления и



Фиг. 4.

красящих веществ—флобафенов. После длительных споров было доказано присутствие в П. также целлюлозы. Установлено кроме того присутствие d-глюкозы, конифериna, ванилина и гадромала. Количественно состав П. характеризуется (по Клауберу) след. данными: 58% суберина, 22% целлюлозы, 12% лигнина, 5% воды, 2% церина и 1% ванилина и к-т фелоновой, дубильной, декакриловой и др. Зола П. богата марганцем (0,5%) и кремнекислыми соединениями (3—7%). При сухой перегонке П. получается наряду с газообразными продуктами деготь (подобный каменноугольному и содержащий аммиак), бензол, нафталин, фенолы, антрацен и другие вещества. Суберин (открытый Бусильоном) согласно определению Джильсона представляет ту составную часть пробки, которая нерастворима ни в нейтральных жидкостях ни в концентрированной серной кислоте, но легко растворима спиртовым раствором калиевой щелочи; кутоза (открытая Фреми и Урденом) соответствует по Чапеку именно суберину. Согласно Джильсону суберин представляет смесь сложных эфиров, а также продукты их полимеризации и соединения весьма различных к-т: суберинovой $C_{17}H_{30}O_8$ (аморфной), флоioновой $C_{11}H_{21}O_4$ (кристаллической) и др. При окислении П. дымящеюся азотною к-тою из суберина образуется пробковая кислота (не смешивать с суберинovой); она м. б. получена также, если суберин омылить в щелочи, высадить к-тою и осадок прокипятить с азотною кислотою. Пробковая к-та $COOH \cdot (CH_2)_6 COOH$ относится к двуосновным насыщенным кислотам $C_nH_{2n-2}O_4$; она может быть получена также электролизом глутаровой к-ты. Другая составная часть П.—церин, или т. н. феллиловый спирт,—получается путем обработки П. кипящей водой, извлекающей дубильные вещества, азотсодержащие соединения, красящие вещества и неоргани ч. соли, и последующей экстракции спиртом, из к-рого церин м. б. перекристаллизован. Согласно Деппингу церин характеризуется ф-лой $C_{25}H_{20}O_3$ (Бусильон давал ф-лу $C_{32}H_{20}O$). Из церина выделены другие соединения: декакриловая кислота $C_{10}H_{18}O_2$, эвлизин $C_{12}H_{10}O_3$, кортидиновая к-та $C_{12}H_{10}O_6$. Самый церин представляет шелковисто блестящие кристаллы с $t°_{пл.}$ 234—234,5°. Дальнейшая очистка позволила выделить фриделин $C_{43}H_{70}O_2$; по Томсу это—фитостеринoподобное тело $C_{27}H_{44}O_2$. При окислении церина азотною к-тою получается воскообразная желто-бурая масса—церинovая к-та.

Обнаружение форменных элементов П. Форменные элементы П. существенно различаются по своему химич. составу и потому м. б. обнаружены рядом различных приемов. При нагревании пробки с хлорноватокислым калием и азотной к-той из собственно пробковых ламеллей в П. образуются шарики, к-рые плавятся при 30—40° и растворимы в кипящем эфире,

бензоле, спирте и хлороформе и разбавленной калийной щелочи (церинovокислая реакция). При горячей обработке концентрированной калийной щелочью образуются после охлаждения комочки калиевых мыл и жирных к-т П., тогда как целлюлозные ламелли остаются неповрежденными; эти комочки растворяются при нагревании в спирту. Особенно удобны для целей распознавания форменных элементов П. различные приемы прокраски, причем некоторые из них могут иметь также значение как технологич. процессы. Свежеизготовленный раствор хлорофилла после длительного воздействия в темноте сильно окрашивает пробковые ламелли в зеленый цвет, тогда как целлюлозные и древесинные мембраны остаются неокрашенными. Так же действуют и другие жирокрасящие вещества (например алканна, судан III), особенно в виде глицеринового раствора, шарлахово-красная, масляная, желтая, желтая Мейера (диметилпарафенилендиамин с α-нафтолом в 1%-ном растворе соды), орлеан и жирная голубая. Иодо-иодистокалиевый раствор дает бурую окраску П., а хлорцинкиодовый раствор—желтую, а после воздействия калиевой щелочи—фиолетовую. Пробка очень хорошо окрашивается аммиачными растворами некоторых красок: кислой зеленой (маниин), генциановой фиолетовой, метилзеленой, парижской фиолетовой, далии; эти жидкости изготовляются путем добавления малыми порциями водного аммиака к спиртовым растворам соответственных красок до исчезновения цвета. Разрез П., промытый жавелевой водой, переносится в эти растворы и затем снова промывается слабо подкисленной водой (5—10% соляной, серной или азотной кислоты), отчего окрасившиеся элементы древесины обесцвечиваются, тогда как пробковые сохраняют полученную окраску, фиолетовую или зеленую. Диметиламиноазобензолом в слабом уксусном или солянокислом растворе пробковые элементы окрашиваются в желтый цвет, а древесинные—в красный. Женевским реактивом, хризоидином и конго красным пробковые и перешедшие в П. ткани окрашиваются в буро-желтый цвет, а древесинные перепонки—в соломенно-желтый. При помощи раствора кислой зеленой, к которому добавляется по каплям раствор конго красного, и последующей отмывки водою получается двойная окраска: древесинные и пробковые элементы получают зеленый цвет, а паренхима—оранжево-красный. При помощи смеси из прогиозина с очень небольшим количеством малахитового зеленого и последующей отмывки разреза спиртом и водой пробковые элементы получают красную окраску, а древесинные—зеленую; если малахитовый зеленый заменить солью анилина, то древесинные элементы окрашиваются в желтый цвет. Спиртовой 60%-ный раствор судана III с добавкою бриллиантового голубого или соли анилина и последующая отмывка разреза весьма слабою соляною кислотою дают красный цвет пробковым элементам и голубой (соответственно желтый)—древесинным.

Технология П. Товарная классификация П. Качество П. весьма изменяется в зависимости от местопроисхождения П., вида и возраста производящего ее дерева (см. *Дерево пробковое*). На рынке различают кроме того следующие сорта П., сопоставленные в табл. 2.

Табл. 2.—Рыночные сорта пробки.

Сорт П.	Признаки сорта	Применение
Дикая П.	Мужская П.	Отделка и украшение гротов в садах, декоративной мебели, рам для картин, игрушек
Хорошая П.	Женская П.—пластины толщиною 3—15,20) см, шириною и длиною 30—80 см	Пробковые полосы, из которых высверливаются пробки для затыкания банок Пластины для плавательных поясов Кубики, из которых вырезаются цилиндрич. и конич. П. (П. для флаконов с аппретурой для кожи, высверленные П. для парфюмерных флаконов, вставки в табачные трубки) П. для обуви—стельки, клинья, вставки для плоской ступни Прокладки для лошадиных копыт Тонкие (1—3 *мм* толщиною) пластины—подстилки в коллекционные ящики для насекомых, вставки и вентиляторы для шляп, уплотнительные кольца для технических целей, блюдечки для мороженого, прокладки для консервных банок Очень тонкие (0,1—0.6 *мм*) пластины-пробковая бумага (визитные и рекламные карточки, обвертка шоколада и конфект, обвертка мундштуков сигарет) Зажимы для фотографич. целей Пробковые палки—пассеты для птиц, ручки для перьев и т. д. Шарики для заполнения позументов Английские пробки
Обрезки П.	Зерна и кусочки неопределенной формы, поперечником 2—50 *мм* (получаются при производстве вышеперечисленных изделий и из П низших сортов)	Пластины искусственной П., служащие заменителями при производстве большинства вышеперечисленных изделий Пробковая изоляция—холодо-, тепло-, влаго- и звукоизоляционные материалы: пробковые камни для строительных целей, пробковые макушки для навивки на них трубчатых проводников, линолеум и другие подобные композиции с пробкой
Отходы П.	П. низших сортов и пробковая мелочь	Пробковая мука—для изготовления различных композиций (и как изоляционный материал), пробкового мыла и т. д. Сухая перегонка П. для добычи газа. Добыча пробковой черни

Обработка П. Добыча и первичная обработка П. (на месте)—см. *Дерево пробковое*. Дальнейшая обработка ведется в центрах пробкообрабатывающей промышленности, отдаленных от производящих пробку местностей; из таких центров наиболее важны Бремен, Дельмена и Горст, Бордо, Берлин, Вена. Обработка П. ведется пробковою промышленностью преимущественно в двух направлениях: 1) в направле-

или выделки П. в пластинах и 2) в направлении использования пробковых отходов и старых П. Количественно пробковая промышленность по первому направлению идет преимущественно в сторону П. различного вида и назначения для затыкания винных и других бутылок. В настоящее время вырезывание П. ведется машинным способом. Пробкообрезывательная машина дает за 10 часов до 24 000 шт. бутылочных П., тогда как при вырезке вручную опытный рабочий может изготовить за то же время самое большее 1 200 штук. При вырезке П. ось ее д. б. параллельна плоскости пробковой пластины, и следовательно ⌀ П. соответствует толщине этой пластины. Этим, во-первых, дается возможность получать П. значительной длины, а во-вторых, обезвреживаются каналы, получившиеся в П. от чечевичек, т. к. они оказываются перпендикулярными к оси П. и следовательно не делают ее проницаемой. При вырезании пластин из пробок сколько-нибудь значительной площади неизбежна пронизанность их вышеуказанными каналами, т. к. плоские грани этих пластин приходится направлять параллельно сторонам пробковой пластины; однако в большинстве случаев это обстоятельство не мешает службе П., т. к. от пробковых пластин непроницаемости обычно не требуется.

О т б е л к а П. Темный цвет П. устраняется посредством окурпвания ее сернистым газом. Более тщательная отбелка производится согласно Г. Рордорфу при помощи разбавленного раствора щавелевой кислоты с добавкою нек-рого количества хлорной извести. После обработки этим раствором П. промывают чистой водой, тщательно просушивают и затем в течение 12 ч. подвергают воздействию сернистого газа. Описанный процесс обработки сообщает им светлый цвет и мягкость, сохраняющуюся до 3 недель; кроме того подобные П. не поражаются насекомыми и плесневыми грибками и не вредят качеству вина. Отмывкою в холодной воде можно извлечь из пробки щавелевую и сернистую кислоты, но тогда появляется своеобразный запах, восстанавливается первоначальный цвет и исчезает приобретенная мягкость. По третьему способу отбелка производится лучше всего пятипроцентным раствором хлорной извести или гипохлоритами щелочных металлов или магния, с последующей кратковременной обработкой материала холодной 2%-ной соляной кислотой; после этой обработки П. тщательно промывается водою и просушивается при 50°. Отбелка П. может производиться также перекисью водорода, озоном или патентованным средством п е р с и л ь; однако подобные процессы обходятся дороже, чем предыдущие.

С т е р и л и з а ц и ю П. производят 10-минутным нагреванием их до 120°, после чего их подвергают действию перегретого пара при 130°. Более высокой $t°$ следует остерегаться, т. к. вследствие разложения смолистых составных частей П. масса может покоробиться. Другой способ дезинфекции П.— парами формальдегида, иногда с примесью паров этилового спирта; при этом полезно нагревать П. до 100°, чтобы помешать оседанию водяного пара в П. и вместе с тем подготовить П. к ванне из парафина или специального состава — и м п р е г н о л я. Предложено также готовые П. после дезинфекции для удаления влаги приводить в сильное движение, напр. подбрасывать.

О ч и с т к а с т а р ы х П. первоначально (1873 г.) велась при помощи серной к-ты. Очистка состоит в выдержке в 5%-ной серной к-те, затем в чистой воде; после этого П. переносят в слабый раствор квасцов и после него выдерживают 2—3 дня на солнце. Согласно одному из приемов старой П. после измельчения или зерпения дают всплывать через ванну из раствора серной к-ты. Жирные П. отчищаются следующим приемом: 15 *л* П. в течение 4 дней шевелятся в 40 *л* свежей воды в каменной посуде. Затем на открытом воздухе их обливают в такой же посуде смесью из 4 *кг* раствора технич. сульфита натрия (38° Bé) и 12 *л* воды, причем к этой смеси постепенно добавляют 1,2 *кг* технич. соляной кислоты и прикрывают деревянной крышкой на 24 ч. Затем П. отмывают на увлажненной холстине 10 *л* теплой воды, промывают в тепловатой воде и затем в течение 2 ч.—в проточной, до утраты кислой реакции, что проверяют по лакмусовой бумаге. После двухдневного стекания с них воды их просушивают в сушильном шкафу или на солнце (Э. Рихтер, 1918).

О к р а с к а П. ведется без добавки к-ты каменноугольными красителями основного характера, гл. обр. тиофлавином Т, диамантфосфином 2G, метиленовым голубым BB, новым метиленовым голубым N, призамином G, родамином 6G, сафранином GGS, блестящим зеленым кристаллическим э к с т р а, устойчивым зеленым (солидгрюн) к р и с т а л л и ч е с к и м O. Другой способ окраски П. состоит в равномерном покрытии их раствором таннина и последующей выдержке в атмосфере газообразного аммиака. От этого процесса пробка получает серые светопрочные и водостойкие тона, глубина к-рых зависит от концентрации раствора таннина.

О б л а г о р о ж е н и е П. может быть проводимо в двух направлениях: 1) с целью уменьшить ее уд. в. и соответственно теплопроводность и другие свойства и 2) с целью повысить водо- и газонепроницаемость П. и ее химич. стойкость. У специально обработанной П., выпускаемой на рынок под названием э к с п а н с и т, это уменьшение уд. веса может быть доведено до $^2/_3$ первоначальной величины и повышает теплоизолирующие свойства на 60%. Процесс облагорожения П. и изделий из нее ведется путем 25—50-мин. проварки их в бане из 4 ч. льняного масла и 1 ч. канифоли, пока они не начнут издавать треск и при втыкании иглы не покажут достаточного разрыхления; тогда П. извлекаются из бани, приставшая к ним смесь из бани обжигается, а зола счищается щетками. Обработанная т. о. П. кроме малого уд. в. приобретает негигроскопичность и может долгое время лежать в воде, не напитываясь ею; экспансит особенно пригоден для спасательных поясов. При другом подобном же процессе увеличение объема П. сочетается с увеличением твердости вследствие большой внутренней связанности отдельных участков П. между собою смолами самой П. Тут П. подвергается прогреву либо горячим паром либо пеком при $t°$ несколько ниже 200°; в виду того что сильное расширение П.

начинается с 260°, $t°$ нагрева м. б. с выгодою повышаема и более, но тогда процесс и последующее охлаждение должны вестись в атмосфере, препятствующей самовозгоранию П. Предложена напр. смесь из 79% азота, 1—20% кислорода, 1—20% углекислоты. В качестве наивыгоднейших условий указывается нагрев во вращающемся барабане при темп-ре 350—400° в газовой струе вышеуказанного состава, пока не улетучится 30—50% составных частей П. Пробковая мелочь в целях облагорожения прогревается сначала в увлажненном виде при 100°, а затем в безводной атмосфере при более высоких $t°$, после чего материал подвергается прессовке в пластины. Увеличение непроницаемости и стойкости пробки достигается при помощи различных пропиток и покрытий П. соответственными составами. Выбор этого состава должен соответствовать свойствам тех сред, с к-рыми П. предстоит соприкасаться. Так, состав, пропитывающий П. для пивных бутылок, не должен плавиться при $t°$ пастеризации, состав, пропитывающий П. для крепких спиртных напитков, д. б. спиртонерастворимым, а для минеральных вод— нечувствительным к углекислоте и т. д. Для проведения пропиточного процесса существует особый барабан, позволяющий пропитываемый материал держать в постоянном движении. Один из наиболее простых приемов, позволяющих повысить непроницаемость и химич. стойкость П., состоит в проварке П. в парафиновой или восковой бане. Такие П. особенно пригодны для многих химич. целей. Защита П. от паров кипящей соляной и других к-т сообщается им путем 2—3-часового кипячения в растворе из 1 ч. концентрированного раствора натрового растворимого стекла в 3 ч. воды, последующей просушкой и покрытием со стороны, непосредственно подверженной действию кислых паров, полужидкою смесью из растворимого стекла и стеклянного порошка, после чего эта смесь отверждается раствором хлористого кальция. Поры П. предложено заполнять смесью из магниевого силиката, шеллака и смолы. Полную водонепроницаемость предложено сообщать проваркою в смеси из 70% растворяющего углеводорода, 20% озокерита, 5% минерального масла и 5% жировика в порошке. Водонепроницаемость поплавков, также и в отношении теплой воды при 65°, достигается посредством покрытия их китайским древесным маслом или настоящим японским лаком. Замена последнего каучуковыми лаками или просто растворами эмалевыми и спиртовыми возможна, но не дает надлежащей теплостойкости, и кроме того гибкость этих некаучуковых лаков д. б. повышена прибавкою касторового масла. Стойкую, нейтральную и достаточно упругую пленку на П. можно получить из производных целлюлозы, напр. помощью раствора целлюлоида в амилацетате или коллодия. Особенная гибкость пленки получается при покрытии П. медноаммиачным раствором целлюлозы, после просушки пергаментируемой и освобождаемой от окиси меди погружением П. в баню из серной к-ты. Уничтожение запаха П. и сообщение упругости, то и другое на долгий срок, достигается путем обработки П. продуктом конденсации полиглицеринов или других многоатомных спиртов с формальдегидом; из этого препарата, сохраняемого без доступа воздуха, перед употреблением изготовляют 5%-ный водный раствор.

П р и к л е и в а н и е П. 1) Склеивание тонких пробковых пластин может производиться любым клеем растительного или животного происхождения, но с добавкою некоторого количества терпентина и озокерита (или японского воска), причем клей животного происхождения принимает терпентина больше; склеивающий состав применяется в нагретом состоянии. 2) Склеивание П. с фарфором производится смесью из крепкого раствора рыбьего пузыря или желатины с густым спиртовым раствором мастики и сандарака, куда добавлено несколько капель скипидара. 3) Склеивание П. со стеклом производится нагретою смесью из 2 ч. рыбьего клея, 16 ч. водки, 1 ч. мастики, 16 ч. спирта и 4 ч. гуммиарабика, причем П. предварительно смазывается теплым отваром галловых орешков. Можно также производить указанную склейку при помощи смеси сплава из равных частей кека и гуттаперчи. Применяются также глетово-глицериновая мастика и клей из казеина и извести. 4) Герметич. заделка бутылочных П. может производиться посредством смеси бензиновых растворов, шеллака и каучука, предварительно изготовляемых порознь; консистенция состава д. б. густой сиропообразной. 5) П. с железом связывается расплавленной серой. Может применяться также и сплав из 35 ч. сосновой смолы, 7 ч. канифоли, 4 ч. венецианского терпентина и 5 ч. обожженного гипса. Пробковые прокладки удерживаются в рамах слоем асфальта.

О б р а б о т к а и п р и м е н е н и е п р о б к о в о й м е л о ч и. П. в виде мелких кусочков, зерненая и наконец порошкообразная применяется как в виде сыпучего тела, так и в виде различных искусственных твердых тел. Пробковая пыль, или мука, будучи добавлена (в отношении 1 : 2) к общепринятой жировой смеси для смазки, дает специальную шумоглушащую смазку для колес экипажей; подобная же смесь применяется в автомобилях. Будучи добавлена (в количестве 5—7%) к туалетному мылу, пробковая пыль или опилки пробки повышают его очищающее действие. Пробковые опилки служат наилучшим упаковочным средством для фруктов. Коричневые каменные клетки, выпадающие из чечевичек, в тонкоразмолотом виде применяют в качестве присыпки, предупреждающей склеивание резиновых товаров в тех случаях, когда не требуется бесцветности. Тот же материал применяется подобно тальку для сообщения скользкости. Пробковая мука служит также для заполнения резиновых шин экипажей, входя в состав смеси: 40% желатины, 40% глицерина, 3% венецианского терпентина, 5% пробковой муки, 12% двухромовокислого калия. В сочетании с каучуком хорошо просушенные пробковые опилки дают смесь, к-рая после вулканизации отличается особою влагоустойчивостью. Пробковые опилки или мука, частицы к-рой пропитаны тонкой пленкой лака из раствора смолы в тяжелом бензине и затем подвергнуты многочасовому давлению, дают массу для наполнения пустотелых П. из пара-каучука и позволяют

таким обр. значительно сократить потребление этого последнего. Вместо лака в указанной массе может применяться коллодий или раствор каучука в масле. После прессовки и надлежащей обрезки эти вставки окунаются в раствор каучука, вводятся в каучуковые оболочки и укрепляются в них прессовкою. Отходы П. идут на набивку экипажных подушек, матрацы, на ударные подушки для судов, различные пробковые теплоизолирующие массы, и в частности для покрытия стен, полов, потолков, паро- и водопроводов, холодильных установок, на пробковую кожу, пробковую бумагу, искусственные пробки, поплавки, на камптуликон (подвергнутая горячей прессовке смесь из 1 ч. каучука с 4—5 ч. наполнителей, гл. обр. П.; изобретен в 1844 и 1855 гг. В. Галловеем и применялся как линолеум), *линолеум* (см.) и пробковый камень. Подвергаясь сухой перегонке, пробковые отходы дают светильный газ (из 100 *кг* П. выход газа 50 *м*³), а жидкие и дегтеобразные продукты находят применение, подобное каменноугольным; такой з-д существует напр. в Нераке в Гаскони. Уголь, получаемый при сжигании отходов пробки, применяется как полирующее средство и как ценная краска —пробковая чернь (пробковая черная), однако распространенная на рынке под названием испанской черной краска представляет менее ценный продукт из виноградных косточек.

Композиции с измельченной П. Тут следует различать композиции, несущие ответственную механич. функцию (пробковые камни), и те композиции, на к-рые не накладывается особых механических усилий (пробковые изоляционные массы); за счет допустимой здесь большей рыхлости теплои звукоизоляционные свойства и удельный объем этих масс м.б.значительно повышаемы.

Пробковые камни. В основании различных способов производства пробковых камней лежит подготовка измельченной П. Для примера более подробно описывается процесс изготовления пробковых камней. Измельчение П. производится на ударной мельнице, после чего продукт помола сортируется по величине зерна, освобождается магнитным сепаратором от частиц железа и вентилятором от пыли, затем на специальных замешивающих машинах зерна П. покрывают тонким слоем связующего вещества и при помощи нагрева вызывают увеличение объема зерен. После просушки масса подвергается прессовке, вновь просушивается и на платформах погружается в нагретый до жидкого состояния асфальт, после чего снова подвергается прессовке. Наиболее легкие пробковые камни получаются из прокипяченной П., спрессованной при темп-ре до 200—250° и под давлением 2—3 *atm*. Добавка белковых веществ или смол несколько утяжеляет пробковые камни, но повышает их тепло- и влагостойкость и обрабатываемость на токарном станке. Чтобы ограничить количество связующего вещества, частицы П. покрывают пленкою вискозы или ацетилцеллюлозы. Связующим веществом для пробковых камней м. б. также водная эмульсия глины с каменноугольным дегтем или минеральным маслом, жирными маслами или смоляными мылами. Или изготовленную заранее смесь пробковых опилок с горячим глиняным тестом вносят в нагретый до 200° пек. Или горячее глиняное тесто смешивают с пековой мукой и затем уже с мукою пробковой. Изготовленные на каменноугольном пеке или дегте пробковые камни выделяют неприятный запах; он м. б. ослаблен добавкою к смеси до прессовки порошкообразного мела, причем от этого ускоряется отвердевание массы и повышается теплостойкость. Склейка пробковых камней производится горячим сплавом из 12 ч. безводного каменноугольного дегтя, 5 ч. серного цвета и 3 ч. асфальта. Пробковые камни с минеральным связующим веществом д. б. изготовляемы так, чтобы каждая частица П. была окружена связующим веществом, так как это повышает огнестойкость, защитное действие от холода и тепла. Так например, пробковые пластины «альгостат» при толщине 5 *см* в изоляционном отношении превосходят кирпичную стену 10-кратной толщины. Подобные же массы делают на гидроокиси бария с растворимым стеклом или с гидроокисью кальция и растворимым стеклом или с цементом и т. д. Для характеристики пробковых камней приводим пример довоенной продукции завода Грюнцвейг и Гартман (Людвигсгафен — Германия). Выпускаются кирпичи размером 25×12×6,5 *см* и весом ~0,6 *кг*. Цена кирпича белого 10 пфенигов и черного 14 пфенигов. Прочность на сжатие ~17 *кг/см*². Коэф. теплопроводности 0,08—белых и 0,165—черных. Во влажных помещениях и при $t°$ выше 350° неприменимы.

Из числа различных пробковых масс особой известностью пользуются массы Армстронга, выделываемые в Питтсбурге. Это—пробковый картон для изоляции потолков, полов и т. д., пробковые покрытия для холодной проводки, пробковый кирпич для устройства бесшумных полов и линолеум, пробковые подошвы и стельки для обуви и т. д. О теплоизоляционных свойствах пробкового картона можно судить по данным о теплопроводности, сопоставленным в табл. 3.

Табл. 3.—Данные о теплопроводности некоторых строительн. материалов.

Материал	Относит. теплопроводность*
Сланец	34,1
Бетон	10,5—15,5
Дерево (средняя для виргинской сосны, дуба и клена)	3,36
Пробковый картон Армстронга	1

* Теплопроводность приведена в относит. числах, причем теплопроводность пробкового картона принята за 1.

Для подсчета толщины тепловой изоляции, необходимой при различных условиях влажности и $t°$, чтобы предупредить конденсацию влаги на внутренних поверхностях стен, существует особая номограмма (см. также *Спр. Т Э*, том III, стр. 151). Пробковый картон отличается водоупорностью, механич. прочностью, хорошо обрабатывается и обладает свойством задерживать распространение пожара. В табл. 4 сопоставлены данные о времени, в течение к-рого огонь в известных условиях, одинаковых для всех материалов, прорывался через теплоизоляционную перегородку.

Рецептов различных композиций с измельченной П. существует очень большое число. Приводим несколько: 1) состав для формовки звуковых коробок фонографов: молотой П. 4 ч., асбеста 1 ч., молотого кремнезема 1 ч., окиси магния и хлористого магния 2,5 части (Дэвис, 1922); 2) пористая огнестойкая изоляционная масса: пористая пробковая масса пропитывается водным раствором (10—35°) растворимого стекла с медом или подобных минеральных веществ (Могельсен, 1911; 3) теплоизоляционный материал: смесь сухой П. и измельченного асбеста (Мерилль, 1911); 4) композиция из П.: П. заливается раствором из 1 ч. клея в 6 ч. кипящей воды, к к-рой добавлено 0,7 ч. глицерина; затем масса обрабатывается раствором 1 ч. хромовых квасцов в 4 ч. кипящей воды, размешивается, просушивается, затем подвергается формовке (Тугендрейх, 1909); 5) композиция из П.: 160 ч. тонко измельченной П., 2 ч. гуммиарабика, 1,5 ч. крахмала, 1 ч. желатины, 1 ч. сахара, 2 ч. клея, 1 ч. глицерина; 6) изоляционный материал: 40—60 ч. тонко размолотой П. варится с 40—60 ч. льняного масла, пока масса не станет густо подвижной; тогда из нее формуют изделия, после затвердевания при 37° погружаемые в расплавленный воск (1910).

Табл. 4.—Характеристика теплоизоляционных перегородок.

Материал	Число слоев	Общая толщина, дм.	Время прожигания, мин.	Разрушение, вызванное пламенем, после того как оно удалено
Пробковый картон Армстронга	1	1	55	Огонь прекратился
Волокна сахарного тростника, спрессованные в виде картона	2	7/8	27	Материал сгорел начисто
Fel-grass в виде войлока между двумя слоями тяжелой бумаги	4	1	2 1/2	Огонь прекратился
Древесная масса в виде войлока между двумя слоями тяжелой бумаги	2	1	4	» »
Растительное волокно в виде полутвердого войлока	1	1	11	Материал сгорел начисто
Коровья шерсть, простеганная между слоями тяжелой бумаги	2	1	11/2	» » »
Растительное волокно, простеганное между слоями тяжелой бумаги	2	1	2 1/2	» » частично
Растительное волокно в виде полутвердого войлока	2	1	8	» » начисто

Заменителей П. предлагалось весьма большое число. Их можно разделить на 3 группы: 1) различные естественные продукты растительного происхождения (см. *Дерево пробковое*); 2) многочисленные композиции, преимущественно с волокнистыми материалами, и наконец 3) синтетич. П. Ни один из предложенных заменителей не оказался однако действительно обладающим драгоценными свойствами П. и в лучшем случае м. б. приравниваем к настоящей П. только в каких-то определенных отношениях, т. е. в той или другой узкой области применения П.

Лит.: Кернэ Э. Э., Пробковый дуб, «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», Л., 1927—1928, т. 18; Любименко В. Н., Курс общей ботаники, Берлин, 1923; Klauber A., Monographie des Korkes, B., 1920; Hohnel V., Ueber den Kork und verkorkte Gewebe, Wien, 1878; Tschirch A., Angewandte Pflanzenanatomie, p. 272, W., 1889; Hanausek T. F., Lehrbuch d. technischen Mikroskopie, Stg., 1901; Müller E. A., Über die Korkreiche, «Abhandlungen d. Geographischen Gesellschaft in Wien», W., 1900; Stephan A., Fabrikation d. Kautschuk- und Leimmassentypen, Fabrikation des Korkes und d. Korkabfälle, W.—Lpz., 1899; Koch O., «Technische Rundschau», B., 1906; Nafzger Fr., «Z. ang. Ch.», 1900, p. 516, 536; Schneider A., Real-Enzyklopädie d. gesamten Pharmazie, hrsg. v. J. Möller u. H. Thoms, B. 6, 2 Aufl., W., 1905; Möller J., «Botanische Ztg», B., 1879; Möller J., Real-Enzyklopädie d. gesamten Pharmazie, hrsg. v. J. Möller u. H. Thoms, B. 10, 2 Aufl., B.—W., 1908; Möller J., «Pharm. Zentralhalle», B., 1886; Freund H., «Pharmazeutische Zeitung», B., 1916, B. 61; «Kunststoffe», Mch., 1913; Armstrong's Corkboard Insulation, Pittsburgh, Pa., 1926; The Insulation of Roofs with Armstrong's Corkboard, Pittsburgh, Pa., 1926; The Insulation of Roofs to Prevent Condensation, Pittsburgh, Pa., 1927.

П. Флоренский.

ПРОБНОЕ КРАШЕНИЕ имеет целью установление практич. ценности и качества испытуемого красителя сравнением с имеющимися образцами—типами, для установления концентрации красителя, цвета и оттенка окраски на волокне; П. к. ставит также задачу подогнать окрашиваемый образец под заданный цвет в лабораторных и полуфабричных условиях для дальнейшего производства в фабричном масштабе. Концентрацию красителя определяют качественной пробой путем сравнения со стандартным образцом—типом, что дает понятие о цвете, оттенке и способе крашения. Наряду с этим определяется выбираемость красителя и его эгализирующая способность. П. к. производят: а) применением равных количеств красителей (испытуемого и типового) и сравнением полученных окрасок; б) производством одинаковых по глубине цвета окрасок посредством сравниваемых красителей и определением расходуемых количеств красителей; в) производством выкрасок одинаково стоящими весовыми количествами красителей для определения выгодности красителей. О чистоте и оттенке красителя лучше всего можно судить по слабым выкраскам. Красящая способность, или интенсивность красителя, наоборот, проявляется заметнее в темных цветах. Окрашиваются одинаковыми количествами красителей при одних и тех же условиях равные весовые количества товара и сравниваются выкраски. Для решения вопроса, является ли новый краситель выгоднее старого, производят окрашивание равных (по весу) количеств товара и при одинаковых условиях, но различными количествами красителей, обратно пропорциональными их цене. Чем дороже краситель, тем его берут меньше и наоборот. В обоих случаях обращают внимание как на чистоту, так и на глубину цвета. От каждой вновь получаемой партии берут пробу и сравнивают с типом. П. к. необходимо производить при условиях возможно более близких к фабричным условиям крашения, соблюдая относительные количества красителя, $t°$, время крашения, длину ванны и т. д. Необходимо соблюдать условия, при к-рых не имело бы место перегревание стенок сосудов, в к-рых происходит П. к., равно как и не влияло бы изменение концентрации раствора (вследствие испарения воды). Рассматривание образцов следует производить при рассеянном дневном свете, падающем с северной стороны. При невозможности пользования последним применяются лампы для дневного света; при таком освещении цвет выкраски представляется глазу таким же, как и при нормальном дневном свете. Количественные определения красителей помощью сравнительных выкрасок применяются для определения концентрации продажных красителей. Выкраски, произведенные испытуемым красителем, сравнивают с рядом стандартных выкрасок типовым красителем, произведенных в одинаковых условиях ($t°$, длина ванны и продолжительность крашения) и отличающихся лишь содержанием красителя на волокне. Если испытуемая выкра-

ска соответствует стандартной выкраске, полученной с меньшим количеством красителя, то это значит, что она по концентрации красителя слабее стандартной выкраски. В случае испытания желтых красителей, различие которых по концентрации на основании выкрасок трудно установить, прибавляют как к образцу, так и к типу одинаковые количества синего красителя той же самой группы и уже полученными смесями красителей производят вышеуказанные выкраски. В зависимости от концентрации желтого красителя, полученная зеленая окраска будет отличаться по оттенку (у концентрированного—желтоватый, а у менее концентрированного—синеватый оттенок), легко различаемому глазом.

Для производства П. к. необходимо выбрать соответствующий природе красителя волокнистый материал, метод крашения, $t°$ и ее изменения во время П. к., добавку в ванну соответствующих химич. веществ: нейтральных (глауберова или поваренная соль), щелочных (мыло, сода, бура, аммиак и т. д.) и кислот (к-та серная, соляная, уксусная и пр.). Означенные прибавки не должны влиять ни на тон окраски, ни на осаждение красителя из раствора, ни на быстроту извлечения красителя из раствора. Обычно в лабораторных условиях П. к. производят на пряже, при непрерывном выхаживании окрашиваемого образца. Такое выхаживание мотков пряжи продолжается каждые 2—5 мин., причем в начале крашения по возможности чаще. Можно также красить мотки пряжи совершенно под уровнем красильного раствора, как это имеет место при кубовых и сернистых красителях. В таком случае моток пряжи погружают в красильный раствор или применяют U-образно изогнутые стеклянные палочки, на к-рых мотки висят под уровнем красильного раствора. Для П. к. в лабораторных условиях пользуются стеклянными, фарфоровыми, медными (луженными) и т. п. стаканами емкостью от 250 $см^3$ до 1—3 $л$. С целью равномерного обогревания всех стаканов последние погружают в медную или железную баню, наполненную водой, глицерином, маслом, раствором поваренной соли или хлористого кальция, с целью создания различных условий для кипа красильного раствора в стаканах. Обогревание производят газом, глухим паром или иным источником тепла. При пользовании банями с растворами хлористого кальция или поваренной соли по окончании крашения производят медленное остывание растворов, что приближает П. к. к производственным условиям работы. При производстве П. к. на пряже, в мотках и шнулях, тканях и пр., имеющего целью подгон под образец, определение ровноты окраски и выработку режима работы в полуфабричном масштабе, пользуются плюсовками, маленькими барочками, джиггерами, аппаратами упаковочной и насадочной систем (заводов Обермайер, Конен и др.), снабженными цилиндрами для крашения в упаковочном виде и устройством для крашения початков, конич. и крестовых шнуль, вакуум-насосной установкой и т. п., т. е. оборудованием, имитирующим производственные приемы работы и производственную красильную аппаратуру. На подобных аппаратах производят П. к. с различными количествами волокнистого материала, обычно не более 3—5 $кг$. Согласно разработанным нормам пробного крашения для сравнительного выкрашивания (проект промстандарта ВСНХ СССР) производится отбор проб и П. к. при следующих условиях. Для порошкообразных красителей отбирается 10% мест и берется не менее 75 $г$ красителя с каждого барабана. Для красителей в пасте берут от 2 до 10% мест и от каждого барабана с трех разных мест его по 300 $г$ красителя.

Методы П. к. для хлопка. П. к. производится на отваренной и отбеленной в фабричных условиях пряже (крученая № 32/2) или ткани (миткаль 80-фунтовый—основа № 32, уток № 38). А. Субстантивное крашение. Для определения интенсивности окраски берут для желтого цвета 1 и $^1/_4$% красителя, синего—2 и $^1/_2$%, красного—2 и $^1/_2$%, черного—4,2 и $^1/_2$% от веса товара при расчете на 100%-ный тип красителя. Навеска красителя берется с точностью до 0,01 $г$ и растворяется в дистиллированной воде. Миткаля или пряжи навешивают не менее 10 $г$ (с точностью до 0,1 $г$). Длина ванны 1 : 30. При заправке ванны вносят кальцинированную соду (2%) и краситель; глауберову (40%) или поваренную соль (20%) вносят в 20% раствора в два приема: половину при заправке и вторую половину через 20—30 мин. после начала крашения; вода д. б. дистиллированная. Стаканы с красильным раствором ставят в кипящую водяную баню с погружением в нее не менее чем на $^3/_4$ уровня жидкости в стакане. При $t°$ 40—50° вводится материал, предварительно замоченный в дистиллированной воде и слегка отжатый в руках. Крашение производят в течение 1 часа при 80—85°. Мотки пряжи помещаются на изогнутых стеклянных палочках под уровнем жидкости. По окончании крашения стаканы вынимают, держат 15 минут на остывающей ванне, отжимают образцы над стаканом стеклянными палочками и промывают холодной водой. Сушка при 60°. Б. Крашение диазотирующимися на волокне красителями. Крашение производится по предыдущему. Окрашенную и промытую ткань опускают на 20 мин. при $t°$ 15° в раствор 2,5% $NaNO_2$ и 7,5% HCl 18° Bé. Ванна 1 : 30. Промывка в двух водах. Затем образец погружают на 20 мин. при 15° в ванну с 2,5 $г$ β-нафтола и NaOH (по расчету $1^1/_2$ мол. NaOH на 1 мол. β-нафтола) в 1 $л$ воды без ализаринового масла. Диазотирование и проявление следуют друг за другом. Проявленную ткань промывают холодной водой, пропускают через раствор ядрового мыла (10 $г$ на $л$ при 60°) в течение 2—3 мин., после чего промывают и сушат при 60°.

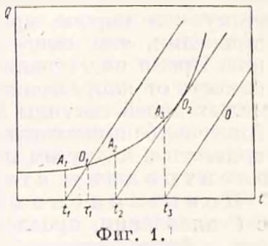
Методы П. к. для шерсти. Материалом служит пряжа белой мериносовой шерсти ординарная № 1/24 (камвольная) и $^1/_8$ (аппаратная). Ткань стандартная—чистая шерстяная, типа Рекорд (саржа 2/2—основа $^1/_{45}$ ш/с, уток 1/51 ш/с). Подготовку материала производят при 60° $^1/_2$ часа с 3% углекислого аммония при длине ванны 1 : 30. Материала берут не менее 10 $г$. Крашение производится при $t°$ (внутри красильного сосуда) не ниже 98°. Выкраска черным красителем в 4 и 1%; красным—2 и 0,5%; желтым и оранжевым—1 и 0,25%; коричневым и остальными—3 и 1%. Красильную ванну заправляют красителем, глауберовой солью, уксусной и серной к-той в зависимости от индивидуальности красителя. Материал предварительно замачивают в горячей дистиллированной воде, отжимают, вносят в ванну на холоду. Через 20—25 мин. доводят раствор до кипа и красят 1 час на кипу. Материал должен находиться под жидкостью. во время крашения добавляют воду для пополнения убыли ее вследствие испарения. По окончании крашения вынимают стакан из раствора, держат 15 мин. на остывающей ванне, отжимают, промывают и сушат на воздухе.

Лит.: Рутгли П., Крашение и анализ красителей, пер. с нем., М., 1929; Шикк О., Химия текстильщика, пер. с нем., П., 1923; Heermann P., Колористич. и текстильно-химич. исследования, пер. с нем., М., 1905; Heermann P., Färberei- u. textilchemische Untersuchungen, 4 Auflage, Berlin, 1923.

Э. Фукс.

ПРОБОЙ, разрушение диэлектриков под действием электрич. поля (см. *Диэлектрики*, *Изоляционные электротехнические материалы*). Как по величинам пробивных напряжений, так и по характеру пробоя, удобно отдельно рассмотреть газообразные, жидкие и твердые диэлектрики. П. в газах—см. *Разряд электрический*. П. жидкостей наименее изучен с физической стороны. (Систематизированный опытный материал—см. *Изоляционные масла*.) Решающее влияние имеет тщательная очистка от химич. примесей (в особенности от полярных веществ, напр. вода), от твердых пылинок и от растворенных газов. Работы Шумана и Вальтера показали, что в наиболее чистых условиях П. жидкости обусловливается теми же явлениями, что и в твердых диэлектриках. Пробивное напряжение не зависит ни от давления окружающего газа ни от $t°$. Ничтожные примеси воды или газа к маслу резко изменяют его пробивные напряжения. Прибавление к совершенно сухому маслу 10^{-6} части воды в 6 раз понижает пробивное напряжение (с 800 kV/$см$ до 140 kV/$см$). В такой жидкости наблюдается также резкое возрастание пробивного напряжения с увеличением давления. В масле напр. на каждую атмосферу давления пробивное напряжение возрастает на 90 $\frac{kV}{см}$, в ксилоле—на 320 $\frac{kV}{см}$. В твердых телах можно различать два основных типа П.: тепловой и ионизационный. Первый заключается в постепенном прогреве диэлектрика электрическим током вплоть до его проплавления, второй—в вырывании движущимися в поле внутри диэлектрика зарядами новых зарядов, развивающихся в лавину ионов, разрушающую диэлектрик. Другие процессы, ведущие к разрушению диэлектрика электрич. полем,—вырывание зарядов самим полем, образование трещин под действием механических натяжений, образование металлических нитей в результате электролиза диэлектрика,—встречаются и м. б. осуществлены в отдельных случаях, но широкого распространения не имеют.

Тепловой П. Всякий диэлектрик обладает конечной электропроводностью, обычно (в случае ионной проводимости) быстро растущей с $t°$ (до 10% на 1°; см. *Диэлектрики*). Поэтому электрическое поле создает ток, нагревающий диэлектрик и т. о. повышающий его электропроводность. Ток, а следовательно и выделяемая им теплота возрастают; $t°$ снова повышается, и т. о. процесс идет, усиливаясь и ускоряясь во времени, и должен был бы с течением времени вызвать неограниченное повышение $t°$, если бы он не сопровождался отводом тепла от диэлектрика через электроды в окружающую среду. И этот процесс отвода тепла ускоряется по мере повышения $t°$ диэлектрика, но гораздо медленнее, чем выделение джоулевого тепла. Фиг. 1 иллюстрирует скорость этих двух процессов выделения и отвода тепла в зависимости от $t°$ диэлектрика. Кривая $A_1A_2A_3$ выражает при некоторой заданной разности потенциалов V_0 зависимость выделяемого током в секунду тепла Q от температуры t. Три прямые дают отводимое от диэлектрика данной темп-ры t тепло, когда окружающая среда имеет температуру t_1, t_2 или t_3. В первом случае, при достижении диэлектриком в точке O_1 температуры τ_1, приток и отвод тепла уравниваются и наступает тепловое равновесие. Диэлектрик длительно сохраняет темп-ру τ_1, а вся выделяемая током теплота отводится в окружающую среду. При темп-ре t_2 окружающей среды имеем предельный случай, когда такое равновесие еще возможно в точке O_2, где касаются обе кривые. При темп-ре среды t_3 при нагревании выделяемая током теплота при всех $t°$ больше отвода тепла; различие между ними все возрастает с повышением $t°$, и т. о. процесс, нарастая, ведет к катастрофе—достижению $t°$ плавления или возгонки. Ток при этом резко возрастает, и целость диэлектрика нарушается—появляется проплавленный или прожженный канал от одного электрода к другому. Очевидно, что t_2—наивысшая температура, при к-рой при данном напряжении V_0 можно еще избежать пробоя. Эта картина положена была в объяснение механизма пробоя К. Вагнером, причем Вагнер особенно подчеркивал значение отдельных участков диэлектрика, обладающих повышенной электропроводностью. Здесь процесс нарастания $t°$ должен пойти особенно быстро, и следовательно такие участки особенно опасны в смысле П. Однако Семенов и Вальтер показали на примере совершенно однородных кристаллов каменной соли, что тепловой П. имеет место и без особых участков неоднородности и сопровождается равномерным нагревом диэлектрика до его проплавления в том месте, где отвод тепла оказывается наихудшим. Закономерности при таком однородном тепловом П. были теоретически вычислены Фоком, Семеновым и Вальтером и одновременно в Германии Карманом и Роговским. На опыте они были проверены Семеновым и Вальтером.

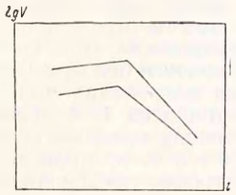


Фиг. 1.

Характерной чертой теплового механизма П. является резкое влияние $t°$ диэлек-

трика на его пробивное напряжение. В самом деле ясно, что при высоких темп-рах, когда сопротивление диэлектрика мало, достаточно и большой разности потенциалов, чтобы выделить в диэлектрике количество тепла, достаточное для П. Другим столь же характерным свойством теплового пробоя является повышение пробивного напряжения с увеличением теплопроводности электродов и самого диэлектрика. И эта зависимость оказалась в хорошем согласии с теорией Фока. Наконец ясно, что тепловой пробой, как всякий тепловой процесс, требует времени для своего установления. Поэтому чем короче время приложения напряжения, тем выше пробивное напряжение. Время подготовки процесса П. в зависимости от напряжения может меняться от малых долей секунды до нескольких часов. Длительное приложение напряжения может привести и к другим побочным явлениям—электролизу, старению.

Ионизационный П. Если, начиная с $t°$ плавления, проследить П. при все более и более низких $t°$ диэлектрика, то мы сначала находим полное подтверждение изложенной тепловой теории. При некоторой $t°$ наступает однако резкое изменение в явлении П. Пробивное напряжение уже больше не зависит от темп-ры. Теплопроводность электродов не играет больше никакой роли. Количество тепла, выделяемого током, настолько ничтожно, что говорить о вызванном им нагревании невозможно. Потребовались бы часы, чтобы нагреть диэлектрик на 1°, а П. наступает уже через 10^{-6} ск.



Фиг. 2.

Эти две области $t°$ наглядно выступают на фиг. 2, относящейся к каменной соли. Очевидно в области низких $t°$ мы имеем дело с каким-то новым явлением. И действительно, самый характер П. другой. Он происходит почти мгновенно, вызывает не проплавление, а растрескивание диэлектрика. П. происходит не посредине, где отвод наименьший, а по краю электрода, где электрич. поле достигает наибольшего значения. В этом случае механизм П. ионизационный. Имеющиеся в диэлектриках заряды при своем движении в электрическом поле, достаточно сильном для П., приобретают такие скорости, что вызывают ионизацию. Все нарастающая лавина зарядов и приводит в конце-концов к пробою. Т. к. при каждой ионизации число ионов удваивается, то после z ионизаций начальное число ионов n_0 достигает значения $n = n_0 \cdot 2z$. При $z = 10$ число ионов, а следовательно и ток увеличиваются в тысячу раз, при $z = 20$—в миллион раз, а при $z = 100$—в 10^{30} раз. Ясно, что как бы ни мало было начальное число ионов, такая ионизация всегда приведет к токам, достаточным для П., если только толщина диэлектрика допускает несколько десятков ионизаций. Это условие обычно удовлетворяется. В самом деле, расстояние, на к-ром даже в самых сильных электрич. полях ион достигает своей максимальной скорости, с к-рой уже дальше движется равномерно, по всем подсчетам не превосходит 0,1 μ. Указанное выше требование сводится следовательно к тому, чтобы толщина диэлектрика была не меньше 0,01 *мм*. В процессе ионизации могут получаться не только ионы, но и электроны, образуются объемные заряды и поле искажается; но это не меняет общего характера явления.

Тонкие слои. Совершенно иначе обстоит дело в слоях толщиной менее 0,01 *мм*. Такие слои представляют особый интерес для изучения механизма П. В толстых слоях П. происходит сейчас же, как только начнется ионизация; в тонких диэлектриках ионизация еще не означает П. Число ионов возрастает, но не беспредельно, а только в определенное число раз, зависящее от толщины диэлектрика D и от длины пробега иона d от одной ионизации до следующей. Еще лучше измерять расстояние между двумя ионизациями не длиной отрезка между ними, а той разностью потенциала P, которую прошел ион от одной ионизации до другой. Если к диэлектрику приложена разность потенциалов V, то ион, находившийся у одного электрода и прошедший сквозь всю толщу D, испытывает на пути $z = \frac{D}{d} = \frac{V}{P}$ ионизирующих столкновений и создает 2^z новых ионов. Однако ионы, находившиеся внутри, пройдут лишь часть пути и число ионизаций будет меньше. Если просуммировать общее число ионов, созданных n_0 ионами, равномерно расположенными по диэлектрику, то мы получим

$$n = n_0 \frac{P}{V}(e^{\frac{V}{P}} - 1)$$

или, пренебрегая 1 по сравнению с $e^{\frac{V}{P}}$,

$$n = n_0 \frac{P}{V} e^{\frac{V}{P}} = n_0 \frac{d}{D} e^{\frac{D}{d}}.$$

Можно обобщить эту ф-лу на различные $t°$, воспользовавшись зависимостью для n_0

$$n_0 = Ne^{-\frac{a}{T}},$$

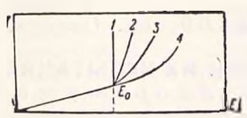
где N—число свободных ионов, соответствующих $T = \infty$. Для большинства диэлектриков $a \cong 5\,000 \div 10\,000$. Подставляя значение n_0 и логарифмируя, получим:

$$\lg n = \lg N - \frac{a}{T} + \frac{V}{P} - \lg \frac{V}{P}.$$

Последний член обыкновенно мал.

Ионизация так же увеличивает число ионов, как и темп-ра; $\frac{a}{T}$ имеет при обычных $t°$ значение от 15 до 30. Если и $\frac{V}{P}$ достигает такого же значения, как $\frac{a}{T}$, то $\lg n \cong \lg N$, т. е. твердый диэлектрик разрушается. Чем ниже темп-ра T, тем больше $\frac{a}{T}$ и тем больше м. б. и $\frac{V}{P}$. Следовательно с понижением $t°$ пробивное напряжение тонких слоев возрастает, тогда как оно не зависит от $t°$ для толстых слоев, где всегда при всяком T $\frac{V}{P}$ очень велико по сравнению с $\frac{a}{T}$. Приведенная выше ф-ла оправдывается не только качественно, но и количественно для стекла, кварца, слюды и канифоли.

Еще более убедительным доказательством справедливости ионизационной теории П. является изучение зависимости силы тока I в тонких слоях от напряженности поля E. С началом ионизации закон Ома перестает оправдываться. Зависимость I от E изображена на фиг. 3. До напряженностей E_0, соответствующих началу ионизации, мы имеем закон Ома. При повышении напряженности мы получаем вертикальную кривую *1* (пробой) для слоев толще 10 μ, кривую *2*—для слоев порядка 5 μ, кривую *3*—для еще более тонких, и кривую *4*—для самых тонких слоев порядка 0,1 μ. Эти кривые вполне оправдывают допущение о том, что за пределами ионизационной напряженности E_0 мы имеем увеличение числа ионов, которое экспоненциально растет как с толщиной, так и с напряженностью поля. Чем тоньше слой диэлектрика, тем больше д. б. напряженность поля, способного вызвать П. В самом деле, мы можем принять, что пробой наступает тогда, когда начальная плотность ионов увеличивается в определенное число раз, т. е. когда $z = \frac{V}{P}$ достигнет значения от 10 до 20. Если бы разность потенциалов P, необходимая для ионизации, была строго определенной величиной, то это значило бы, что П. в тонких слоях диэлектрика наступает всегда при одном и том же значении потенциала V, что до нек-рой степени и оправдывается, но не вполне. В самом деле, для ионизации ион должен обладать определенной кинетической энергией $\frac{1}{2}mv^2$, которую мы можем изобразить как произведение ионизационного потенциала P_0 на заряд иона e. P_0 есть постоянная величина для данного диэлектрика. Однако она не равна P. При прохождении ионом разности потенциалов P электрич. поле затрачивает работу $P \cdot e$, но из этой работы только часть идет на сообщение кинетич. энергии иону. Остальная же часть расходуется при столкновениях на работу трения. Чем больше напряжение электрич. поля, тем меньше тратится на трение и тем меньше следовательно разность $P - P_0$. Более точный анализ явления ионизации в тонких слоях приводит к хорошему согласию с данными опыта.



Фиг. 3.

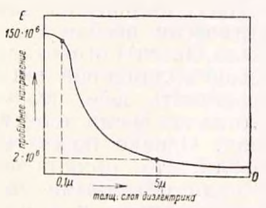
Наиболее важно практически то, что в тонких слоях могут существовать без разрушения такие электрич. поля, к-рые пробивают более толстый диэлектрик. Чем тоньше слой, тем больше максимальное напряжение E, к-рое может выдержать диэлектрик без П. Если пробивное напряжение в толстых слоях не превышает 10^6 V/*см*, то при толщине в 2 μ это напряжение превосходит уже $10 \cdot 10^6$ V/*см*, а при толщине 0,2 μ $100 \cdot 10^6$ V/*см*. Зависимость пробивного градиента от толщины практически одинакова для всех диэлектриков, в к-рых наблюдается ионизационный пробой и сопротивление которых при комнатной температуре достаточно велико.

Источником ионизации являются ионы, находящиеся в диэлектрике, при ионизации они в свою очередь создают новые ионы. Это утверждение обосновано было опытом Курчатова и Кобеко, которые показали, что в стекле закон Фарадея в такой же мере является справедливым для ионизационного тока, как и для нормального. Когда число ионов благодаря ионизации возрастает в тысячу раз, все эти новые ионы обнаруживаются на катоде в виде натрия так же, как и при низких напряжениях, когда никакой ионизации кроме тепловой нет. С другой стороны, во многих диэлектриках имеется электронная проводимость; в некоторых из них, напр. в каменной соли, можно по произволу иметь или ионную проводимость (в нормальном состоянии) или же электронную (если подвергнуть соль действию рентгеновских лучей, а потом—света). Опыт показывает, что при достаточно сильной электронной проводимости П. наступает раньше, приблизительно при вдвое меньших напряжениях, чем при отсутствии свободных электронов. Гипотеза о том, что малая электрич. прочность диэлектрика вызывается неоднородностями и несовершенствами кристаллич. строения (гипотеза Смекала), оказалась несостоятельной. Если подвергнуть кристалл соли очень сильной пластич. деформации, то число таких неоднородностей резко возрастает; однако пробивное напряжение не меняется, вопреки гипотезе Смекала. Еще убедительнее тот факт, что в тонких слоях осуществляется без П. напряженность в $100 \cdot 10^6$ V/*см*. Против теории ионной лавины не только в твердых диэлектриках, но и в газах выдвигался тот факт, что время, фактически необходимое для пробоя, слишком мало. Опыты Роговского показали, что оно меньше миллионной доли секунды. Трудно представить себе, чтобы ионы даже в газе успели за это время пройти сквозь весь диэлектрик. Однако подсчеты Франка и Лёба показали, что, приняв во внимание искажение поля объемными зарядами на границе ионизованного слоя, можно получить правильный порядок величины. Вальтер и Инге, пользуясь еще более короткими промежутками времени — 10^{-7} и 10^{-8} ск.,—проследили первые стадии пробоя. Ионная лавина не успевает развиться, и П. не происходит. Однако в диэлектрике остается канал, длина к-рого тем меньше, чем короче было время действия электрич. поля. Эти опыты, точно так же как и опыты с переходом ионизации в тонких слоях в П., показывают, что ионизация является лишь только первой стадией, создающей большой запас ионов и повышающей ток до таких размеров, при которых происходит тепловой пробой.

Краевой эффект. Ионизационный (электрич.) П. происходит, как только напряженность электрич. поля достигает определенного значения. Поэтому П. происходит обыкновенно у края электрода, где поле более сильно, чем под самим электродом. Вальтер и Инге, изучая П. в неоднородных электрич. полях вокруг впаянных в стекло платиновых проволок различных толщин, нашли, что П. наступает всегда тогда, когда наибольшее поле у поверхности проволоки достигает определенного значения, при котором происходит и П. того же стекла в однородном поле. Повидимому начавшийся в этом месте П. распространяется сквозь

остальную толщу стекла. Во всяких диэлектриках такой простой закон не имеет места. Опыты со стеклом показывают, что причиной П. у края электрода м. б. повышенное значение поля. Однако это не единственная причина краевого эффекта. Другой причиной является предварительный П. в окружающей электрод среде (воздухе или масле), обладающей гораздо меньшей диэлектрической прочностью, чем твердый диэлектрик. П. среды концентрирует поле в определенном месте на поверхности диэлектрика вблизи края и создает там П. или же постепенно разрушает поверхность, доводя постепенно до пробоя. Выравнивая потенциал вблизи края электрода или ослабляя поле в окружающей среде, можно сильно ослабить влияние краевого эффекта. Без этих особых мер пробивное напряжение твердых диэлектриков в случае электрического пробоя может уменьшиться в 3—5 раз благодаря краевому эффекту.

Истинная электрич. прочность. Тепловой П. вызывает преждевременное разрушение диэлектрика благодаря его постепенному нагреванию. Причиной его является недостаточно малая электропроводность σ диэлектрика. Обычно при $\sigma < 10^{-12}$ мо мы имеем дело с тепловым П. При электропроводности 10^{-13}—10^{-16} мо обычно наступает «электрический» П. Однако и он не представляет собою непосредственного разрушения диэлектрика электрич. полем, а результат накопления лавины ионов. Уменьшая толщину D слоя диэлектрика, мы сокращаем путь этой лавины и вместе с тем повышаем пробивное напряжение E, как это видно на следующем графике (фиг. 4). Однако это возрастание идет лишь до толщин в 0,1 ÷ 0,2 μ, где достигается пробивное напряжение в $150 \cdot 10^6$ V/*см*. Уменьшение толщины еще в 10 раз уже не повышает более пробивного напряжения. Здесь мы имеем уже дело с разрушением диэлектрика полем, с разрывом тех электрич. связей, к-рые соединяют ионы в одно твердое тело—в кристаллич. решетку. Действительно легко подсчитать, что при этом напряжении сила, действующая на ион, как-раз уравновешивает его притяжение соседним противоположным ионом, находящимся на расстоянии около $3 \cdot 10^{-8}$ *см*. Эта истинная прочность диэлектрика уже не зависит ни от толщины ни от природы и формы электродов. Интересно, что в достаточно тонких слоях кварца, стекла, слюды, канифоли, серы, каменной соли она на самом деле была осуществлена и достигала значений от $60 \cdot 10^6$ V/*см* (каменной соли) до $1\,000 \cdot 10^6$ V/*см* (сера). В этих случаях концентрация электрич. энергии достигает от 400 до 60 000 cal/*см*^{3}, т. е. столько же, сколько мы имеем в самых мощных горючих и взрывчатых материалах.



Фиг. 4.

Лит.: Брагин С. М., Вальтер А. Ф. и Семенов Н. Н., Теория и практика пробоя диэлектриков, М.—Л., 1929; Иоффе А. Ф., Физика кристаллов, М.—Л., 1929; Смуров А. А., Электротехника высокого напряжения и передача электрич. энергии, Л., 1925; Флоренский П. А., Диэлектрики и их техническое применение, М., 1924; Schwaiger A., Elektrische Festigkeitslehre, 2 Aufl., B., 1925; Die Isolierstoffe d. Elektrotechnik, hrsg. v. H. Schering, B., 1924; Peck F., Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering, N. Y., 1920; Roth A., Hochspannungstechnik, B., 1927; Günter-Schulze A., Über die elektrische Festigkeit, Wittenberg, 1924; Seeliger R., Die physikalischen Grundlagen d. elektrischen Gasentladungen, «Zeitschrift für techn. Physik», Leipzig, 1926; Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 10, Leipzig, 1 30.

А. Иоффе.

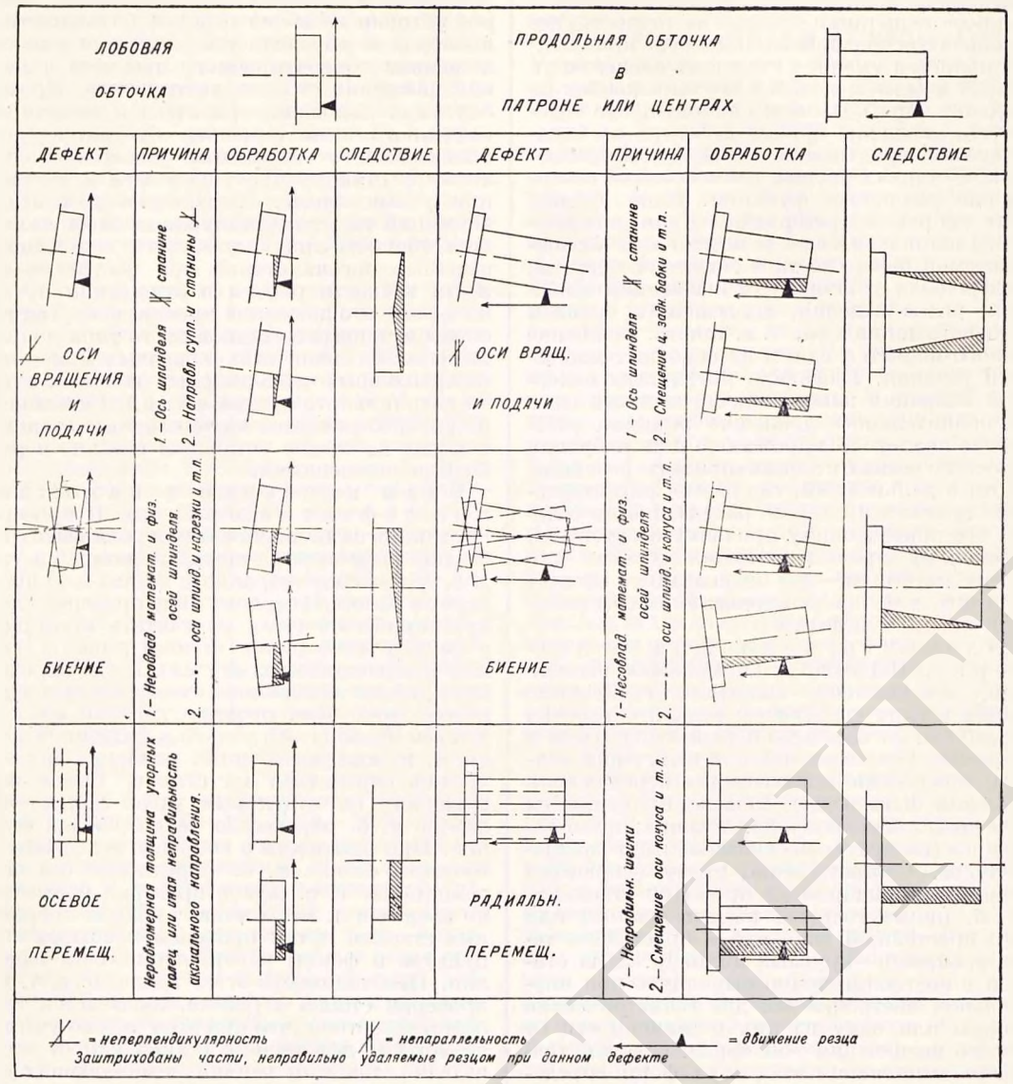
ПРОВАНСКОЕ МАСЛО, см. *Оливковое масло*.

ПРОВЕРКА СТАНКОВ И ИХ ИСПЫТАНИЕ. Испытание металлорежущих станков на точность. Все металлорежущие станки м. б. разделены на три основных группы: а) станки простые, предназначенные для обработки основных поверхностей изделия (плоских и цилиндрических); б) станки специальные, предназначенные для обработки специальных деталей или особых, отличных от упомянутых выше; в) автоматы, производящие помимо обоих движений резания—рабочего и подачи—также и движения установочные как в отношении инструмента, так и в отношении материала или заготовки. На практике границы, разделяющие эти три категории станков, зачастую утериваются. В дальнейшем приведены основные, ведущие принципы испытания станков, но рассмотрены они только лишь в отношении первой основной группы. Применение тех же принципов и методов к любому из встречающихся в практике станков иных типов не вызовет никаких затруднений. Что же касается первой группы станков, то и здесь, при всем различии наименований, типов, назначений и конструкций простых металлорежущих станков, они объединяются рядом наиболее общих признаков, позволяющих не рассматривать принципы проверки каждого их вида в отдельности. Совершенно достаточно разделить весь этот класс станков на две подгруппы: 1) простые станки прямого резания или прямого действия; 2) простые станки непрямого действия. Различие между теми и другими уясняется из следующего: всякая обработка поверхности заключается в снятии с нее ряда параллельных призм с прямолинейной или криволинейной осью, расположенных по направлению одной из координат и примыкающих друг к другу по другой. В частном случае обточки, т. е. обработки по спирали, каждый виток последней является подобной призмой. Каким образом отделяется эта призма — всем сечением или отдельными элементарными частями—для формы изделия несущественно. Но именно этим определяется разница между обеими подгруппами станков; если призма отделяется сразу и одной режущей кромкой—налицо станок прямого действия; наоборот, для удаления частями очевидно необходимо ввести нек-рое новое местное «дополнительное» движение резания, отличное от обычных движений — рабочего и подачи. Наиболее подходящим для такого постоянно повторяющегося местного движения является вращательное, позволяющее непрерывную подмену режущей кромки. Такое именно движение и положено в основу всех станков «непрямого» действия, т. е. фрезерных и шлифовальных, в к-рых вращение, именуемое обычно «движением резания», должно рассматриваться как дополнительное, тогда как одна из подач (или движений заготовки) должна рассматриваться как нормальное рабочее движение, вторая же—как подача в собственном смысле слова. Придерживаться изложенного метода классификации простых станков выгодно потому, что лишь таким путем может быть до конца доведена аналогия между отдельными типами, позволяющая их полное обобщение. В частности в вопросе испытания станков на точность, где одной из основ правильного решения задачи является умение установить зависимость между дефектом станка и его выражением на изделии, при подобном подходе легко избегается смещение причин дефектов по сходству конструктивных деталей, выполняющих в станках разных наименований совершенно различные функции. Напр. биение или вибрация фрезерующего или шлифующего шпинделя ведет к искажению обрабатываемой поверхности в смысле ее чистоты, совершенно отличному от искажения основных углов изделия, вызываемого биением рабочего шпинделя, т. е. такого, вращение к-рого является одним из основных движений резания. Наоборот, результаты подобной вибрации шпинделя, осуществляющего «дополнительное» движение резания, абсолютно аналогичны дрожанию или вибрации простого резца в станках «прямого резания». Хотя в дальнейшем, где дается ряд отдельных приемов проверки, разделение по только что приведенному признаку отсутствует, поскольку приемы остаются общими для обеих категорий—все же сказанное следует помнить в целях установления сферы влияния каждого дефекта.

Элементы, подлежащие проверке. Переходя к определению элементов, подлежащих проверке, необходимо иметь в виду следующее: всякая обработка предполагает взаимное перемещение резца и изделия. Очевидно, что для получения точной продукции эти взаимные перемещения должна быть точны. Обычно применяются (см. выше) движения элементарные: прямолинейное (возвратно-поступательное) и вращательное. Соответственно этому основными телами, выполняемыми простыми станками, м. б. прямоугольный параллелепипед или его простейший вид—куб и простейшее тело вращения—круглый цилиндр. Если станок в состоянии точно выполнить при нормальной настройке эти две геометрические формы или одну из них в зависимости от своего назначения—он верен. Степень точности выполнения этих двух форм определяет и степень точности станка. Очевидно, что элементами, характеризующими в свою очередь правильность этих тел, являются: 1) правильность поверхностей, т. е. для плоской поверхности прямолинейность в любом направлении, а для цилиндрической—прямолинейность по образующей и точная круговая—по направляющей; 2) правильность углов, т. е. для куба взаимная перпендикулярность или параллельность соответственных граней, а для цилиндра перпендикулярность образующих к прилежащим радиусам оснований. Первое условие определяется правильной формой направляющих и точным совпадением действительного движения с теоретически обусловливаемым этими направляющими. Для вращательного движения такими направляющими являются подшипники и их вкладыши, упорные кольца и шейки или конусы. При скольжении по грядкам точность определяется прямолинейностью последних. В обоих случаях требуется отсутствие зазоров между рабочими поверхностями. Сюда же может быть отнесена и чистота поверхности, которая зависит от резца и его крепления. Второе условие является основой большинства проверок и определяется взаимным расположением обрабатываемого предмета и линий движения стола и инструмента. Кроме основных движений—рабочего и подачи и введенного нами с целью обобщения «дополнительного» движения резания—большинству станков присущи также и движения установочные. Характерно для этих движений то, что существенным здесь является точность лишь конечного положения ведомого органа станка при несущественности точности работы в отношении пути, по к-рому это движение произведено. Таким образом проверка станков этого типа должна касаться лишь этих конечных моментов (закрепленных револьверных головок, стола сверлильного станка и т. п.). Сказанное не распространяется на те сложные станки, в к-рых движение установки связано с рабочими движениями.

Виды проверки и нахождение дефектов станка. В проверке станков на точность следует различать три стадии: 1) проверку отдельных деталей и узлов, 2) проверку собранного станка и 3) проверку в работе. К первому виду проверки следует прибегать (если не считать проверки в период выполнения станка) лишь в самых исключительных случаях, когда определить дефект в собранном станке совершенно невозможно. Как правило готовый станок должен проверяться только в собранном виде, т. к. каждая лишняя разборка может вредно отразиться на станке. Самое же суждение по отдельным узлам далеко не всегда м. б. перенесено на собранный станок. При опытности и сноровке все дефекты точности станка м. б. определены без его демонтажа. Т. о. задача проверки нормально сводится к испытанию точности собранных станков путем проверки основных его пунктов и формы изготовленного им изделия. Необходимость этого последнего, т. е. проверки станка в работе, вызывается тем обстоятельством, что при этом можно учесть возможные деформации станка как от веса изделия, так и от усилий, возникающих от давления на инструмент. Испытание станка на точность при работе, разумеется, д. б. производимо с учетом тех предельных норм веса изделий, размеров стружки и скоростей резания, которые обусловливаются конструктивными размерами и материалом станка и получают свое отражение в сопутствующих станок характеристиках. Весьма существенно установить правильно зависимость между дефектом станка и отражением последнего на точности изделий и наоборот. Это поможет в каждом отдельном случае отделить существенное от менее важного в зависимости от основного назначения станка и сообразно с этим установить правильную точку зрения на особенности испытываемого

станка, равно как и наметить целесообразный рабочий план самих испытаний, даже тогда, когда такая инструкция или таблица имеется налицо. Наоборот, точное представление об основных требованиях, которые должны предъявляться к продукции станка (для простых станков—«точный куб», «цилиндр», «перпендикулярность образующих к радиусу основания» и т. д.), равно как и о



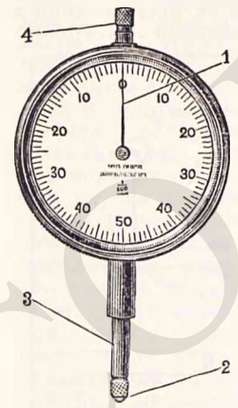
Фиг. 1.

противоположных положениях изделия проводится линия относительного движения резца. Назначая точку нуля ошибок (обычно среднее положение), получают сложением обеих фигур результат искажения. Такой способ в применении напр. к токарному станку даст результаты, показанные на фиг. 1.

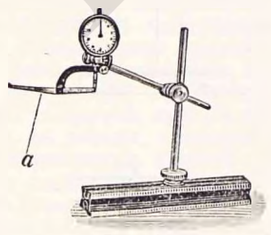
Наиболее применимым и универсальным прибором при испытании станков на точность трактуемой взаимной связи между дефектами станка и изделия позволяет с уверенностью в целесообразности проверять станок, даже мало известный поверителю. Важность полного уяснения подобных функциональных зависимостей в дефектах особенно проявляется тогда, когда станок испытывается не для приемки или общей оценки состояния, но когда проверка вызывается недостаточно высоким качеством изделия. Если связь между дефектом станка и результативным дефектом изделия не самоочевидна, полезно применить графич. прием, заключающийся в том, что на двух вычерченных

является размерный индикатор, называемый иначе «металлическим» (в отличие от индикатора давления) или «мессуром» («измерительными часами»). Этот индикатор (фиг. 2) представляет собою весьма чувствительный прибор с циферблатом, указательная стрелка к-рого *1* приводится во вращение передачей от снабженного полусферич. кнопкой *2* штифта *3*, при перемещении последнего вдоль своей оси. Лучшие индикаторы дают точность показаний до 5 *μ*. Вообще же точность д. б. во всяком случае выше 10 *μ*, т. е. 0,01 *мм*, поскольку в большинстве станков малых и средних размеров

допускаемые отклонения основных размеров от нормали лежат в пределах 0,01—0,04 *мм*, в зависимости от назначения, класса точности и т. д. Индикатор, точность к-рого не соответствует этим требованиям, вообще неприемлем. Аретирная головка *4* служит для подъема штифта, т. к. последний должен предохраняться от давлений, не совпадающих с его осью. В виду необходимости производить нек-рые измерения в пазах, отверстиях и т. п. большинство иностранных фирм снабжает индикаторы специальными добавочными рычагами *a* (фиг. 3, на которой видна и установка индикатора), что дает возможность проникновения свободным концом рычага в наиболее трудно доступные места. Все же следует помнить, что наличие лишнего по-



Фиг. 2.



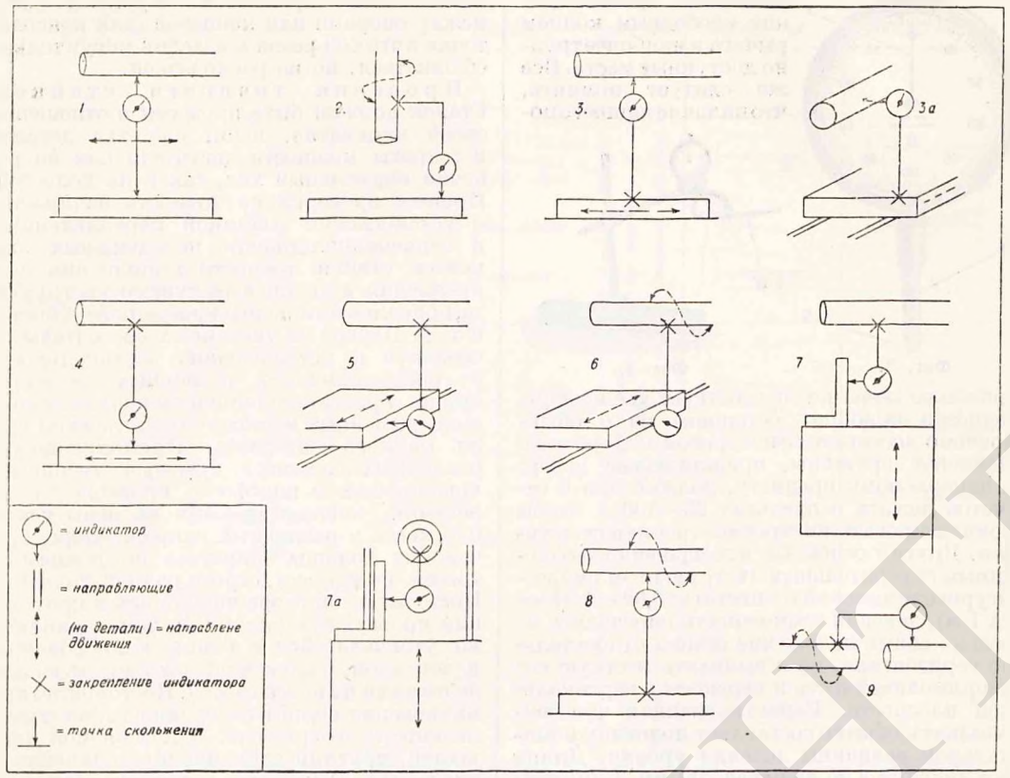
Фиг. 3.

движного звена не способствует увеличению точности прибора. Установка на 0 обыкновенно достигается поворотом циферблата. Давление пружины, прижимающей штифт к измеряемому предмету, должно при 0 отсчетов лежать в пределах 25—100 *г*, чтобы компенсировать внутреннее трение и вес штифта. Другим основным и совершенно необходимым поверительным инструментом является уровень высокой точности (до 0,02—0,04 *мм* на 1 *м*), дающий возможность определять не только общее положение станка относительно горизонтали, но и выявлять местную его непрямолинейность и перекосы в вертикальной плоскости. Гарантированная чувствительность обычно составляет половину номинальной величины деления уровня. Длина его линейки д. б. не менее 200 *мм*. В проверке станков особо широкое применение находит рамный ватерпас, т. е. уровень, снабженный вместо линейки замкнутой (квадратной) рамкой, внешние грани которой точно выверены на прямолинейность и взаимную перпендикулярность. Что касается вспомогательных приспособлений, напр. разного рода линеек, угольников, оправок, державки индикатора и т. п., то все они должны удовлетворять следующим требованиям: 1) быть точно выверенными, шлифованными или шабренными; 2) применяться в каждой отдельной проверке в возможно минимальном количестве, т. к. даже при наилучшем прилегании каждый включаемый в цепь измерения линиий элемент может явиться источником погрешности; 3) иметь минимальный вес; 4) быть тщательно и надежно закрепленными; 5) обладать достаточной поверхностью прикосновения; 6) обладать достаточной жесткостью.

Допуски. Допуски м. б. либо симметричными по обе стороны нулевой линии (± допуски), либо произвольными относительно нее (допуски без знака), либо односторонними (+ или — допуски). Первые два вида ничем принципиально друг от друга не отличаются, и назначение того или иного зависит от того, насколько существенно положение точки нуля. Наоборот, односторонний допуск существенно отличен от двух первых и назначается тогда, когда заведомо известно, в какую сторону будут влиять действующие при работе станка силы—тяжесть изделия и давление резца. Отсюда ясно, что в вертикальной плоскости односторонние допуски применяются для портальных и консольных конструкций с допустимостью лишь превышения промежуточной между опорами или концевой (для консоли) точки и что оси резца и изделия могут только сближаться, но не расходиться.

Проверка точности станков. Станок должен быть проверен в отношении своей кинематич. цепи, качества деталей и затраты мощности двигателя как на рабочий нормальный ход, так и на холостой. Процесс проверки на точность начинается с установления взаимной параллельности и перпендикулярности неподвижных элементов станка, точности выполнения мест крепления изделия и режущего инструмента, правильности неподвижных поверхностей и т. д. Первое из указанных обстоятельств, сводимое к установлению вертикальности и горизонтальности названных элементов станка, проверяется при помощи наложения в определенных местах соответственной грани рамного ватерпаса. Прямолинейность различных элементов, преимущественно направляющих и платформ, проверяется линейками, накладываемыми на испытуемую плоскость в различных направлениях, причем они должны опираться по концам на тонкие прокладки, строго равной толщины. Постоянство прозора на остальном протяжении проверяется тонким щупом—равномерно утончающейся к концу калиброванной пластинкой, снабженной соответствующими делениями на поверхности. Постоянство проникновения щупа в зазор определяет параллельность поверяющей и поверяемой плоскостей, другими словами, прямолинейность последней. В качестве концевых подкладок обыкновенно употребляется не толстая, но плотная и хорошего качества бумага, к-рая, являясь эталоном вполне достаточной точности, в то же время предохраняет обе сверяемые плоскости от взаимного повреждения. Та же проверка м. б. произведена (см. выше) посредством чувствительного уровня, прикладываемого несколько раз вдоль длины направляющих, либо индикатором, если точка касания пуговки достаточно удалена от его опор, а также если последние скользят по другому (выверенному) направлению, или же иным подходящим способом. Попутно с проверкой прямолинейности производится в потребных случаях и проверка тщательности шабровки, что достигается путем легкого продвижения по испытуемой поверхности поверочной плиты, покрытой тонким слоем краски, с последующим определением равномерности окраски испытуемой поверхности. Совершенно очевидно, что при достаточной длине плиты только что изложенный прием определяет также и

общую прямолинейность поверхности. Наконец, что касается взаимной перпендикулярности имеющихся в конструкции элементов, то область непосредственной проверки этого при помощи угольника в металлорежущих станках весьма ограничена. Все основные углы проверяются обычно посредством индикатора, причем аншлажный угольник применяется лишь в качестве дополнительного к нему хотя и существенного приспособления. По окончании предварительной проверки можно приступать к проверке тех подвижных элементов и их направляющих, от которых зависят взаимные перемещения резца и изделия, а следовательно и правильность формы последних. Можно указать несколько приемов, применимых независимо от назначения и наименования станка. Все они производятся при помощи индикатора т. о., что закрепленный индикатор скользит по одному из сверяемых элементов, а по другому скользит пуговка, осевые перемещения к-рой отображаются на циферблате (фиг. 4).



Фиг. 4.

1. Проверка параллельности поверхности (стола, платформы или каретки) некоторой оси (шпинделя, вала, отверстия конуса и т. п.) делается таким образом. Испытуемая ось удлиняется в направлении стола точно выверенной цилиндрич. шлифованной оправкой. По столу перемещается штатив индикатора, пуговка которого скользит по образующей оправки; стол и ось оставляются неподвижными. Проверка повторяется в нескольких положениях оси. В этой проверке, равно как и в других, где имеется скольжение кнопки индикатора вдоль оправки, предполагается, что путем продвижения индикатора в перпендикулярной плоскости предварительно установлено отсутствие касательных смещений кнопки. В противном случае непосредственное скольжение должно заменяться нахождением максимумов нажатия кнопки индикатора в разных пунктах по длине оправки. Линия максимумов нажатия очевидно соответствует одной и той же образующей цилиндра, ближайшей к центру индикатора.

2. Проверка перпендикулярности тех же элементов (поверхности и оси) делается так. На испытуемой оси или ее продолжении в поперечном к ней направлении закрепляется кронштейн индикатора, т. ч. ось его пуговки параллельна первой оси, т. е. перпендикулярна к проверяемой поверхности. Система ось (вал)—кронштейн—индикатор приводится во вращение, т. ч. пуговка индикатора, описывая вместе с последним окружность вокруг оси (вала), скользит по проверяемой поверхности.

3. Проверка параллельности нек-рой оси и плоскости движения платформы, т. е. плоскости ее направляющих, производится следующим образом. Штатив индикатора укрепляется на столе и последнему сообщается перемещение параллельно оправке, установленной как продолжение испытуемой оси, т. ч. пуговка индикатора скользит по ее нижней образующей. Если проверка по изложенному пункту или другому аналогичному касается линии центров (напр. у токарного станка), то оправка естественно д. б. закреплена между испытуемыми центрами. Проверка параллельности оси самим направляющим, плоскость к-рых уже проверена, отличается лишь тем, что пуговка индикатора скользит по боковой образующей оправки (3*а* на фиг. 4).

4. Проверка параллельности поверхности стола его направляющим ведется следующим образом. Индикатор закрепляется неподвижно, а столу, в который упирается его кнопка, сообщается перемещение по направляющим (3*а* на фиг. 4).

5. Проверка параллельности двух систем направляющих на одном и том же элементе ведется двумя способами: а) если обе системы направляющих—несущие, то на одной из несомых деталей укрепляется индикатор т. о., что пуговка его упирается в направляющую другой системы, а детали с индикатором сообщается перемещение; б) если одни из направляющих—несомые, а другие несущие, то перемещение производится в системе первых, а вторые проверяются кнопкой индикатора, укрепленного неподвижно. Оба случая можно объединить следующим общим положением: перемещение производится по одной из систем проверяемых направляющих, тогда как кнопка индикатора скользит по поверхности другой, причем индикатор монтируется на детали, сопряженной с первыми направляющими. Случай (а) имеет место напр. в токарном станке (направляющие супорта и задней бабки), а случай (б), показанный на схеме,—в фрезерном (пазы и направляющие стола). Следует отметить, что последний случай является в сущности повторением проверки (4), только в другой плоскости. [На схеме (5), равно как и на схеме (6), штифт индикатора показан упирающимся не в паз или же связанный с ним угольник, как обычно, но в боковую стенку стола, что сделано исключительно в целях наглядности.]

6. Проверка перпендикулярности движения стола и заданной оси (шпинделя и т. п.) производится так. обр. Индикатор закрепляется так же, как при проверке (2). Кнопка его упирается в перпендикулярную к валу плоскость стола (обычно его среднего паза или связанную с таковым). Столу сообщается перемещение, за которым следует и индикатор с валом. (На приведенной схеме в местах, не помеченных стрелками, подразумевается отсутствие взаимного смещения соответствующих элементов системы.) Практически из-за неудобства такого комбинированного движения проверяют стол лишь в крайних положениях. Индикатор же не ведется за ним, но как бы «перебрасывается» в обратную сторону через вал.

7. Проверка перпендикулярности стола к плоскости его направляющих производится аналогично проверке (4), с той лишь разницей, что на столе укрепляется аншлажный угольник, во второе крыло к-рого и упирается пуговка индикатора.

7*а*. Проверка перпендикулярности стола направлению его перемещения производится аналогично проверке (7), но в плоскости, перпендикулярной как к поверхности стола, так и к той плоскости, в к-рой располагался аншлажный угольник при проверке (7), т. е. в плоскости, параллельной плоскости направляющих.

8. Проверка совпадения физич. и математич. осей шпинделей, отверстий, конусов и т. п., т. е. отсутствия биений вращающихся деталей, проводится так. Индикатор укрепляется на неподвижной детали, а его пуговка подводится к достаточно удаленной от опоры точке образующей вала или хорошо шлифованной оправки, которою этот вал удлиняется. Эти оправки неизбежны при проверке внутренних конусов, отверстий, нарезок и т. п. При пробе вал (шпиндель и т. п.) проворачивается, причем пуговка индикатора скользит по направляющей окружности его поверхности.

8*а*. Проверка отсутствия осевых перемещений у шпинделя во время вращения производится совершенно аналогично только что описанной проверке с тою лишь разницей, что пуговка индикатора упирается в торец шпинделя.

9. Проверка совпадения осей двух валов (шпинделя и поворотного стола, центров и т. д.) производится следующим образом. На одном валу укрепляется кронштейн индикатора таким образом, чтобы самый индикатор был обращен пуговкой к оси и касался ею поверхности второго вала. Дальнейшая проверка производится по только что описанному.

9*а*. Проверка совпадения плоскости двух пересекающихся осей совершается по предыдущему, но лишь по двум диаметрально противоположным точкам второго вала.

Резюмируя сущность приведенной группы приемов (1)—(9), нетрудно заметить, что все они основаны на одном правиле, логически вытекающем из сути дела: в каждом приеме налицо 2 скольжения, причем линии этих скольжений и являются сверяемыми направлениями. Иначе говоря, самая идея индикатора, основанная на выявлении всякого рода отклонений от параллельности (для окружности—коаксиальности траекторий точки крепления индикатора и точки касания пуговки), диктует один общий для всех проверок принцип, удовлетворяющий поставленным во вводной части геометрическим требованиям: сверяемые направления приводятся к параллельности посредством угольников, оправок и т. п., после чего одно из них служит полотном для передвижения индикатора, а другое — траекторией движения его кнопки. Для проверки (6) например «приведенными» направлениями являются окружности скольжения шпинделя в подшипниках, с одной стороны, и направляющие стола—с другой стороны. Поскольку ось кнопки индикатора параллельна оси вращения шпинделя, проверка выявляет степень непараллельности плоскости вращения с соответствующим направлением призм. Наоборот, в проверке (8), где «приведенные» направления — те же окружности скольжения в подшипниках и окружность скольжения кнопки по оправке, радиальное расположение оси кнопки обусловливает определение коаксиальности этих двух систем, из которых первая определяет математическую, а вторая физическую ось вала. В проверке (7) «приведенными» направлениями служат вертикальная грань угольника и направляющие для консоли стола и т. д. В тех случаях, когда одним из сверяемых элементов являются направляющие для какой-либо детали, последняя оказывается базой для жесткого крепления индикатора;

в том же случае, когда это невозможно, напр. при проверке (1), индикатор получает собственные перемещения на отдельной подставке, на сухаре и т. п.; необходимо при этом заботиться о возможно более плотном прилегании таких добавочных элементов к поверхности их скольжения. Только-что установленное правило двух скольжений несмотря на свою предельную элементарность служит при абсолютно четком его усвоении надежным критерием целесообразности любой проверки. Если вал в покое, все проверки его очевидно относятся лишь к его телу—палицо (проверка 1) скольжение между кнопкой индикатора и телом вала, но стоит перейти к проверке шпинделя—покой в точках, определяющих математич. ось, нарушен (скольжение в подшипниках), и индикатор определяет положение математич. оси, так же как он делает это в проверке (2), при к-рой совпадение математич. и физич. осей надлежит проверить отдельно. При всех проверках рекомендуется держаться общего правила—существенные факторы должны проверяться взаимно. Напр. из проверок (1) (параллельность вала и поверхности стола) и (3) (параллельность того же вала направляющим) вытекает как следствие и параллельность поверхности стола направляющим. При этом условии непосредственное проведение проверки (4) будет иметь не только самодовлеющий характер, но и замкнет цикл взаимных проверок с двумя предыдущими. Проверка других групп станков—специальных, автоматов и т. п.—сводится либо к проверкам рассмотренного типа либо к проверкам разного рода фасонных направляющих—от ходовых винтов у токарно-винторезных станков до любых направляющих лазов и эксцентриков в автоматах. Кривизна направляющих не вносит ничего принципиально нового в дело проверки, сводя вопрос к определению как их соответствия предписанной форме, так и точности следования им движущейся по ним части. Проверка соответствия формы ничем не отличается от проверки точности выполнения любого фасонного изделия, вторая часть вопроса определяется отсутствием зазоров как между направляющими и направляемым органом, так и (в виду подвижности самих направляющих в этом случае) между ними и несущими их неподвижными частями. Проверка положения направляющих (например параллельности ходового винта грядкам токарного или резьбо-фрезерного станка) производится также посредством индикатора изложенными общими приемами. Конечно индикатор не единственно применимый в этом деле прибор (любая проверка может быть с б. или м. аналогичными результатами проведена и иными путями), однако ценность его заключается в том, что он дает все показания непосредственно в унифицированном численном выражении. При выборе путей проверки станка без индикатора решение вопроса зависит от особенностей конкретного случая и изобретательности поверителя, к-рую нетрудно проявить, если усвоить основные принципы проверки и отказаться от шаблонного подхода к этому делу. Ясно например, что, пользуясь шлифованной оправкой по проверке (8) или (9) и нанеся на нее слой краски, снимаемой закрепленным вместо индикатора бруском из твердого дерева, можно весьма точно найти места погрешности станка, хотя и без цифрового их выражения. Точно так же, желая проверить без индикатора углы, не поддающиеся непосредственной проверке угольником, достаточно дважды приложить соответственными гранями рамный ватерпас. Параллельность граней может быть проверена микрометром или скобой со щупом и т. д. Проверка в работе сводится к промерам изготовленного на станке изделия, основная форма которых определяется ранее изложенными положениями. Хотя эта проверка должна вестись при непременном соответствии как действующих масс, так и вызываемых в станке и инструменте напряжений, допускаемых конструкцией станка, все же она имеет целью определить влияние реальных факторов, действующих при резании на теоретическую точность станка, установленную предыдущей серией проверок. В силу этого необходимой предпосылкой здесь являются максимальное приближение условий опыта к практич. условиям работы и осторожность в введении каких-либо поправочных величин, т. к. таковое легко может привести просто к повторению соответственной проверки из предыдущей серии. Единственная поправка, к-рую можно или даже должно вводить,—поправка на затупление резца, причем последнее д. б. измерено опять-таки непосредственно, а не функциональным путем. Простейший вид подобного непосредственного определения затупления резца—измерение щупом или иным инструментом расстояния его кромки от неподвижного упора до и после чистового прохода. По окончании чистового прохода резец вновь приводится в исходное положение. При всяких проверках в работе необходимо особенно тщательно заботиться об отсутствии в изделии напряжений как внутренних, для чего оно должно быть предварительно обработано со всех сторон, так и от неудачного закрепления. К испытаниям станка в работе можно отнести и такую специальную проверку, как проверка угловой точности делительной головки, производимую путем фактич. деления диска и сопоставления отдельных делений и целых групп таковых. Более конкретные данные о допустимых погрешностях в отдельных станках и о применяемых в каждом отдельном случае частных приемах можно найти в ОСТ—«Поверка и нормы точности станков».

Лит.: Шлезингер Г., Станки. Проверка металлообрабатывающих станков на точность, пер. с нем., М., 1929; Турчанинов П., Нормы точности станков и способы их проверки, М., 1925. **Н. Калашников.**

ПРОВОДА электрические, металлические проводники (обычно проволоки или комбинации из проволок), предназначенные для проводки электрич. энергии из одной точки электрич. цепи в другую.

Общие сведения. Классификация проводов: 1) по характеру установки: а) провода связи—для передачи сигналов (см. *Линии связи*) и б) провода сильных токов—осветительные и силовые; 2) по способу прокладки: а) воздушные—на открытом воздухе на столбах и других опорах, б) подземные, в) подводные и г) провода в закрытых помещениях (внутри зданий). П. сильных токов подразделяются еще 3) по роли их в

общей системе канализации электрич. энергии на: а) *линии передачи* (см.), служащие для транспорта больших количеств энергии высокого напряжения на далекие расстояния, обычно от центральной станции к крупным районам потребления, б) питательные провода, или фидеры,—для подачи энергии от станции или подстанции к важнейшим точкам сети, так наз. питательным пунктам (см. *Сети электрические*), и в) распределительные П.—для подвода тока от питательных пунктов непосредственно к потребителям. Основные требования, к-рым должны удовлетворять П. по материалу, размерам (сечению) и конструкции: 1) безопасность, 2) технич. правильность (т. е. соответствие назначению правильного количественного и качественного снабжения потребителей), 3) экономичность и 4) механич. прочность (иногда д. б. еще особо учтены эстетические соображения). Выбор материала для П. определяется его электрич. и механич. свойствами с учетом экономич. соображений. Желательны при наименьшей стоимости: возможно бо́льшая уд. проводимость, малый вес, большая механич. прочность, небольшой коэф. термич. расширения и хорошая сопротивляемость атмосферным влияниям. Наиболее распространены П. из меди, алюминия (на Западе пока в виде опытов и из его сплавов), реже из железа, бронзы и стали; начинают распространяться биметаллич. П. (различные конструктивные сочетания стали с алюминием или медью). Опыты применения П. из цинка (в Германии в 1914—1918 гг.) заставили отказаться от него. Дефицитность меди во всем мире создала за последние годы за границей усиленный интерес к замене, по возможности, медных П. проводами из других металлов. Бурный рост нашего электрохозяйства делает для СССР этот вопрос особо актуальным. ВСНХ издал 5 апр. 1929 г. за № 597 приказ о мероприятиях по экономии меди [15]. Выбор сечения основывается на следующих расчетах: 1) на падение напряжения (или на потерю мощности), 2) на нагревание, 3) на экономичность и 4) на механическую прочность (только для воздушных проводов). Цель расчета на падение напряжения (или на потерю мощности)—удовлетворить требования правильного функционирования сети. Падение напряжения можно (для линий передач и питательных П.) по экономич. соображениям выбрать таким, чтобы (при наибольшей производительности всей установки) расходы на сооружение и эксплоатацию были наименьшими: допущение большого падения напряжения, при уменьшении сечения проводов, дает экономию меди, но увеличивает расходы на производство энергии, теряемой в П., одновременно увеличивая мощность машин и размеры станции. Для распределительных П. выбор расчетного падения напряжения ограничен необходимостью предотвратить значительные колебания напряжения между приемниками, приключенными к различным точкам П. Обычно полученные путем расчета на падение напряжения (или потерю мощности) сечения проверяют по таблицам на нагревание, причем иногда оказывается необходимым увеличить сечение. Сечения воздушных П. проверяют еще на механич. прочность.

Материалы П. и их свойства. Важнейшие факторы, влияющие на свойства материалов. Химический состав, а в меньшей степени и механическая обработка (вместе с термической), оказывают противоположные влияния на электропроводность и механич. прочность большинства проводниковых материалов: незначительная примесь другого металла обычно сильно понижает электропроводность, повышая прочность; такое же, хотя и более слабое, действие оказывает холодная обработка—прокатка в холодном состоянии и *волочение* (см.); отжиг же увеличивает электропроводность, уменьшая прочность.

Медь—пока важнейший проводниковый материал. На воздухе покрывается темным налетом окиси, который однако предохраняет от проникновения вглубь окисления (и вообще от атмосферных влияний), последнее поэтому не прогрессирует, как у железа и стали. П. изготовляются из технической проводниковой меди, проводимость к-рой не ниже 98,66% проводимости установленного Международной электротехнич. комиссией стандарта — образцовой отожженной меди; проводимость последней принята за 100% и равна при 20° 58 мо $м/мм^2$. За границей применяются провода из твердотянутой меди, меди средней твердости и меди мягкой отожженной. Твердотянутая медь получается при волочении проволоки до требуемого размера без отжига; применяется для воздушной проводки. Для получения проволоки средней твердости требуется более сложный производственный процесс: проволоку доводят волочением приблизительно до желательного размера, отжигают и волочением доводят до потребного диаметра. Медь средней твердости по механич. прочности, гибкости и легкости монтажа занимает промежуточное место между твердотянутой и мягкой отожженной; поэтому за границей она применяется в воздушных распределительных сетях, так как в них много сростков, ответвлений и пр.; у нас пока распространения не получила. Мягкая проволока (отожженная после прокатки) идет для подземных кабелей и внутренней проводки; при воздушной проводке только для ответвлений в дома и в качестве вязальной проволоки (сростки, укрепление на изоляторах) [9, 10, 29, 39].

Алюминий получает для П. все более широкое распространение взамен меди (за исключением П. для обмоток машин, аппаратов, электромагнитов и т. п.). На воздухе, как медь, покрывается слоем плохопроводящей и тугоплавкой (отсюда трудность пайки) окиси, защищающим от проникновения окисления внутрь; поэтому малочувствителен к действию атмосферы (также и вблизи морских берегов). Вредны для алюминия пары к-т, хлористые пары и щелочные жидкости. Как чрезвычайно электроположительный металл алюминий «боится» электролиза. Наблюдавшиеся отдельные случаи разъедания (коррозии) были вызваны соприкосновением с другими металлами во влажной атмосфере (поэтому для соединения П. из алюминия с П. из других металлов необходимы специальные зажимы) или недостаточной чистотой от примесей. Желательно, чтобы металл для П. содержал не менее 99% чистого алюминия; содержание

Табл. 1.—Сводка важнейших данных для наиболее распространенных проводниковых материалов.

№ по порядку	Свойства материала	Медь			Алюминий твердотянутый	Железо		Бронза средних сортов	Сплавы алюминия	
		мягкая	полутвердая	твердая		Мягкая железная проволока	Стальная проволока		алюдур	альдрей (альмелек)	монтегаль
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Удельный вес	8,9	8,95	8,96	2,7	7,85	7,95	7,95	8,9—8,95	2,7	2,7	2,7
2	Удельное сопротивление при 20° в Ω мм²/м	0,01748	0,01769	0,01784	0,029	0,12—0,14	0,18	0,2	0,019—0,029	0,0317—0,0357	0,0317—0,0333	0,0323
3	Удельн. проводимость при 20° в м/мм² Ω	57,3	56,4	56,1	34	8,3—7,1	5,6	5	53—34	31,5—28	31,5—30	31
4	Температурный коэф. электр. сопротивления на 1°С	0,00393	0,00393	0,00393	0,004	0,0045	0,0052	0,0052	0,0039—0,004	0,0036	0,0036	0,0036
5	Коэф. линейн. расширения на 1°	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$22,8 \cdot 10^{-6}$—$23,4 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$
6	Теплоемкость	0,09	0,09	0,09	0,21	0,11	0,11	0,11	0,09	0,21	0,21	0,21
7	Теплопроводность	0,91	0,91	0,91	0,5	0,16	0,16	0,16	0,9	0,5	0,5	0,5
8	Темп-ра плавл. в °С	1 083	1 083	1 083	658	1 100—1 200	1 200—1 300	1 300—1 400	900	—	—	—
9	Врем. сопротивление на растяжен. в кг/мм²	24—26*	30—38	40—45	17—23	44	60	90—130	50—70	27—35	28—35	33
10	Предел упругости в кг/мм²	5—12	21—27	28—35	7—11	23—30	39—45	52—100	35—50	—	—	—
11	Допустимая нагрузка в кг/мм²	5	10—13	14—18	5—8	14,5	20	30—43	20—28	9	9,3—11,5	11
12	Модуль упругости в кг/мм²	10 000	12 500	13 000	6 400—7 300	18 000	20 000	21 500	13 000	5 400	5 800—6 700	5 400
13	Сравнительная оценка											
	а) Достоинства:	Высокая проводимость (меньше падения напряжения и потери мощности) и $t°_{пл.}$ (меньше опасность перегорания). Стойкость к атмосфере, влиянием. Гибка и в меру мягка: легко монтируется, но не боится повреждений (царапин и пр.). Хорошо и просто паяется и сращивается. Высокая стоимость при продаже, по окончании службы, в качестве «лома» (утиль)			Легкость компенсирует меньшую (ок. 63% проводимости меди) электропроводность. Стойкость к атмосфере, влиянием. Гибка и в меру мягка: легко монтируется, но не боится повреждений (царапин и пр.). Хорошо и просто паяется и сращивается. Высокая стоимость при продаже, по окончании службы, в качестве «лома» (утиль)		Низкая цена. Высокая механич. прочность, уменьшая провесы и допуская большие пролеты, понижает стоимость опор		Низкая электропроводность, еще более удешевляющая при перем. токе от внутреннего индуктивного сопротивления и вытеснения тока (скин-эффекта). Для защиты от ржавчины необходима хорошая оцинковка, требующая при монтаже предосторожностей против повреждений ее. При осуществлении вводов к потребителям жел. П. необходимы приспособления (например, подвешивание грузов) для компенсации их непрямого удлинения	Значительная проводимость при высокой механич. прочности	Более значительная, чем у чистого алюминия, механическ. прочность при той же почти электропроводности	
	б) Недостатки:	Дефицитность; высокий уд. в. При воздушной проводке механич. прочность оказывается недостаточной, чтобы применить большие сечения или использовать выгоды длинных пролетов (уменьшение числа опор). Последнее заставляет и электрифицированные сельских местностей предпочитать проводниковые материалы большей механич. прочности			Дефицитность				Низкая электропроводность, еще более удешевляющая при перем. токе от внутреннего индуктивного сопротивления и вытеснения тока (скин-эффекта). Для защиты от ржавчины необходима хорошая оцинковка, требующая при монтаже предосторожностей против повреждений ее. При осуществлении вводов к потребителям жел. П. необходимы приспособления (например, подвешивание грузов) для компенсации их непрямого удлинения			
14	Применение	Легко повреждается (царапины); в виду этого, а также для предотвращения коррозии, монтаж требуется спаянный и с последующей оцинковкой. Бонтся щелочей и близости хим. з-дов, в особенности с парами соляной к-ты. Трудность пайки; низкая $t°_{пл.}$. При вод. проводке: прочность меньше, провесы и влияние $t°$ больше (особенно при длинных пролетах)			Пока мало изучены на практике (в особенности нет надежных, основанных на длительном эксплоатационном опыте данных о стойкости против коррозии)	Для заземлений и в случаях, когда сечение медных проводов недостаточно используется в электротех. отношении и применяется лишь ради механич. прочности; вообще там, где главное значение имеет механическая прочность, а электропроводность—лишь второстепенное (сравнение стоимости эксплоатации со стоимостью потерянной в проводах энергии); в сельских местностях, преимущественно в небольших воздушных сетях высок. напряжения (в сетях низкого напряжения желательно менее пригодно: дает большие потери напряжения)	Воздушная проводка	В воздушных сетях с медными проводами в особых случаях, где пригодных пролетах недопустимы большие провесы (переход через реки, полотно ж. д. и т. п.)	За последние годы в З. Европе отдельные опыты применения для воздушной проводки на сравнительно небольших участках		
15	Наименьш. допустим. сечение при воздушн. проводке силы. тока в мм²:											
	а) при высоком напряжении	—	—	—	10	10	10	10	10	10	25	Пока не нормировано
	б) при низком напряжении	—	—	—	6	10	6	6	6	6	16	

кремния не более 0,2% и железа 0,4% (особенно вредные примеси). Для П. применяется обыкновенно твердотянутый алюминий. В виду меньшей проводимости алюминия (по сравнению с медью) для П. одинакового сопротивления сечение П. из алюминия должно составлять 1,63 сечения медного П., а вес провода из алюминия—0,5 веса медного П., т. е. стоимость материала П. будет одинаковой, если цена меди равна половине цены алюминия. На полную стоимость воздушной линии с П. из алюминия влияют однако большие по сравнению с медью провесы и более сильное раскачивание П. от ветра (большая поверхность): для алюминиевых П. приходится брать опоры выше, а траверсы длиннее. В виду мягкости алюминия при монтаже—особые предосторожности против повреждений П. (царапин и пр.). Особого внимания требует защита от коррозии: на открытом воздухе все зажимы и другие части, соприкасающиеся с П., д. б. из чистого алюминия. За границей алюминий почти исключительно для воздушных П.; в СССР также для внутренней проводки и даже для подземных кабелей (пока из импортного, в ближайшем будущем из советского алюминия) [7, 35, 36, 38, 48, 50, 52, 60].

Железо в виду низкой проводимости берется для проводов довольно редко. Грандиозный масштаб электрификации СССР, создавая потребность в огромных количествах проводящих материалов, повышает интерес к расширению в подходящих случаях применения П. из железа, для уменьшения первоначальных затрат и замены дефицитных цветных металлов. Чаще применяется П. из мягкого железа: гибче (легче монтаж) и лучше электропроводность; П. из железа разъедаются сернистыми газами (дым паровозов, отходящие газы домен) [19, 23]. См. ниже П. железный.

Бронза, хромистая, фосфористая и кремнистая, в виду высокой стоимости применяется для П. только изредка (см. табл. 1*). За границей и в СССР начинает появляться интерес к П. из меди с примесью кадмия, к-рые по электропроводности мало отличаются от чисто медных, а по механич. прочности почти одинаковы с бронзовыми. Это позволяет для меднокадмиевых П. уменьшить наименьшие допустимые сечения [22, 47].

Сплавы алюминия с магнием, кремнием, железом, под названием альдрей, алюдур, альмелек, монтегаль и др., к-рые стали за последние годы употреблять для П. в нек-рых странах Европы, в СССР пока не применялись [43, 44, 45, 50].

Биметаллические П., в виде различных конструктивных комбинаций двух металлов, имеют целью сочетать большую механич. прочность одного из них (стали) с высокой электропроводностью другого (меди или алюминия). Из них довольно широкое применение нашли (для воздушных линий) П., составленные из стального сердечника, покрытого металлургически слоем меди—так назыв. провода Моннота (США) или KPS

* Меньшие численные значения приведенных в таблице механич. коэф-тов относятся б. ч. к более толстым проводам, большие—к более тонким (до 3 мм диам.). Для сплавов (в особенности новых) расхождения в цифрах обусловлены другими причинами (небольшие различия состава и пр.).

(Kupferpanzerstahl, Германия); изготовление в СССР налаживается [46, 54], равно как сталеалюминиевые тросы (стальная сердцевина, оплетенная алюминиевыми проволоками), изготовляемые и применяемые также и в СССР для *линий передачи* (см.).

Физические и механические свойства П. для однопроволочных П. из наиболее употребительных металлов характеризует табл. 1. Однопроволочные П. (для алюминия недопустимы вообще из-за неоднородности строения и склонности к кристаллизации алюминиевой проволоки) мало гибки, поэтому применяются для сечений не свыше 16 *мм*². Где требуется гибкость и для больших сечений берут многопроволочные П., свитые из отдельных проволок (обычно одинакового диаметра). Для многопроволочных П. коэф. линейного расширения приблизительно тот же, что и для проволоки, сопротивление же разрыву меньше суммы сопротивлений проволок, из к-рых свит П. (в виду расположения проволок по винтовой линии). Модуль упругости правильнее принимать таким же, как для проволоки. Допускаемое напряжение принимают $^1/_2$—$^1/_3$ временного сопротивления проволоки при растяжении. Для биметаллич. П. физич. и механич. коэф-ты д. б. исчислены в зависимости от свойств каждого из входящих в комбинацию металлов и % их содержания в сечении провода.

Конструкция П. Сортаменты П. В СССР, как и на европ. континенте, сортамент метрический: П. различаются по площади поперечного сечения в *мм*² или (П. связи и для обмоток) по диаметру в *мм*. В Англии наиболее распространен Imperial Standard Wire Gage (I. W. G.), в США — American Wire Gage, именуемый также Brown & Sharpe Gage (A. W. G. или B. S. G.). В торговой практике этих стран размер П. обозначают номерами калибров их по указанным сортаментам. В США теперь часто обозначают П. по их диаметру, выраженному в тысячных долях дм. (т. н. mil), или пользуются для обозначения П. единицей, называемой circular mil (площадь круга диам. в 1/1000 дм.): 1 circular mil = 0,7854 square mil или 0,000 5007 *мм*² [9, 10, 26, 27].

Табл. 2.—Новая шкала сечений голых проводов и кабелей.*1

Медь					Алюминий					
Сечение, *мм*²	Число и диам. проволок, *мм*	Нар. диам. провода, *мм*	Вес 1 000 *м*, *кг*	Разрыв. усилие, *кг*	Марка *2	Сечение, *мм*²	Число и диам. проволок, *мм*	Диам. провода, *мм*	Вес 1 000 *м*, *кг*	Разрыв. усилие, *кг*
4	1×2,26	2,26	35,6	153	A4	6	Не применяется			
6	1×2,77	2,77	53,5	229	A6	10	3×2,06	4,50	27,0	175
8	1×3,20	3,20	71,3	304	A8	13	3×2,35	4,85	35,9	218
10	1×3,57	3,57	89,0	380	A10	16	7×1,71	5,15	44,2	280
12	1×3,91	3,91	107,0	456	A12	20	7×1,91	5,75	55,2	350
16	7×1,71	5,15	146,5	607	A16	25	7×2,13	6,40	69,0	437
20	7×1,91	5,75	183,0	760	A20	32	7×2,42	7,30	88,5	560
25	7×2,13	6,40	229,0	962	A25	40	7×2,70	8,10	110,2	700
30	7×2,34	6,75	274,5	1 140	A30	50	7×3,02	9,06	138,0	875
35	7×2,52	7,55	321,0	1 330	A35	55	7×3,15	9,50	152,0	965
43	7×2,80	8,40	394,0	1 660	A43	70	7×3,57	10,75	193,0	1 250
50	7×3,02	9,06	458,0	1 900	A50	80	7×3,81	11,50	221,0	1 400
60	7×3,30	10,00	550,0	2 280	A60	100	19×2.59	13,00	276,0	1 750
70	19×2.17	10,90	640,0	2 660	A70	115	19×2,78	14,00	318,0	2 010
83	19×2,36	11,80	760,0	3 160	A83	135	19×3,01	15,10	373,0	2 360
95	19×2,52	12,60	870,0	3 640	A95	150	19×3,17	15,90	415,0	2 625
108	19×2,69	13,50	990,0	4 100	A108	175	19×3,43	17,20	483.0	3 000
120	19×2,84	14,20	1 100,0	4 550	A120	195	19×3,61	18,10	540,0	3 415
135	19×3,01	15.10	1 235,0	5 100	A135	220	19×3,83	19,20	610,0	3 850
150	19×3,17	15,90	1 372.0	5 700	A150	240	19×4,00	20,00	662,0	4 200

*1 Приказ ВСНХ № 597 от 5/IV 1929 г. *2 Цифры марки означают эквивалентное сечение меди.

Табл. 3.—Шкала сталеалюминиевых проводов.*1

Марка *2	Полное сеч. провода, *мм*²	Нар. диам. кабеля, *мм*	Сталь			Алюминий		Вес 1 000 *м*, *кг*	Разрыв. усилие, *кг*
			Число и диам. проволок, *мм*	Диам. кабеля, *мм*	Сечение, *мм*²	Число и диам. проволок, *мм*	Сечение, *мм*²		
CA35	73,3	11,3	7×1,40	4,25	10,8	26×1,75	62,5	262	2 100
CA50	105,1	13,5	7×1,65	4,95	15,0	26×2,10	90,1	373	3 000
CA70	143,5	15,8	7×1,95	5.85	20,9	26×2,45	122,6	515	4 150
CA95	193,7	18,3	7×2,25	6.75	27,8	26×2,85	165,9	687	5 600
CA120	244,9	20,6	7×2,55	7,65	35,8	26×3,20	209.1	873	7 100
CA150	309,3	23,1	7×2,85	8,55	44,6	26×3,60	264,7	1 100	8 950
CA185	382,9	25,7	7×3.20	9,60	56,2	26×4,00	326.7	1 367	11 000
CA240	491,7	29.1	19×2,15	10,75	68,9	26×4.55	422,8	1 710	14 200

*1 Приказ ВСНХ № 597 от 5/IV 1929 г. *2 Цифры марки означают эквивалентное сечение меди.

Голые П. (см. табл. 2 и 3) применяются преимущественно для воздушных линий; внутри зданий допустимы в помещениях, доступных лишь для обученного персонала. Многопроволочные П. свиты из проволок диам. 1—3 *мм* (для меди, стали и бронзы) или 2—5 *мм* (для алюминия), навиваемых концентрически вокруг центральной жилы в один или несколько слоев. Повышение напряжения линий передачи до 220 и 380 kV вызвало потребность, для предотвращения явления короны, увеличивать диаметр П. сверх нормального значения, соответствующего данной проводимости; это привело к появлению пустотелых проводов (фиг. 1) [9, 51].



Фиг. 1.

Изолированные П. (см. *Изоляционные электротехнические материалы*) применяют преимущественно для проводки в закрытых помещениях. Они делятся по строению проводящих жил на однопроволочные, многопроволочные (обыкновенные и гибкие—из особо тонких проволок) и шнуры (две скрученных вместе жилы, каждая сечением в 1—2 *мм*, свитых из нескольких очень тонких проволок). Изолированные провода подразделяются по изоляции на провода с хлопчатобумажной изоляцией (в СССР изготовляются в небольшом количестве и применяются редко), П. с натуральной резиной (постепенно выходят из употребления: ненадежны, дороги) и П. с вулканизированной резиной (называются также гуперовскими П.). П. с хл.-бум. изоляцией представляют собой переходный тип от голых к изолированным П.; покров, которым они снабжены, правильнее считать не изолирующим, а лишь защитным; поэтому по-английски их называют покрытыми П. (covered wire); это—пропитанная негигроскопич. составом оболочка из волокнистого вещества (не имеющая прослоек из резины) в виде одного или нескольких слоев обмотки и наружной оплетки, которая не позволяет обмотке при случайном повреждении ее размотаться с проводника. Для получения обмотки П. обматывают ниткой или лентой так, чтобы каждый оборот нитки прилегал к предыдущему; для оплетки П. обматывают одновременно в противоположных направлениях системами нитей так, что нити первой системы переплетаются с соответствующими нитями второй. Изоляция П. с натуральной резиной кроме пропитанного слоя волокнистого вещества содержит несколько прослоек из натуральной резины (поверх обмотки П. обматывается резиновой лентой; вокруг слоя резины располагается обмотка). У П. с вулканизированной резиной медная луженая жила снабжена водонепроницаемым сплошным покровом (иногда их бывает несколько) без шва из вулканизированной резины, поверх покрова П. обматывают прорезиненной лентой и покрывают оплеткой. В табл. 4 приведены данные о конструкции и применении важнейших типов изолированных установочных П., изготовляемых пока в СССР. В ближайшее время должен получить утверждение ОСТ на изолированные П. (ОСТ—П. установочные). Проект предусматривает следующую классификацию установочных П.

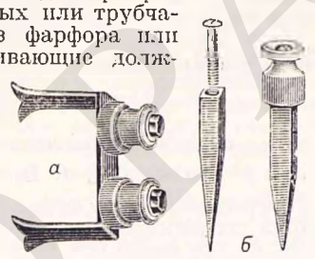
П. для неподвижной прокладки: изолированные резиной одиночные провода (ПР), изолированные резиной двойные (ПРД), трубчатые (ТПР), панцырные (ПРП), резиновые освинцованные (СРГ, СРА и СРБ), резиношланговые освинцованные (СРШГ, СРША и СРШБ); П. для осветительных арматур: арматурные одиночные и двойные (АР и АРД), шнуры для подвесных ламп блочные (ШРП); П. для присоединения подвижных токоприемников: легкие в общей оплетке шнуры (ШРП), гибкие, изолированные резиной (ПРГ), заводские шнуры для мастерских (ШРЗ), шланговые опрессованные в резиновые трубки: 1) легкие (ПРШЛ), 2) средние (ПРШС), 3) тяжелые (ПРШТ), 4) специальные шнуры (ШРС), 5) шнуры для высокого напряжения (ШРВН). По проекту, в основание к-рого положены нормы для изолированных П., принятые в Германии и других странах Европы, намечаются новые типы П. и шнуров, а в прежних типах изменяется конструкция. Так, для неподвижной прокладки вводятся П., изолированные резиной двойные (взамен шнуров, как более дешевые), трубчатые П. (см. ниже о прокладке П.), П. со свинцовой оболочкой и панцырные П.; для присоединения подвижных токоприемников вводится особенно много новых типов П. и шнуров, среди них шланговые П. (в резиновом шланге), обеспечивающие значительную безопасность применения подвижных токоприемников. Кроме марки П. определяются указанием номинального напряжения и поперечного сечения (напр. ПР, 380 V, 10 *мм*²). В ОСТ включены и П. резиновые освинцованные СРГ (голые), СРА (асфальтированные) и СРБ (бронированные); эти П. предназначены для прокладки в тех местах, где резиновая изоляция (которой по каким-либо причинам пришлось заменить бумажную) может подвергаться влиянию. Для обмоток машин, электромагнитов и т. п. применяют П. с изоляцией из хл.-бум. пряжи и ленты, к-рые пропитывают изолирующими лаками и составами. Иногда для обмоток берут П. с изоляцией из шелка или эмалированную проволоку. Относительно конструкции и свойств кабелей, применяемых для подземной и подвижной прокладки, см. *Кабель*.

Прокладка П. Относительно прокладки голых П. (для воздушных линий) и кабелей (для подземных и подводных линий) см. *Сети электрические*. Прокладка П. в закрытых помещениях должна быть выполнена строго по Правилам и нормам ВЭС (Всесоюзных электротехнических съездов) [15]. Необходима полная безопасность П. в пожарном отношении (см. ниже о расчете П. на нагревание); надо устранять возможность механич. повреждений П., соответственно располагая П. (например на такой высоте, чтобы к ним не было доступа без лестницы) или защищая их трубками и пр.; необходимо предотвращать вредное влияние сырости на изоляцию. Наиболее проста и доступна для обследования и ремонта, но мало защищена от повреждений открытая прокладка на роликах и других изолирующих приспособлениях (для дешевой осветительной проводки в квартирах и сухих помещениях предприятий и учреждений). Прокладка проводов в деревянных желобчатых рейках недопустима (пожарная опасность).

Табл. 4. — Важнейшие сорта изолированных (установочных) проводов, изготовляемых в СССР.

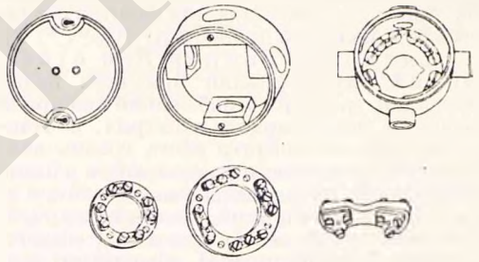
Марки (сокращенные наименования П.)	Значение сокращенных наименований	Конструкция проводов	Применение проводов
ПОО	Провод обмотанный оплетеный	Медная жила нелуженая, двойная обмотка пряжей, оплетка хлопчатобумажной или льняной пряжей, пропитка изолирующим составом	В сухих помещениях на изоляторах, вместо голых проводов при напряжениях до 250 V
ПВМ	Провод воздушный, медная жила	Медная жила нелуженая, слой особого состава, обмотка пропитанной бумагой, обмотка пропитанной хл.-бум. лентой, оплетка хлопчатобумажной или льняной пряжей, пропитка особым составом, противостоящим атмосферным влияниям	В сырых или содержащих кислотные пары помещениях. Иногда для воздушной проводки в пределах городов, в целях уменьшения сил токов короткого замыкания
ПР	Провод резиновый	Медная жила нелуженая, оболочка из вулканизированной резины, обмотка прорезиненной лентой, оплетка хлопчатобумажной или льняной пряжей, пропитка изолирующим составом	Для прокладки на роликах при напряжениях до 500 V
ПРН	Провод резиновый по нормам	Такая же конструкция как у ПР, но изоляция по нормам ВЭС.	Для неподвижной прокладки при напряжениях 1 000 V и для подвижных приборов при напряжениях до 500 V
ПРГН	Провод резиновый гибкий по нормам	Конструкция как у ПРН, но медная жила из тонких луженых проволок	
ДПРН	Двойной плоский резиновый по нормам	Медная жила из тонких луженых проволок, оболочка из вулканизированной резины, обмотка прорезиненной лентой, две изолированные т. о. жилы сложены параллельно, общая оплетка хл.-бум. или льняной пряжей, пропитка черным изолирующим составом	Для присоединения подвижных арматур и особенно для питания дуговых фонарей при напряжениях до 500 V
ДКРН	Двойной круглый резиновый по нормам	Медная жила из тонких луженых проволок, оболочка из вулканизированной резины, обмотка прорезиненной лентой, две изолированные т. о. жилы скручены вместе с продольными нитями, общая оплетка хлопчатобумажной или льняной пряжей, пропитка черным изолирующим составом	
ДРТН	Двойной резиновый с тросом по нормам	Медная жила из тонких луженых проволок, оболочка из вулканизированной резины, обмотка прорезиненной лентой, две изолированные т. о. жилы, расположенные параллельно с гибким стальным тросом между ними, общая оплетка хлопчатобумажной или льняной пряжей, пропитка черным изолирующим составом	
ДРСН	Двойной резиновый со спиралью по нормам	Медная жила из очень тонких луженых проволок, оболочка из вулканизированной резины, обмотка прорезиненной лентой, две такие жилы скручены с продольными нитками, общая оплетка хлопчатобумажной или льняной пряжей, пропитка особым составом; спирально навитая поверх изоляции железная проволока для защиты провода от перетирания	Для переносных ламп при напряжениях до 500 V
АР	Арматурный резиновый	Медная жила луженая, сплошная оболочка из вулканизированной резины, оплетка лощеными нитками	Для зарядки осветительных арматур при напряжениях до 250 V
АРД	Арматурный резиновый двухжильный	Медная жила луженая, сплошная оболочка из вулканизированной резины, две такие жилы сложены параллельно, общая оплетка лощеными нитками	
ШР	Шнур резиновый	Медная жила из очень тонких луженых проволок, обмотка хл.-бум. пряжей, сплошная оболочка из вулканизированной резины, оплетка лощеными нитками, две жилы скручены вместе	Для неподвижной прокладки на роликах при напряжениях до 500 V и для присоединения переносных ламп при напряжениях до 500 V
ШРШ	Шнур резиновый шелковый	Медная жила из очень тонких луженых проволок, обмотка хл.-бум. пряжей, сплошная оболочка из вулканизированной резины, оплетка шелком, две такие жилы скручены вместе	
ШРН	Шнур резиновый по нормам	Такая же конструкция, как у ШР и ШРШ, но изоляция по нормам ВЭС	Для неподвижной прокладки на роликах при напряжениях до 1 000 V и для присоединения переносных ламп при напряжениях до 500 V
ШРШН	Шнур резиновый шелковый по нормам		
ШРПН	Шнур резиновый подвесной по нормам	Медная жила из луженых самых тонких проволок, обмотка хл.-бум. пряжей, сплошная оболочка из вулканиз. резины, две жилы скручены с продольными нитками и пеньковой бечевкой, общая обмотка лощеными нитками	Для присоединения блочных ламп с противовесом при напряжениях до 250 V
ШГБ	Шнур гибкий бумажный	Такая же конструкция, как у ШРН и ШРШН, но медная жила из самых тонких луженых проволок	Для присоединения настольных ламп при напряжениях до 250 V
ШГШ	Шнур гибкий шелковый		

Для защиты от механич. и химич. воздействий допустима прокладка П. в существующих зданиях поверх штукатурки, во вновь строящихся иногда под ней в виде скрытой проводки в трубках из резины, бумажных с металлич. оболочкой, железных и стальных с внутренним изолирующим слоем или без него. Скрытая прокладка выполняется шнурами или П., изолированными вулканизированной резиной, прокладываемыми на роликах (реже на к л и ц а х—зажимных деревянных или фарфоровых приспособлениях). Скобы допускаются для прикрепления только П. заземленных или трубчатых. Ролики из фарфора или стекла, обеспечивающие должное расстояние П. от стены (при высоком напряжении — ролики и изоляторы специальной конструкции), прикрепляются на расстояниях не более 1 м друг от друга к деревянным стенам шурупами, к каменным—на чугунных (железных) закрепах (фиг. 2, *а*) или, лучше, на стальных дюбелях (фиг. 2, *б*): молотком вбивают в стену дюбель, в него ввинчивают винт с насаженным на него роликом. В фабрично-заводских помещениях при прокладке по потолкам с железными балками применяются закрепы, захватывающие полки балок; если потолок недоступен, закрепы с роликами монтируют на стальном тросе. Перед прокладкой проводки производят предварительную разбивку ее, причем все линии отбивают шнурком, намазанным мелом или углем.



Фиг. 2.

П р о в о д к а в т р у б к а х. Основное назначение всяких трубок, даже изолирующих,—служить защитной оболочкой: независимо от трубок, изоляцию П. выбирают применительно к напряжению. Удобства доступности П. и их замены обеспечивает система прокладки Бергмана (принцип применим к трубкам из любого материала): все трубки отводят от ответвительных коробок, а в длинные участки включают промежуточные коробки; это позволяет сперва проложить систему трубок, а затем протянуть через них (с помощью стальной ленты или проволоки) П., к-рые можно также в случае нужды извлекать из трубок. Чаще всего применяются т р у б к и Б е р г м а н а: к трубке из пропитанной изолирующим составом бумаги вплотную прилегает защитная фальцованная оболочка из тонкой листовой латуни или освинцованного железа (последнее лучше выдерживает вредные влияния химические и сырости); при прокладке под штукатуркой металлич. оболочку защищают от влияния испарений стен лаком, суриком или асфальтом. Более надежную механич. защиту обеспечивают панцырные трубки (из стали или железа) с более толстыми стенками, с изоляцией или без нее, применяемые в горных установках, на химич. з-дах, в туннелях, на мостах, на военных судах и т. п. Изредка для прокладки П. применяют т р у б к и П е ш е л я без внутренней изоляции, стальные, с продольным разрезом—для вентиляции, предохраняющей от скопления влаги (там, где нужно надежное заземление всех частей металлич. оболочки; иногда в многопроводных системах, где сама трубка служит заземленным нулевым проводом); трубки сращивают вдвиганием концов в муфту; при этом

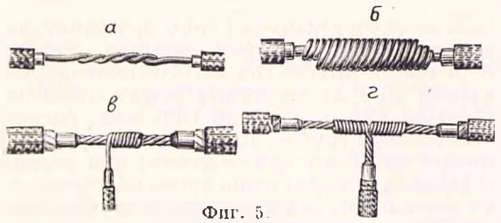

Фиг. 3.

сжатые за счет прореза концы пружинят, давая надежный электрич. контакт. Трубки Бергмана и другие (их изготовляют обычно длиной по 3 м) соединяют между собой латунными или железными гильзами, одеваемыми поверх трубок. На поворотах проводки трубки изгибают при монтаже; при резких изменениях направления проводки применяют угольники, а для ответвлений при прокладке над штукатуркой—взамен ответвительных коробок—тройники; удобнее угольники и тройники разъемные. При проводке поверх штукатурки трубки крепят к стенке латунными или железными оцинкованными скобами на дюбелях. Коробки (фиг. 3) соединительные и ответвительные применяют (с металлич. оболочкой или без нее) из бумажной массы, эбонита, фарфора и т. п.; коробки снабжены крышкой со штыковым затвором, нередко внутри коробок помещают шайбы из какого-либо изолирующего вещества с зажимами, к которым присоединяют П. Коробки ставят не далее 15 м друг от друга (для облегчения протаскивания П.) и при каждом крутом повороте проводки. При скрытой проводке коробки утоплены в штукатурке (крышки совпадают с поверхностью облицовки). Монтаж панцырных трубок схож с прокладкой газовых труб (соединения с помощью свинчивания); коробки—аналогичной конструкции, как для трубок Бергмана, но более тяжелого типа. Взамен прокладки в трубках иногда в сухих помещениях применяют трубчатые П.: одно- и многожильные, изолированные вулканизированной резиной или пропитанной бумагой с фальцованной оболочкой из латуни или освинцованного железа (фиг. 4); преимущества: менее заметны для глаза, чем проводка в трубках; устранена возможность скопления влаги между изоляцией и металлич. оболочкой (плотно прилегающей к изоляции); при заземлении нейтрали оболочку используют как обратный провод; прокладываются поверх штукатурки, укрепляются скобами; конструкции угольников, коробок и т. п. сходны с применяемыми для трубок Бергмана, но более легкого типа. По свойствам и применению с трубчатыми сходны освинцованные П.


Фиг. 4.

Если на проводку действуют механич. усилия, для присоединения переносных приборов (в мастерских, рудниках, с.-х. установках) пользуются напцырными П. (медные жилы, изолированные вулканизированной резиной с пропитанной хл.-бум. оплеткой, к-рую окружает оплетка из тонких стальных проволок или спиралью навитая оцинкованная железная проволока) [14, 15, 16, 10].

Соединение концов П. и ответвлений внутри зданий при всех видах прокладки требует во избежание пожарной опасности (при плохом электрич. контакте возможно нагревание места соединения) большой тщательности, выполняется обычно сращиванием; изоляцию срезают с концов и, зачистив их стеклянной бумагой-шкуркой, обматывают друг около друга или скручивают (фиг. 5, *а*). Толстые П. обвязывают тон-



Фиг. 5.

кой проволокой (фиг. 5, *б*), а многопроволочные П. сращивают, вплетая друг в друга их проволоки. Так же выполняют и ответвления (фиг. 5, *в*, *г*). Место сростка пропаивают оловом (без к-ты) и обматывают изоляционной лентой, очистив тряпкой. При проводке в трубках спайки допустимы у коробок, но не внутри трубок. Шнуры лучше сращивать зажимами в коробках, пайка нежелательна: во время пайки могли бы перегореть тонкие проволоки. Сквозь стены, полы и потолки П. прокладывают во втулках из фарфора или трубках. Воздушные П. вводят в здания через специальные вводы. Вся проводка д. б. защищена плавкими предохранителями (см. *Электрические предохранители*).

Основы расчета П. Электрический расчет сводится к выбору сечения на основании расчета на падение напряжения или потерю мощности (для постоянного тока и переменного тока, если сдвиг фаз равен нулю, оба расчета дают для одних и тех же условий одинаковые результаты; результаты будут различные при наличии сдвига фаз) и на нагревание.

Расчет на падение напряжения или на потерю мощности. Падение напряжения—число V, затрачиваемых на преодоление сопротивления П. при пропускании через него тока; потеря мощности — число W, затрачиваемых при этом на нагревание П. В двухпроводной системе постоянного тока или однофазного переменного при отсутствии сдвига фаз падение напряжения ε в П. (прямом или обратном), по к-рому течет ток к приемнику (электродвигателю, лампе и т. п.), равно:

$$\varepsilon = \frac{E_1 - E_2}{2} = ir,$$

причем сила тока $i = \frac{W_2}{E_2}$, а сопротивление П. $r = \frac{L}{\sigma q}$, где E_1 и E_2—напряжения в начале и конце линии, i—сила тока в П. в А, W_2—мощность приемника в W, L—длина П. в *м* (в один конец), $\frac{1}{\sigma}$—уд. сопротивление материала П. в Ω, отнесенное к длине в 1 *м* и поперечному сечению в 1 *мм*² (значения уд. проводимости σ для различных металлов см. в табл. 1). Допустимым значением падения напряжения задаются, беря в среднем падение напряжения в один конец, выраженное в % от напряжения сети, для линий передач 5—10%, для питательных П. 3—6%, для распределительных П. 1,5% (при нагрузке лампами) и 2—2,5%, а иногда и до 6% (при нагрузке электродвигателями); для П. внутри зданий 0,5—1%. Сечение провода q в *мм*² вычисляют тогда по ф-ле:

$$q = \frac{iL}{\sigma\varepsilon} \text{ или } q = \frac{W_2 L}{\sigma p' E_2^2} \cdot 100,$$

где ε—падение напряжения (в один конец) в V, а p'—то же в % от E_2, т. е. $p' = \frac{\varepsilon}{E_2} \cdot 100$. Рассчитывая П. на потерю мощности, задаются допустимым значением потери мощности в один конец в w ватт и p % (в % мощности нагрузки), т. е. $p = \frac{w}{W_2} \cdot 100$; тогда сечение П.

$$q = \frac{i^2 l}{\sigma w} \text{ или } q = \frac{W_2 \cdot L}{\sigma p E_2^2} \cdot 100.$$

При трехпроводной системе постоянного тока применимы эти же ф-лы, т. к. расчет сводят к расчету двухпроводной системы: крайние П. рассчитывают так, как будто бы нулевого П. не было, т. е. при полном (двойном) напряжении и полной нагрузке, а для нулевого П. берут затем обычно вдвое меньшее сечение, чем полученное для крайних (см. *Сети электрические*). При однофазном токе и индукционной нагрузке сечение П. рассчитывают на потерю мощности по ф-ле:

$$q = \frac{2LW_1}{\sigma p_1 E_1^2 \cos^2\varphi_1} \text{ или } q = \frac{2LW_2}{\sigma p_2 E_2^2 \cos^2\varphi_2} \cdot 100,$$

причем задаются мощностью w ватт, теряемой в линии длиною L*м* в один конец, выражая ее в % от мощности W_1, подаваемой в линию, или от мощности W_2, получаемой потребителем:

$$p_1 = \frac{w}{W_1} \cdot 100 \text{ или } p_2 = \frac{w}{W_2} \cdot 100.$$

Напряжение и сдвиг фаз в начале и конце обозначены через E_1 и φ_1 и соответственно E_2 и φ_2. При небольших сдвигах фаз можно пользоваться приближенно ф-лой для расчета сечения по заданному падению напряжения в одном П. (в один конец) в V:

$$q = \frac{LI\cos\varphi}{\sigma\varepsilon}.$$

При трехфазном токе и индукционной нагрузке сечение определяется при заданной потере мощности по формуле:

$$q = \frac{LW_1}{\sigma p_1 E_1^2 \cos^2\varphi_1} \cdot 100 \text{ или } q = \frac{LW_2}{\sigma p_2 E_2^2 \cos^2\varphi_2} \cdot 100.$$

причем L—длина одного П., E_1 и E_2—линейное (междуфазное) напряжение в начале и конце линии, φ_1 и φ_2—сдвиги фаз, W_1—полная мощность в W, подаваемая в линию (во все три фазы вместе), W_2—полная мощность, получаемая потребителем в конце линии (во всех трех фазах вместе), w—мощность, теряемая в линии (во всех трех П. вместе), p_1 и p_2—потери мощности в %, отнесенные к мощности в начале и конце линии

$$p_1 = \frac{w}{W_1} \cdot 100 \text{ и } p_2 = \frac{w}{W_2} \cdot 100.$$

В распределительных П. *сдвиг фаз* (см.) вызывает только нагрузка (для асинхронных двигателей $\cos\varphi = 0{,}7 \div 0{,}9$, при малой нагрузке еще меньше, для ламп $\cos\varphi = 1$). В П. питательных и линий передач приходится учитывать еще сдвиг фаз, создаваемый индуктивными и емкостными свойствами самих П. (см. *Линии передачи*). Расчет железных П. на падение напряжения или потерю мощности при переменном токе отличается от расчета П. из меди (в силу магнитности материала сильнее сказывается скин-эффект): активное сопротивление железных П. при переменном токе больше, чем при постоянном токе, оно зависит от свойств железа, размеров поперечного сечения, частоты и силы тока. Полное сопротивление z переменному току для железных П. нельзя вычислить по обычным ф-лам, применяемым для расчета медных П. Для расчета железных П. пользуются полученными опытным путем кривыми, к-рые дают зависимость между z и омич. сопротивлением при постоянном токе [15, 20, 21, 23, 49].

Расчет на нагревание. По закону Джоуля количество тепла Q в cal, выделяемое током в I А в П. длины L, при поперечном сечении q и уд. проводимости σ за время T ск.:

$$Q = 0{,}24 I^2 \frac{L}{\sigma q} T.$$

Силу тока в П. на основании расчета выбирают так, чтобы повышение $t°$ П. прекратилось ранее, чем оно превзойдет допустимое значение. Из условия теплового равновесия (условие равновесия: выделяемое в П. током тепло равно отдаваемому П. в окружающую среду), принимая теплоотдачу в окружающее пространство пропорциональной поверхности П., времени и разности $t°$ П. и окружающей среды, определяют превышение $t°$ П. над $t°$ окружающей среды:

$$t = \frac{cI^2}{d^3},$$

причем I—сила тока в А, d—диаметр П. в *мм*, c—постоянный коэф-т, определяемый экспериментально. Отсюда, задавшись допустимым превышением $t°$, определяют наибольшую допустимую для данного диаметра силу тока:

$$I = d^{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{t}{c}} = c' d^{\frac{3}{2}};$$

если допустить $t° = 10°$, то $c' = 3.5 \div 9$ для П. из меди в закрытых помещениях и $c' = 8 \div 12$ для П. из меди воздушных линий. Для тонких П. ф-ла дает ненадежные результаты. Тейхмюллер и Гумани [29, 38, 42] предложили более пригодную как для тонких, так и для толстых П. ф-лу вида

$$I^2 = t(c' d^2 + c'' d^{\frac{3}{2}}),$$

где значения c' и c'' для разных П. различные. Для проложенных открыто оплетенных П. и шнуров из меди с вулканизированной резиной

$$I^2 = t(10q + 2{,}1 q^{\frac{3}{4}}).$$

Для голых П. и П. из меди с вулканизированной резиной, проложенных под штукатуркой в металлических трубках, вплотную прилегающих к П.,

$$I^2 = t(3{,}1 d^2 + 1{,}2 d^3) = t(3{,}95 q + 1{,}72 q^{\frac{3}{2}}).$$

На основании теоретических и опытных исследований заграничными, а затем и Всесоюзными электротехническими съездами выработаны нормы наибольших допустимых с точки зрения нагревания нагрузок П. и кабелей с медными жилами [15]. Для П. и кабелей из других металлов допустимые нагрузки вычисляют по ф-ле:

$$I_x = I_{Cu} \sqrt{\frac{\sigma_x}{\sigma_{Cu}}},$$

где I_{Cu}—допустимая сила тока для медного П. того же сечения (взятая из таблицы); σ_{Cu}—уд. проводимость меди и σ_x—уд. проводимость данного металла для алюминия; $I_{Al} = 0{,}77\ I_{Cu}$ и для железа $I_{Fe} = 0{,}35\ I_{Cu}$. При переменном токе потери на нагревание П. более значительны: неравномерное распределение тока по сечению П. (см. *Скин-эффект*) увеличивает сопротивление П.; в железных П. потери на гистерезис; появляются добавочные потери и в соседних с П. металлич. массах (поэтому прокладка П. в металлич. оболочках в одиночку недопустима, кабели предпочтительнее многожильные); для кабелей с напряжением выше 10 kV надо еще учитывать потери на диэлектрич. гистерезис в изоляции.

Расчет П. на механическую прочность. В любом поперечном сечении П. между двумя опорами появляется от действия собственного веса растягивающее усилие (тяжение), возрастающее с натяжением П. Длина П., а с ней и тяжение изменяются с $t°$. Чтобы при низкой $t°$ от сжатия П. не произошел разрыв его, тяжение не должно превосходить определенной величины. П. может также оборвать добавочная нагрузка (ветер или обледенение П.). В зависимости от собственного веса, добавочной нагрузки и $t°$ путем расчета определяют тяжения в П. с целью указать лицу, производящему монтаж, значение натяжения П. (или его стрелы провеса) для $t°$, при к-рой линия будет монтироваться (чтобы при самых неблагоприятных условиях не было превышено предельное допустимое растягивающее усилие). и вычислить максимальную возможную стрелу провеса, к-рая влияет на высоту подвеса П. и размеры опор. Подробнее о механич. расчете П. см. *Линии передачи* [1, 5, 6, 12, 34, 35, 38, 41].

Экономический расчет имеет задачей определение условий, при к-рых будет наименьшей сумма ежегодных расходов по устройству и эксплоатации линии $P = P_1 + P_2 + P_3$, где P_1—сумма отчислений за весь год, величина которых зависит от размеров капитала, израсходованного на первоначальное устройство линии (отчисления на погашение капитала, уплату % на него, на ремонт и возобновление линии и надзор за ней); P_2—стоимость энергии, теряемой в линии за год; P_3—ежегодные отчисления, зависящие от стоимости той части станции, к-рая генерирует энергию, расходуемую на покрытие потерь в линии. Аналитич. исследование показывает, что общая сумма ежегодных расходов P будет минимальной, если $P_1 = P_2 + P_3$. Отсюда можно найти наивыгоднейшее экономически падение напря-

жения для расчета сечения П., наиболее экономичное сечение П. или экономичную силу тока в нем. Подробнее об экономич. расчете см. *Линии передачи* [9, 10, 12, 13, 29].

Общий ход расчета П. Выяснив нагрузку П. (силу тока, к-рая будет протекать по нему), его рассчитывают на падение напряжения или потерю мощности. Найденное значение сечения округляют до ближайшего (обычно большего) сечения по сортаменту и проверяют, допустима ли для него нагрузка данным током с точки зрения нагревания (при постоянном характере нагрузки по таблицам нормальных нагрузок ВЭС, в исключительных случаях при резко изменяющейся нагрузке с перерывами вычисляют превышение $t°$ П. над окружающей средой). Для П. питательных электрическому расчету предшествует экономический (определение наивыгоднейшего значения допустимого падения напряжения, на которое надо рассчитывать П.). Для воздушных линий за электрическим расчетом следует механический (см. *Сети электрические*).

Лит.: [1]) Богомолов Ф., Расчет воздушно-линейных сооружений связи, М., 1931; [2]) Витт В. И., Электрич. провода, их производство, расчет и прокладка, пер. с нем., Л., 1927; [3]) Глазунов А. А., Теория и расчет электрич. распределительных сетей, М., 1930; [4]) Гоппе Ф., Проектирование небольших электрич. станций и сетей, пер. с нем., Л., 1930; [5]) Каппер Ф., Электропередача, Сооружение воздушных линий, пер. с нем., М., 1927; [6]) Кизер Г., Передача электрич. энергии, т. 2, Сети низкого и высокого напряжения, пер. с нем., Л., 1928; [7]) Мильштейн Н. М., Воздушная канализация тока алюминиевыми и сталеалюминиевыми проводами, М., 1930; [8]) Стилл А., Линии передачи электрической энергии, пер. с англ., М., 1925; [9]) СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, отд. 4 А, т. 2, отд. 7 и т. 3, отд. 18 и 19, Л., 1928—31; [10]) Фаульь Ф., Справочник по электротехнике, т. 1 и 3, пер. с англ., Л., 1928 и 1929; [11]) Харчев М. К., Канализации электрич. энергии (Рабочий техникум на дому, Электротехника, кн. 9), Л., 1929; [12]) Хащинский В. П., Канализация электрич. энергии (Сети), ч. 1, Электрич. расчет, 3 изд., Л., 1931, ч. 2, Механич. расчет, конструкции, Л., 1926; [13]) Хрущов В. М., Электрич. линии и сети, Харьков, 1926, литогр.; [14]) AEG, Электричество как источник света и силы, 2 изд., Берлин, 1930; [15]) Электротехнич. правила и нормы, 4 изд., М.—Л., 1931; [16]) ГЭТ, Прейскуранты за 1925—1927 г., М.; [17]) Ленинградское отделение ВЭО, Электротехнич. справочник, 2 изд., Л., 1930; [18]) Руководство Сименса, Электрическое оборудование световых и силовых установок, Берлин, 1924; [19]) Бургучев С. А., Электрич. и механич. свойства железных проводов и применение их в мелкой и сельской электрификации, «Электричество», М.—Л., 1926, *5*, стр. 249; [20]) его же, Электрич. расчет железных проводов, «Известия ГЭТ», М., 1929, стр. 71; [21]) Куньщиков В. А. и Карягин А. Г., Применение железных проводов для передачи электрическ. энергии при электрификации сельских местностей, «Электричество», М.—Л., 1930, *2*, стр. 102; [22]) Лукьянов Е. В., Применение для электрических сетей меднокадмиевых проводов вместо медных, там же, 1929, *13—14*, стр. 330; [23]) Скобельцын Ю. В., Применение железных проводов для передачи и распределения энергии, там же, 1927, *3*, стр. 90; [24]) Apt R., Die isolierten Leitungen u. Kabel, 3 Aufl., B., 1929; [25]) Croft T., American Electrician's Handbook, 2 ed., N. Y., 1924; [26]) Fowle F., Standard Handbook for Electrical Engineers, 5 ed., N. Y., 1922; [27]) Fowler's Electrical Engineers Pocketbook, 26 ed., Manchester, 1926; [28]) Del Mar W. A., Electric Power Conductors, N. Y., 1914; [29]) Herzog I.-Feldmann C., Die Berechnungelektrischer Leitungsnetze in Theorie u. Praxis, 4 Aufl., B., 1927; [30]) Kapper F., Freileitungsbau, Ortsnetzbau, Mch.—B., 1923; [31]) Kurtz E., The Lineman's Handbook, N. Y., 1928; [32]) Kyser H., Die elektrische Kraftübertragung, B. 2, Die Niederspannung- u. Hochspannungsleitungsanlagen, 2 Aufl., B., 1921; [33]) Mauduit A., Installations électriques à haute et basse tension, P., 1926; [34]) National Electric Light Association, Overhead Systems, Reference Book, N. Y., 1927; [35]) Painton E., Mechanical Design of Overhead Electrical Transmission Lines, L., 1925; [36]) Pannell E. V., High Tension Line Practice, L., 1925; [37]) Pender H., Handbook for Electrical Engineers, 2 ed., N. Y., 1922; [38]) Rziha E. u. Seidener J., Starkstromtechnik, Taschenbuch für Elektrotechniker, B. 2, 7 Aufl., B., 1931; [39]) Seelye H. P., Electrical Distribution Engineering, New York, 1930; [40]) Shuler A. A., Electric Wiring, New York, 1924; [41]) Still A., Overhead Electric Power Transmission, N. Y., 1923; [42]) Uppenborn F., Deutscher Kalender für Elektrotechniker, hrsg. v. Dettmar G., Mch.—B., 1927/28; [43]) «Aldrey», Ein neuer Freileitungsbaustoff, «Siemens-Zeitschrift», B., 1928, p. 236; [44]) Alliages d'aluminium a haute resistance mécanique pour conducteurs électriques, «GC», 1927, v. 91, p. 75; [45]) Chaumat H., Les alliages légers de haute conductivité, leur emploi dans la construction des lignes électriques, «RGÉ», 1929, v. 25, p. 687; [46]) Dettmar G., Über die Verwendungsmöglichkeiten von Kupferpanzerstahl in d. Elektrotechnik, «ETZ», 1929, p. 1580; [47]) Edler, Die technische u. wirtschaftliche Bedeutung d. Bronze für Hochspannungs-Freileitungen, «EuM», 1923, p. 305; [48]) Erfahrungen mit Aluminiumleitungen, Bericht des Ausschusses für Aluminium und Leichtlegierungen der deutschen Gesellschaft f. Metallkunde, «Z. f. Metallkunde», B., 1928, p. 305; [49]) Esch, Die Verwendung von Eisenleitungen als Ersatz von Kupfer-bzw. Aluminiumleitungen, «ETZ», 1915; [50]) Fuchs A., Verwendung des Aluminiums u. seiner Legierungen in d. Elektrotechnik, «Elektrizitätswirtschaft», B., 1928, p. 91; [51]) Fuchs A., Zur Entwicklungsgeschichte der Hohleiseile, «Z. d. VDI», 1927, p. 1014; [52]) Hähnel, Über die Haltbarkeit v. Freileitungsdrähten aus Aluminium, «Mitteilungen d. Vereinigung d. Elektrizitatswerke», B., 1927, p. 101; [53]) Legros L., Étude comparative sur l'emploi de l'aluminium et du cuivre pour les conducteurs électriques des lignes aériennes, «RGÉ», 1923, v. 14, p. 157; [54]) Marzahl, Kupferpanzerstahl «KPS» als Leitungsbaustoff in Mittelspannungsnetzen, «ETZ», 1930, p. 1395; [55]) Miller, Effective Resistance a. Inductance of Iron a. Bimetallic Wires, «Bull. Bur. of Standards», N. Y., 1915, v. 12, *2*; [56]) Schmitt H., Hochleitfähige vergütbare Aluminium Legierungen, «ETZ», 1927, p. 1176; [57]) Stauffacher, Short-time Current Carrying Capacity of Copper Wire, «General Electric Review», N. Y., 1927, p. 326; [58]) Teichmuller J., Die vier Grundgrössen d. Leitungsberechnung f. Drehstromleitungen, «ETZ», 1919, p. 40, 581; [59]) Tenzer G., Berechnung der Stromwärmeverluste in Leitern bei wechselnder Belastung, ibid., 1929, p. 1199; [60]) Wunder W., Vorkommen, Gewinnung, Eigenschaften u. Verwendung des Aluminiums in d. Elektrotechnik, ibid., 1924, p. 1109, 1125; 1925, p. 208. **В. Хащинский.**

П. в технике проволочной электрической связи—проволока, соединяющая между собой отдельные телеграфно-телефонные пункты. Она должна удовлетворять механич., электрич. и экономич. требованиям. К механич. требованиям относятся: 1) большой срок службы (10—40 лет, в зависимости от атмосферных и других условий района подвески), 2) достаточное сопротивление разрыву: П. не должен рваться как при его подвеске, так и во время эксплоатации, при ветре, гололеде, сильных морозах; должен выдерживать большое число крутых изгибов, не сильно растягиваться (см. *Линии связи*). Электрич. требования заключаются в том, чтобы П. имел возможно меньшее омич. сопротивление и чтобы разность сопротивлений для постоянного и переменного токов была возможно меньшей. Экономическ. требование: П. должен быть дешев. Для телеграфной передачи постоянным током всем этим требованиям наиболее удовлетворяет железный П. (сталистое железо). При этом для магистральных связей, соединяющих областные центры между собой, а эти последние с центром СССР—Москвой, применяется почти исключительно П. диам. 5 *мм*; для внутриобластной связи применяется диаметр 4 *мм*; более тонкие П. применяются только на городских участках с целью уменьшения нагрузки на столбы. Для телефонной связи железный провод менее удовлетворяет электрич. требованиям, так как вследствие влияния скин-эффекта его сопротивление сильно возрастает с повышением частоты переменного тока, а самоиндукция падает.

Вследствие этого токи различных частот телефонной передачи распространяются по проводам с различной скоростью и различным *затуханием* (см.), например ток частотою в 200 пер/ск. (самая низкая частота телефонного разговора) распространяется со скоростью 120 000 *км/ск* и через каждые 100 *км* длины П. уменьшается по амплитуде примерно в 2 раза, ток же частотою в 2 400 пер/ск. (практически самая высокая частота телефонного разговора) распространяется со скоростью 200 000 *км/ск* и через 100 *км* уменьшается по амплитуде в двадцать раз. Сильное уменьшение амплитуды тока по длине П. вызывает сильное падение слышимости в телефоне, а различная скорость распространения и затухания токов различных частот вызывает искажение ясности телефонного разговора. По этим причинам железные П. применяются только для внутриобластной телефонной связи на расстояниях, не превышающих 300—500 *км*, с установкой в среднем через каждые 100 *км* телефонных промежуточных усилителей (см. *Трансляция* и *Усилитель*). Для магистральной телефонной связи на расстояниях свыше 500 *км* применяется П. из твердотянутой меди: для расстояний 1—500—2 000 *км*—$\varnothing$ 3 *мм*, 2 000—3 000 *км*—$\varnothing$ 3,5 *мм*, свыше 3 000 *км*—$\varnothing$ 4 *мм*. Дальность телефонной связи по медным проводам увеличивается по сравнению с железными в 6—10 раз в зависимости от диаметра. Расстояние между трансляциями также увеличивается в 6—10 раз. Благодаря незначительному возрастанию сопротивления медных П. для токов высокой частоты является возможность наложения на одной телефонной двухпроводной медной цепи еще 3 телефонных разговоров и 12 телеграфных передач на высокой частоте (см. *Многократное телеграфирование и телефонирование*).

В связи с дефицитностью меди в последнее время ведутся испытания по применению для дальней телефонной связи 4-*мм* биметаллич. П., состоящего из стальной жилы (60% вес.) и медной оболочки (40% вес.). Предварительные испытания этого П. показали хорошие результаты как при низкой, так и при высокой частоте переменных токов. В настоящее время производятся опыты по применению алюминиевого П., соединенного для крепости механически или химически с другими металлами. Сюда относятся: 1) сталеалюминиевый канатик, состоящий из 7 жил, из к-рых одна стальная, оцинкованная в середине, и 6 алюминиевых ($\varnothing$ жил 1,65 *мм*); 2) альдрей—алюминий с небольшой присадкой кремния, железа и других металлов и нек-рые другие. Для местной городской телефонной связи с целью экономии металла и уменьшения нагрузки на столбы применяют гораздо более тонкие диаметры П., напр. бронзовая проволока $\varnothing$ 1 *мм*, стальная оцинкованная $\varnothing$ 1,2 *мм*. Т. к. П., подвешенные на столбах, подвержены повреждениям от ветра, гололеда и прочих атмосферных причин, а на местных городских сетях обилие столбовых линий с большим числом П. обезображивает город, то в последнее время стремятся (где это экономически выгодно) подвешивать на специальных тросах кабели с большим числом тонких медных жил. В больших же городах стремятся совсем уйти с поверхности улицы и прокладывают кабель под землей (см. *Кабель* и *Линии связи*). Прокладка кабелей для междугородной телефонно-телеграфной связи сопряжена с значительными первоначальными денежными и материальными затратами. Ниже приводят-

Табл. 5.—Электрические свойства воздушных линий. *1

Материал П.	Диам. П. в *мм*	Расст. между П. в *см*	R в Ω/*км* *2	L в mH/*км* *3	C в 10^{-9}F *4	G в μmho/*км* *5	β *6	Z *7
Бронза	1,2	30	65,5	2,59	4,7	0,5	0,0209	1 684
	1,5	30	31,4	2,50	4,87	0,5	0,0163	1 178
	2,0	30	17,6	2,38	5,11	0,5	0,0111	912
	2,5	30	11,4	2,29	5,30	0,5	0,00873	779
Твердотянутая медь	3,0	30	5,2	2,22	5,47	0,5	0,00425	670
	3,5	30	3,8	2,15	5,67	0,5	0,00325	631
	4,0	30	2,9	2,10	5,8	0,5	0,0026	613
	4,5	30	2,3	2,05	5,93	0,5	0,00215	595
Бронза	2,5	60	11,4	2,57	4,73	0,5	0,0073	853
Твердотянутая медь	3,0	60	5,2	2,5	4,87	0,5	0,0038	746
	3,5	60	3,8	2,44	5,0	0,5	0,0029	716
	4,0	60	2,9	2,38	5,11	0,5	0,0023	692
	4,5	60	2,3	2,33	5,25	0,5	0,0019	672
Алюминий	4,0	60	4,76	2,38	5,11	0,5	0,0036	707
Биметалл	4,0	60	6,7	2,5	5,11	0,5	0,0050	770
Железо	3,0	60	58,2	11,7	4,87	0,5	0,0175	1 840
	4,0	60	42,6	9,4	5,11	0,5	0,015	1 575
	5,0	60	31,0	7,4	5,32	0,5	0,013	1 353

*1 Для $t°$ 20° и при f=800 пер/ск. *2 Омич. сопротивление. *3 Самоиндукция. *4 Емкость. *5 Проводимость. *6 Километрич. затухание. *7 Полное сопротивление.

Табл. 6.—Электрические свойства кабельных непупинизированных линий.*

Диаметр жил в *мм*	R в Ω/*км*	L в mH/*км*	C в μF/*км*	G в μmho/*км*	β	Z
0,5	184	0,7	0,031	0,5	0,125	1 040
0,6	123	0,7	0,032	0,5	0,098	880
0,7	93,6	0,7	0,0325	0,5	0,098	730
0,8	69,2	0,7	0,033	0,6	0,074	650
0,9	54,6	0,7	0,0335	0,6	0,066	570
1,0	44,3	0,7	0,034	0,6	0,059	510
1,2	30,8	0,7	0,0345	0,7	0,043	425
1,4	22,6	0,6	0,0355	0,7	0,042	360
1,5	19,7	0,6	0,036	0,7	0,039	330
1,8	13,7	0,6	0,037	0,7	0,032	2,75
2,0	11,0	0,6	0,038	0,8	0,028	2,45

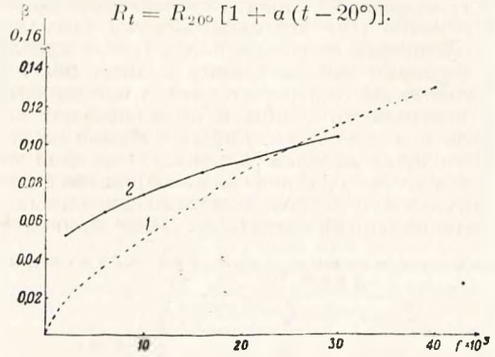
* Для $t°$ 10° и при f=800 пер/ск.

ся табл. 5 и 6, характеризующие электрические свойства П. в зависимости от их материала, диаметра и частоты переменного тока, и кривые (фиг. 6 и 7) для километрич. затухания β в зависимости от частоты тока f: для железной двухпроводной цепи $\varnothing$=5 *мм* (кривая *1* на фиг. 6), непупинизированного кабеля $\varnothing$=1,4 *мм* (кривая *2*, фиг. 6), твердотянутой меди (кривая *1* и *2*, фиг. 7) и биметаллич. П. (кривая *3*, фиг. 7). Сопротивление П. (в Ω) постоянному току

$$R_{20°} = \varrho \frac{l}{Q},$$

где ϱ—уд. сопротивление П., l—длина П. в $м$, Q—поперечное сечение в $мм^2$. Сопротивление П. при различной $t°$:

$$R_t = R_{20°}[1 + \alpha(t - 20°)].$$



Фиг. 6.

Самоиндукция (в Н/км) двухпроводной линии, состоящей из немагнитного материала,

$$L = \left(9{,}21 \ln \frac{a}{r} + 1\right) \cdot 10^{-4},$$

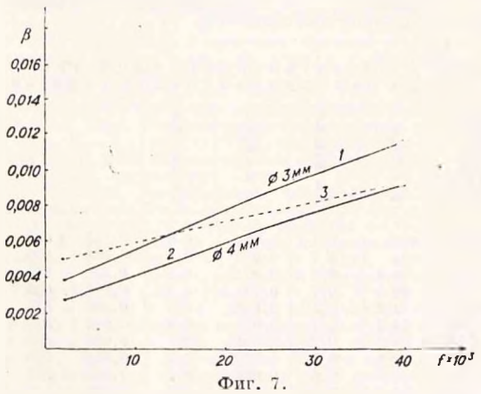
где a—расстояние между П. в $см$, r—радиус П. в $см$. Емкость (в μF) двухпроводной линии:

$$C = \frac{1}{82{,}9 \ln \frac{2a}{d}}.$$

Емкость (в μF) однопроводной линии:

$$C = \frac{1}{41{,}4 \ln \frac{4h}{d}};$$

здесь h—высота подвеса П. над землей в $см$, d—диам. П. в $см$. Величина G зависит от погоды и частоты тока и не поддается точному



Фиг. 7.

учету. В табл. 5 взята величина, соответствующая сухой погоде. Сопротивление П., состоящих из немагнитного материала, переменному току (при f пер/сек.)

$$R_f = k_1 R_t,$$

причем k_1—коэф., зависящий от диаметра и уд. сопротивления П. и от частоты тока; для $x = 0 \div 0{,}8$:

$$k_1 = 1 + \frac{x^4}{3} - \frac{4}{45}x^8,$$

для $x = 1{,}5 \div 10$:

$$k_1 = 0{,}997\,x + 0{,}277.$$

Для значений x, находящихся между 0,8 и 1,5, величина k_1 берется из табл. 7. Величина x вычисляется по ф-ле: $x = k_0 r\sqrt{f}$, где k_0—

Табл. 7.—Значения коэфициента k_1.

x	k_1	x	k_1	x	k_1	x	k_1
0,70	1,07	0,95	1,22	1,15	1,40	1,35	1,61
0,75	1,09	1,00	1,26	1,20	1,45	1,40	1,66
0,80	1,11	1,05	1,31	1,25	1,50	1,45	1,72
0,85	1,14	1 10	1,35	1,30	1,56	1,50	1,77
0,90	1,18						

коэф., зависящий от уд. сопротивления П. ($k_0 = 0{,}075$ для меди и 0,053 для алюминия). Сопротивление переменному току железных П. увеличивается также с частотой, а самоиндукция с увеличением частоты падает. Вычисления производятся по ф-лам:

$$R_f = k_1 R_t,$$

$$L = \left(0{,}92 \ln \frac{a}{r} + 0{,}1 \cdot k_2\right) 10^{-3} \text{ Н/км};$$

k_1 и k_2—коэф-ты, зависящие от уд. сопротивления, частоты переменного тока, диам. П. и магнитной проницаемости железа (табл. 8),

Табл. 8.—Значения коэфициентов k_1, k_2.

x*	k_1	k_2	x*	k_1	k_2
0,25	1,000	1,000	3,5	1,492	0,766
0,50	1,000	0,999	4,0	1,678	0,586
1,00	1,005	0,997	5,0	2,013	0,556
1,50	1,026	0,987	6,0	2,394	0,465
2,00	1,078	0,961	8,0	3,094	0,351
2,50	1,175	0,913	10,0	3,799	0,282
3,00	1,318	0,845	20,0	7,328	0,141

* Значения x вычислены по ф-ле $x = 0{,}05\sqrt{\frac{f\mu}{R_f}}$, где μ—магнитная проницаемость.

a—расстояние между П. двухпроводной цепи, r—радиус П. **П. Акульшин и Я. Кулиш.**

П. железный (П. ж.), проводник электрич. тока, выполняемый обычно в виде тянутой или катаной круглой проволоки. В качестве средства защиты от атмосферных влияний применяется омеднение и оцинковка поверхности проволоки или покрытие ее олифой. П. ж. находит весьма широкое применение в телеграфных линиях, а также в линиях передачи электрич. энергии для осветительных и силовых установок. В последнем случае применение П. ж. взамен медных делается экономичным тогда, когда сечение медных проводов недостаточно используется в электрич. отношении и устанавливается по соображениям необходимой механич. прочности. Кроме того замену медных проводов железными и возможно и целесообразно производить при устройстве заземлений, в установках высокого напряжения и в некоторых случаях в сетях низкого напряжения и устройствах радиолюбительских антенн. В качестве материала для П. ж. применяется мягко отожженная железная проволока; применение отожженной проволоки мотивируется следующим: а) большей электропроводностью по сравнению с неотожженной; б) получением частичного или полного отжига при сращивании проводов путем пайки, сварки или термитным способом; в) благоприятными результатами опытов эксплоатации мягко отожженных проводов на линиях НКПС и НКП и Т. П. ж. с оцинкованной поверхностью может служить на линиях в течение от 20 до 35 и более лет, в зависимости от действия атмосферных условий данной местности; близость ф-к, з-дов, железных дорог и т. п. сокращает срок

службы П. ж. вследствие воздействия сернистых газов, содержащихся в дыме.

Наиболее употребительные размеры круглых П. ж.—6, 5, 4 и 3 $мм$ в диаметре. Механические свойства рыночных сортов железной проволоки таковы: временное сопротивление на разрыв 40—45 $кг/мм^2$—для мягко отожженных и 65—72 $кг/мм^2$—для твердо отожженных; число перегибов на 180° до разрушения—от 5 до 10 для проводов диаметром от 6 до 3 $мм$; коэф. упругого удлинения ок. $5 \div 6 \cdot 10^{-5}$ $мм^2/кг$. Уд. сопротивление (для постоянного тока) П. ж. колеблется в пределах $0{,}125 \div 0{,}145$ Ω $мм^2/м$ при $t° = 20°$; $t°$-ный коэф. сопротивления 0,0042—0,0047 $(°C)^{-1}$; уд. в. ок. 7,85; $t°$-ный коэф. линейного расширения $11 \div 12 \cdot 10^{-6}$.

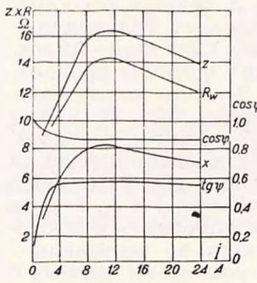
Электрический расчет П. ж. Электрич. расчет П. ж. для линии постоянного тока не представляет никаких затруднений, если известны условия нагрузки и все геометрич. размеры линии, и он не отличается от расчетов проводников из диамагнитных материалов. Более сложным является расчет П. ж. для переменного тока, где определения как эфф. сопротивления R_w (сопротивления переменному току), так и внутренней индуктивности L_i, вследствие характерных особенностей магнитных свойств железа и эффекта Кельвина, потерь на гистерезис, представляют собой большие затруднения. Многие исследователи (Трукса, Циклер, Стефан, Цепнек, Томсон, Дрейфус, Бургучев, Введенский, Шиллеров, Аркадьев, Антик, Ермолаев и др.) предложили ф-лы, посредством к-рых выражается аналитически зависимость эфф. и внутреннего индуктивного сопротивления сплошных П. ж. от плотности тока, $\varnothing$ провода, частоты; нек-рые из предложенных ф-л хотя и позволяют с достаточной точностью вычислить R_w и L_i, но требуют всегда предварительн. экспериментальных данных (гл. обр. о магнитных свойствах), получение к-рых более сложно, чем непосредственное снятие электрич. характеристик П. ж. при переменном токе. Кроме того предложенные ф-лы не позволяют учитывать целого ряда факторов, влияющих на сопротивление П. ж., как то: изменения $t°$, неоднородность структуры и состава материала, термич. и механич. обработки, напряжения и т. п. Все эти факторы трудно поддаются систематич. учету, поэтому при расчетах линий передач из провода железного обычно пользуются характеристиками, снятыми путем непосредственного измерения. На фиг. 8 изображены типичные кривые зависимости сопротивления переменному току (для $f = 50$ пер/сек.) и внутреннего индуктивного сопротивления x для железного П. диаметром в 5 $мм$. На фиг. 9 представлены кривые, иллюстрирующие зависимость относительного приращения сопротивления переменному току (для $f = 50$ пер/сек.) от плотности тока для проводников диаметром от 3 до 6 $мм$, т. е.

$$\Delta K_w = f(i_s),$$

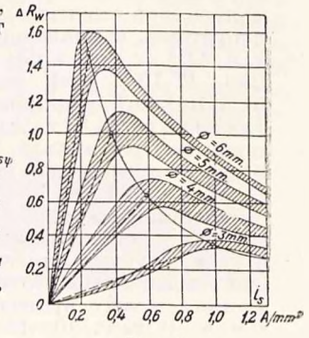
где

$$\Delta K_w = \frac{R_w - R_g}{R_g} = K_w - 1.$$

Здесь означают: R_w—эфф. сопротивление переменному току, R_g—омическое сопротивление П. ж., K_w—отношение $\frac{R_w}{R_g}$. В указанные на фиг. 9 пределы укладываются почти все кривые наиболее ходовых сортов П. ж. герм., франц. и русских з-дов. Как видно из фиг. 9, характеристики П. ж. самых разнообразных сортов сравнительно мало отличаются друг от друга, поэтому для расчета линий передач можно ограничиться средними значениями. Что касается внутренней индуктивности П. ж., то таковая зависит



Фиг. 8.



Фиг. 9.

также от плотности тока, т. к. последняя оказывает влияние на магнитное насыщение железного провода.

Кажущееся сопротивление железного провода может быть определено по формуле $z = \sqrt{R_w^2 + (L_i\omega)^2}$, где L_i—внутренняя индуктивность, выраженная в Н, ω—угловая частота в $сек.^{-1}$. Экспериментальные исследования показывают, что внутренний угол сдвига фаз ψ кажущегося и эфф. падений напряжений колеблется в сравнительно небольших пределах. Для большинства сортов П. ж. $\cos\psi = 0{,}87 \div 0{,}92$; в среднем $\cos\psi = 0{,}877$. Т. о. для П. ж.

$$z = \frac{R_w}{\cos\psi} = \frac{R_w}{0{,}87 \div 0{,}92}.$$

В табл. 9 приведены значения падений напряжений в V на 1 $км$ трехфазной линии из

Табл. 9.—Значения падений напряжений (в V) на 1 $км$ трехфазной линии из П. ж. ($f = 50$ пер/сек.).

Диаметр в $мм$	Сила тока в А											
	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	10	15	20	25
3,5	11	23.5	31,1	50,6	103	153	214	280	483	625	—	—
4	8,5	18,3	30,5	44,3	81,2	120,5	169	217	403	573	—	—
5	—	—	20	31,2	60.5	95	137	185	335	465	573	—
6	—	—	—	28,7	56,2	79,6	115	146.5	269	392	513	617

П. ж. при 50 пер/сек. Для практич. расчетов линий передач (для переменного тока частотою в 50 пер/сек.) проф. Кулебакиным предложены следующие ф-лы, посредством к-рых можно найти необходимые размеры П. ж., если задаться допустимым падением напряжения или допустимой потерей мощности в линии:

$$d = \frac{13{,}1}{\sqrt{\frac{e_1}{I} - 0{,}965I}} \text{ мм},$$

$$e_1 = \frac{\Delta U_1}{\cos\varphi + 0{,}554\sin\varphi} \text{ V}.$$

В этих ф-лах означают: d—диаметр провода в $мм$, e_1—эфф. падение напряжения в про-

воде на 1 *км* длины его, ΔU_1—падение напряжения на 1 *км* линии (арифметич. разность напряжений). Значение ΔU_1 вычисляется по заданному падению напряжения в %—ε, линейному напряжению в V— U и длине провода в *м*—L:

$$\Delta U_1 = \frac{\varepsilon \cdot U \cdot 1\,000}{100 \cdot L} = 10\,\varepsilon \cdot \frac{U}{L}.$$

Механический расчет линий передач из П. ж. сводится к определению стрел провеса и натяжений, при этом согласно нормам ЦЭС для П. ж. применяются: временное сопротивление на разрыв—44 *кг/мм²*, допустимое напряжение—$^1/_2$ от временного, т. е. 14,5 *кг/мм²*, коэф. линейного расширения—$12 \cdot 10^{-6}$, коэф. упругого удлинения—$52{,}5 \cdot 10^{-6}$ *мм²/кг*, толщина слоя льда—10 *мм*, давление ветра 24 *кг/мм²* проекции провода, покрытого слоем льда. Пролеты между столбами рекомендуется брать: 45—55 *м* для П. ж. $\varnothing = 3 \div 4$ *мм*; 70—75 *м* для $\varnothing = 5 \div 6$ *мм*. Для линии передач при напряжении в 6 000 V—устанавливаются: высота столбов 10,7 *м*, глубина зарытия их—1,8 *м*, высота над землей низшей точки провода—6 *м*, расстояние между проводами по вертикали—0,9 *м*. В табл. 10—12 приведены данные о натяжениях p в *кг* и в стрелах провеса f в *мм* для П. ж. диаметром в 4, 5 и 6 *мм*.

Табл. 10.—Данные о натяжениях и провесах железного провода диаметром в 4 мм.

t° \ Пролет в м	45		50		55	
	p	*f*	*p*	*f*	*p*	*f*
−30	39,6	630	34,4	890	31,6	1 170
−20	36,2	690	32,4	940	30,3	1 220
−10	33,1	750	30,5	1 000	29,0	1 280
− 5+лед	130,5	920	127	1 220	122,7	1 470
∓ 0	31,0	805	29,0	1 050	27,9	1 330
+10	29,0	860	27,8	1 100	26,8	1 380
+20	27,6	905	26,5	1 150	26,0	1 420
+30	26,2	955	25,5	1 200	25,1	1 470
+40	25	1 000	27,6	1 240	24,5	1 520

Табл. 11.—Данные о натяжениях и провесах железного провода диаметром в 5 мм.

t° \ Пролет в м	60		65		70	
	p	*f*	*p*	*f*	*p*	*f*
−30	90,25	770	81,1	1 000	75,3	1 240
−20	79,8	870	75,2	1 075	70,9	1 320
−10	71,8	925	70,0	1 150	66,9	1 400
−5+лед	216	1 200	212	1 430	210	1 710
∓ 0	69,0	1 000	66,0	1 220	63,8	1 470
+10	64,5	1 070	62,4	1 290	60,8	1 535
+20	60,6	1 140	59,2	1 360	58,2	1 605
+30	58,0	1 190	56,5	1 430	56,1	1 665
+40	54,5	1 270	54,1	1 490	54,2	1 730

Сращивание П. ж. производится разными способами: 1) сваркой помощью термитных смесей, 2) электрич. сваркой, 3) британской спайкой. Термитная сварка рекомендуется для соединения П. ж. от 5 *мм* и выше. Расход термита на 1 сварку составляет ок. 15—20 *г*. Для сварки П. ж. электрич. способом применяются особые переносные трансформаторы или небольшие сварочные агрегаты. Расход энергии на одну сварку составляет ок. 3 590—4 000 J. Соединение по британскому способу состоит в том, что концы сращиваемых проводов очищаются, накладываются друг на друга и тщательно обматываются мягкой оцинкованной проволокой диаметром в 1,5 *мм*, а затем место соединения хорошо пропаивается. Длины спайки берутся: 75 *мм* для провода диаметром в 3,5 и 4 *мм*, и 100 *мм*—для провода диаметром в 5 и 6 *мм*.

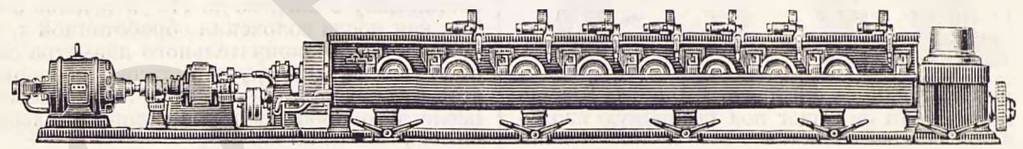
Табл. 12.—Данные о натяжениях и провесах железного провода диаметром в 6 мм.

t° \ Пролет в м	70		75		80	
	p	*f*	*p*	*f*	*p*	*f*
−30	181	750	104	945	151	1 165
−20	160	845	149	1 035	140	1 260
−10	144	940	136	1 130	130	1 355
− 5+лед	324	1 270	321	1 460	318	1 680
∓ 0	131,5	1 030	120	1 220	121,5	1 450
+10	121	1 120	117,5	1 310	114,5	1 540
+20	112,5	1 200	111	1 390	109	1 620
+30	105,5	1 250	104,5	1 470	103	1 710
+40	100	1 360	100	1 550	99	1 780

Лит.: Введенский Б. А., Расчет поверхностного эффекта в ферромагнитных цилиндрах, «Труды Государственного экспериментального электротехнич. ин-та», Москва, 1925, вып. 6; Кулебакин В. С. и Волков В. С., О поперечном и продольном намагничивании железных стержней, там же, вып. 13; Кулебакин В. С., О применении существующих методов расчета железных проводов для линии передачи электрич. энергии, там же; Бургучев С., Электрич. расчет железного провода, «Известия ГЭТ», М., 1929, *4—5*; его же, Электрич. и механич. свойства железных проводов, «Электричество», М.—Л., 1926, *5*; Скобельцын Ю. В., Применение железных проводов для передачи и распределения электрич. энергии, там же, 1927, *3*; Временные руководящие указания к применению железных проводов в установках сильного тока, там же, 1930, *14*; Кулебакин В. С., Упрощенный метод расчета железных проводов для линий электропередач, «Вестник электротехники», Москва, 1930, *4*; Антик И., О вычислении сопротивления железных проволок переменному току, там же; Zickler, Die Berechnung des Wechselstromwiderstandes von Eisenleitern, «EuM», W., 1919, H. 1, p. 1—9; Dreyfus L., Ueber die Erregung eines massiven magnetischen Kreises durch Wechselstrom, «Arch. für Elektrotechnik», B., 1916, p. 314; Schleicher M., Die Berücksichtigung der nichtgleichmässigen Permeabilität bei Berechnung des Wechselstromwiderstandes d. massiven Eisenleiter, ibid., 1920; Schleicher M., Ueber d. Einfluss d. Hysteresis auf d. Wechselstromwiderstand d. massiven Eisenleiter, ibid., 1923; Schleicher M., Über die Berechnung des Widerstandes zylindrischer Eisenleiter, «Wissenschaftl. Veröffentlich. aus dem Siemens Konzern», Berlin, 1922, B. 2, p. 373—377; Bunet, Lignes électriques en fils de fer, «Électricien», Berlin, 1925, 15 mars, p. 130—131; «ETZ», 1914, H. 50, p. 1109, u. 1915, H. 4, p. 44; Ermolaeff A., Die Untersuchung d. Skineffektes in Drähten mit komplexer magnetischer Permeabilität, «Archiv f. Elektrotechnik», Berlin, 1929.

В. Кулебакин.

Производство П. 1) Производство голых П. является по существу производством изделий из цветных металлов, кабельное производство в данном случае принимает сравнительно небольшое участие только в части скрутки П. из подготовленных круглых или фасонных проволок. Процесс производства проволоки можно подразделить на следующие три стадии: 1) производство вайербара (слитка), 2) прокатка вайербара и 3) волочение проволоки; к последнему процессу нужно отнести также термическую обработку, если она требуется. Производство вайербаров относится всегда к области заводов цветной металлургии: кабельные з-ды готовят такие слитки только в исключительных случаях (литье бронзы для телеграфных и телефонных П., литье медных вайербаров из рафинированных отходов меди кабельного производства, заготовка для биметаллич. проволоки и т. п.). Вайербары доставляются на кабельные з-ды с несколько различной формой сечения для разных металлов. Медные вайербары имеют трапецоидальное сечение со сторонами ок. 95×85 *мм* и высотой 90 *мм* при длине 1 300—1 400 *мм* и весе около 80 *кг*; для удобства прокатки концы вайербара скошены. Трапецоидальная форма медных вайербаров обусловливается особенностями их отливки: они отливаются в горизонтальных изложницах. Алюминиевые вайербары имеют квадратное сечение (размеры 95×95 *мм*, длина от 1 100 до 2 100 *мм* при весе от 32 до 60 *кг*); они отливаются в вертикальных или наклонных изложницах. Процесс горячей прокатки вайербаров в основном состоит

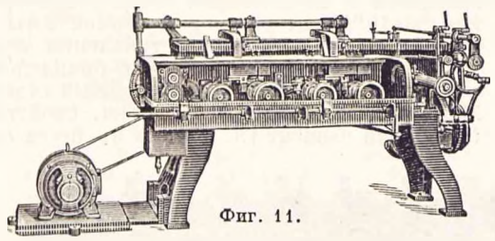


Фиг. 10.

из двух операций: нагрева его в особой печи (методическая печь) и собственно прокатки вайербара, т. е. ряда проходов его через ручьи вращающихся валков прокатного стана. Медные вайербары нагреваются до $t°$ ок. 850°, алюминиевые вайербары до 400—475°. Важное значение имеет калибровка валков прокатного стана, т. е. чередование формы ручьев; в основном эта калибровка состоит из чередования квадрата и овала. Современные прокатные станы для медной катанки (проволоки) имеют ок. 14 проходов; здесь был достигнут за последние годы значительный успех, т. к. до мировой войны обычное число проходов было ок. 25. Катанка принимается на автоматич. моталки и имеет диам. обычно в 6 *мм*, иногда в 8 *мм*; размер катанки определяется экономич. расчетами. При изготовлении очень ответственных П., напр. воздушных, телеграфных и телефонных, бронзовых или медных П., к к-рым предъявляются очень высокие требования в механическом отношении, операция прокатки осложняется тем, что диам. катанки повышается до 10 — 12 *мм* и вводится промежуточное охлаждение—схолаживание—для того, чтобы получить бо́льшую степень нагартовки (наклепа) при холодной прокатке. Другой мерой, направленной к повышению разрывной прочности голых П., является предварительная строжка, или обточка, вайербара, имеющая целью удаление «рожи», т. е. поверхностного слоя, богатого закисью меди, вредно отражающейся на механич. и электрич. свойствах проволоки; однако это мероприятие большого эффекта не дает. Применение строжки вайербара, схолаживания и прокатки до увеличенного (10—12 *мм*) диам. катанки сильно удорожает производство и уменьшает производительность; к этим приемам прибегают только в случаях крайней необходимости. Прокатка алюминиевых вайербаров в основном не отличается от прокатки медных; требуются однако специальные меры, обеспечивающие отсутствие контакта между медью и алюминием. В виду склонности алюминия к коррозированию рекомендуется как процесс прокатки, так и процесс волочения производить на разных машинах; во всяком случае перед прокаткой алюминия требуется самая тщательная очистка прокатного стана от медной пыли.

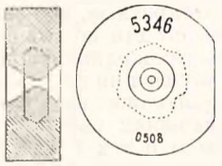
После прокатки медная катанка подвергается процессу травления для того, чтобы удалить черную окись меди, полученную катанкой после горячей прокатки. Травка производится в специальных чанах с подогретым 5—10%-ным раствором серной к-ты в течение ок. 30 мин. После травления медь тщательно промывается водой из брандспойтов и затем поступает в волочильный отдел. Механич., а отчасти и электрич. свойства проволоки зависят гл. обр. от процесса волочения, поэтому этот процесс различен для разных сортов проволоки. Волочение обычно разделяется на три стадии: 1) грубое волочение для размеров диам. проволоки от 6 до 1,2 *мм*, 2) среднее волочение для размера от 1,2 до 0,5 *мм* и 3) тонкое волочение—от 0,5 до 0,03 *мм*. На указанные пределы следует однако смотреть как на относительные, т. к. в зависимости от выбранных машин эти пределы м. б. иными. Для грубого волочения характерными являются два типа машин: 1) однократные и 2) многократные. Первый тип машин предназначается для волочения через одну волоку, это—тихоходные машины, употребляемые для волочения фасонной проволоки, а также проволоки крупного размера. На этих же машинах работается медная проволока также и в тех случаях, когда требуется получение очень высокой нагартовки, т. е. высокой разрывной прочности. Во втором типе машин волочение идет через несколько волок; обычно это очень быстроходные машины, в особенности современные (фиг. 10, машина фирмы Кратос). Такая машина, при 9 волоках дающая прямо с катанки проволоку $\varnothing$1,2 *мм*, имеет производительность во много раз выше, чем у однократных машин. В настоящее время несколько фирм изготовляют машины, конкурирующие по производительности с машинами фирмы Кратос (Гессе и Егер, Гергарди и др.). По отношению к производству голых П. они имеют тот недостаток, что благодаря частичному отжигу при волочении проволоки на этих машинах проволока имеет относительно невысокую прочность на разрыв, а именно порядка 38—39 *кг/мм²* для проволоки $\varnothing$ ок. 2 *мм* вместо 42—45 *кг/мм²* для проволоки, полученной на однократных машинах. Однако благодаря высокой производительности современных многократных машин все производство П. на кабельных заводах базируется теперь на быстроходных машинах, чем объясняется современная тенденция к нек-рому понижению требований относительно разрывной прочности голых П.

Особенность волочения алюминиевой проволоки сводится гл. образом к составу смазки при волочении: вместо водной эмульсии жиров и мыла при волочении алюминия употребляется нефть. Для голых воздушных П. проволока идет твердотянутой, в волочильном цехе она не подвергается больше никаким операциям и поступает в крутильное отделение для скрутки. Если же проволока идет под изоляцию, то она отжигается или, если нужно, доводится до требуемого раз-



Фиг. 11.

мера в процессе среднего и тонкого волочения, а если она идет под резиновую изоляцию—облуживается. Среднее и тонкое волочение целиком идет на многократных машинах (фиг. 11, машина для среднего волочения фирмы Кратос). Волочение проволоки до диам. 0,8 *мм* ведется через волочильные стальные доски, а более тонкой—через алмазные фильеры (фиг. 12). Стальная волока в пределах обычного допуска волочения выдерживает ок. 300—350 *кг* медной проволоки, после чего ее нужно менять. Отсюда сравнительно небольшой интерес кабельных з-дов, имеющих собственные волочильные цехи, к установлению стандарта на размеры проволоки. В последнее время в практику стали входить вместо стальных волок и даже алмазов искусственные сплавы (победит и т. п.). Отжигу подвергают только ту проволоку, которая идет на изолированные П. На кабельных з-дах наиболее употребительны т. н. ретортные печи сист. Бетс и Пирда (см. *Волочение*, фиг. 19). Темп-ра отжига меди 500—700°, а алюминия 250—300°.

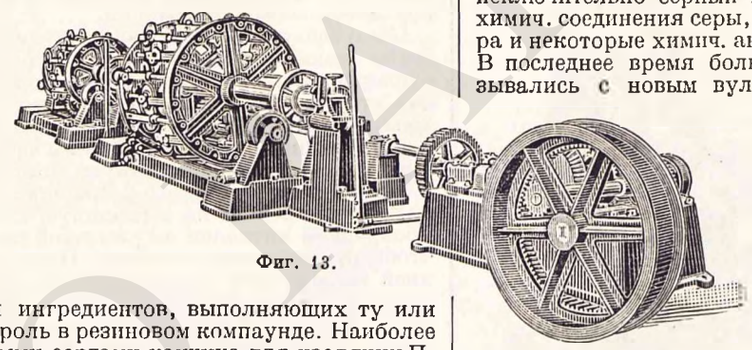


Фиг. 12.

Если проволока предназначена под резиновую изоляцию, то она должна быть облужена. Эта операция производится для устранения: 1) вредного влияния на медь серы, содержащейся в резиновой изоляции, и 2) вредного влияния меди на резину. Лужение проволоки производится на специальных лудильных машинах, принцип работы к-рых сводится к тому, что проволока последовательно проходит через ванну с соляной к-той, через ванну с расплавленным оловом и затем через ванну с водой. Через одну лудильную машину обычно идут несколько проволок, к-рые принимаются на барабанчики общим приемником. При полуде употребляется чистое олово, к-рое однако очень быстро засоряется медью, причем содержание в оловянной ванне до 6—8% меди—вполне заурядное явление. Этим отчасти объясняется часто встречающееся почернение полуды хорошо облуженных проволок после вулканизации П. Т. к. процесс лужения имеет назначением лишь создание преграды между медью и резиной, то в США в последнее время вместо полуды оловом часто применяют более дешевое освинцевание или взамен покрытия медной проволоки металлом—общую обмотку провода одним слоем кабельной бумаги с последующим наложением резиновой изоляции. Получившие за последнее время значительный успех легкие алюминиевые сплавы (альдрей, альмелек и др.) требуют более сложной и очень точной термич. обработки в виде закалки с последующим отпуском. Для случая альмелека этой операции подвергается проволока диам. 2,5 d, где d—окончательно требуемый диам. проволоки. Закалка производится нагреванием при $t°=565°$ с точностью $\pm 5°$ в течение 20 мин. и затем возможно быстрым погружением в холодную воду. После закалки проволока подвергается отпуску, состоящему в нагреве до 175° в течение 5 ч. Так как после волочения обработанной т. о. проволоки до окончательного диаметра она получается очень хрупкой, то она подвергается отжигу при $t°=160°$ в течение 2 часов, после чего проволока имеет сопротивление на разрыв ок. 35 $кг/мм^2$.

Наиболее существенная часть производства биметаллич. проволоки, выпущенной на рынок под разнообразными названиями (моннот, Kupfer-Panzer-Draht, Copper-Weld и др.), заключается в процессе изготовления болванки, состоящей из центрального стального сердечника с приваренной к нему медью. Сварка производится в вакуумных печах посредством выливания расплавленной меди на круглый цилиндрич. стальной сердечник, разогретый до белого каления. Изготовленная т. о. болванка дает вполне сваренный шов, к-рый не расходится при всех операциях прокатки и волочения. Биметалл катается и волочится так же, как обычный медный вайербар, сохраняя в достаточно узких пределах первоначальное соотношение толщин составляющих металлов. Скрутка П. из отдельных проволок производится на таких же машинах, как и скрутка силовых кабелей (см. *Кабель*, фиг. 15 и 16). Внешний вид такой машины (тандем-машины) приведен на фиг. 13. Скрутка голых П. отличается от скрутки П. под изоляцию только тем, что для первых берется более крутой шаг: согласно последним нормам VDE—в пределах от 11 до 14 диам. скрученного голого П., вместо 16—18 диам. для изолированного П. Как алюминиевые, так и медные П. крутятся на одинаковых машинах, но в настоящее время для скрутки алюминия выпущены новые машины, отличающиеся тем, что ихи (см. *Кабель электрический*) у них на 30% длиннее, чем у нормальных машин. Делается это с целью уменьшения изгиба проволоки при прохождении ее через крутильную машину, т. к. алюминий более чувствителен к изгибам, чем медь. Скрутка полых голых кабелей отличается от скрутки нормальных П. тем, что здесь употребляются особые крутильные машины, имеющие тяговые шайбы увеличенного диам. и специально сконструированные клети.

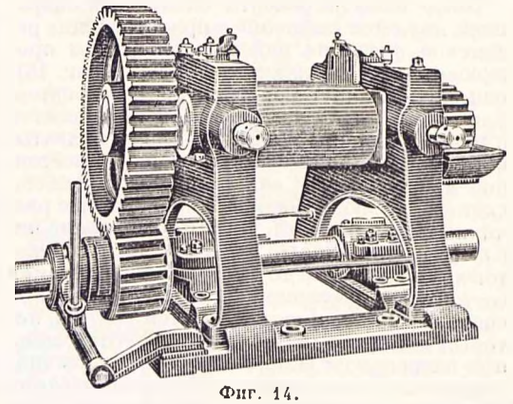
2) Производство установочных П. Громадное большинство установочных П. делается с резиновой изоляцией, поэтому кабельные з-ды почти как правило имеют свои не только резинопокрывательные (или гуттаперковые), но и резиноделательные цехи, т. к. специальные требования к резине установочного П. требуют совмещения этих цехов на одном и том же з-де. Отсюда производство установочного П. начинается с изготовления резины. Основным сырьем для резиновой изоляции является каучук, который в определенной пропорции смешивается с



Фиг. 13.

рядом ингредиентов, выполняющих ту или иную роль в резиновом компаунде. Наиболее ходовыми сортами каучука для изоляции П. в настоящее время являются различные виды плантационных каучуков: смокед-шит и различные крепы. Очень распространенный прежде в производстве дикий пара-каучук употребляется в настоящее время редко, так как качество хороших современных сортов плантационного каучука не ниже, чем пара-каучука, а вместе с тем он экономически выгоднее, так как при почти одинаковой цене плантационный каучук при промывке дает очень малые отходы и для многих видов П. м. б. употреблен без промывки, в то же время пара-каучук при промывке дает отход до 15—18%, причем промывка этого каучука обязательна. Промывка производится на особых промывочных вальцах (фиг. 14); она идет последовательно на двух парах вальцов: сначала на рифленых, затем, окончательно, на гладких вальцах. На этих вальцах предварительно разогретый в теплой воде каучук промывается струями теплой воды, подаваемой из расположенной над вальцами трубки, снабженной отверстиями. Тщательно промытый каучук д. б. высушен, причем существуют два вида сушки: естественная и вакуумная. При первом способе сушки промытый каучук, вышедший с промывных вальцов в виде длинных полотен, развешивается в специальных подогреваемых током теплого воздуха сушильных помещениях на палках, причем эти помещения снабжаются синими стеклами, чтобы не подвергать каучук вредному действию солнечного света. Такая сушка требует 2—3 недель и считается вполне надежной. Сушка в специальных вакуум-аппаратах, из которых наиболее распространены аппараты фирмы Э. Пассбурга, требует всего несколько часов; этот способ сушки однако не всеми считается вполне допустимым. После сушки каучук идет в рецептурную, где он по определенному рецепту прибавляется к навеске вместе с остальными ингредиентами резиновой смеси. Количество каучука в смеси многими стандартами нормируется, напр. америк. нормы требуют как минимума 30%, немецкие—33⅓% каучука в смеси. Содержание каучука в дешевых смесях понижается иногда до 15%, а в нек-рых особо ответственных П. повышается до 60%.

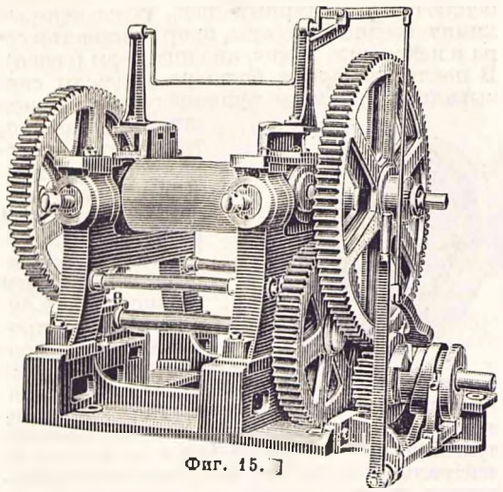
Остальные ингредиенты резиновой смеси принято подразделять на следующие группы. а) Вулканизующие вещества, т. е. вещества, к-рые после процесса вулканизации сообщают резине характерные ей свойства эластичности, упругости и прочности. В качестве вулканизующего вещества для изоляционной резины употребляется почти исключительно серный цвет, реже нек-рые химич. соединения серы, напр. хлористая сера и некоторые химич. аналоги серы (селен). В последнее время большие надежды связывались с новым вулканизующим средством, а именно, тетраметил-тиурам-бисульфидом. Для производства П. последний имеет то существенное преимущество, что при нем нет надобности лудить медную проволоку; это преимущество однако может быть важно только для проводов, передающих радиочастоты, так как применение тиурама дороже, чем применение луженой проволоки. б) Наполнители, нейтральные вещества, вводимые для удешевления смеси. Однако род выбранного наполнителя существенным образом влияет и на физич. и диэлектрич. свойства резины. К числу обычных наполнителей относятся: мел, тальк, каолин, цинковые белила, литопон и др. в) Ускорители вулканизации, вещества, к-рые ускоряют процесс вулканизации; к ним принадлежат нек-рые неорганич.



Фиг. 14.

вещества: глет, магнезия и ряд органич. веществ, приобретающих особое значение за последнее время (дифенил-гуанидин, трифенил-гуанидин и др.). Значение этих ускорителей заключается в том, что они обусловливают особо ценные свойства резины в смысле старения и в смысле ее физич. свойств. г) Мягчители, вещества, прибавляемые к резине для сообщения ей мягкости, облегчающей обработку ее на каландрах, шприц-машинах и т. п.; эти вещества дают возможность приведения каучука в пластичное состояние с меньшей затратой энергии. Сюда относятся: битумы, сосновая смола, жирные к-ты, минеральная резина и др. д) Антиокислители (антиоксиданты), вещества, консервирующие

резину, т. е. предохраняющие ее от окисления и тем увеличивающие срок ее службы. Сюда относятся: парафин и другие воски, фактисы, амины, фенол, продукты конденсации альдегидаминов, выпускаемые фирмами под разными названиями («Age-Rite», «Nonox» и др.). е) Красители, вещества, прибавляемые для окраски резины, напр. сажа,

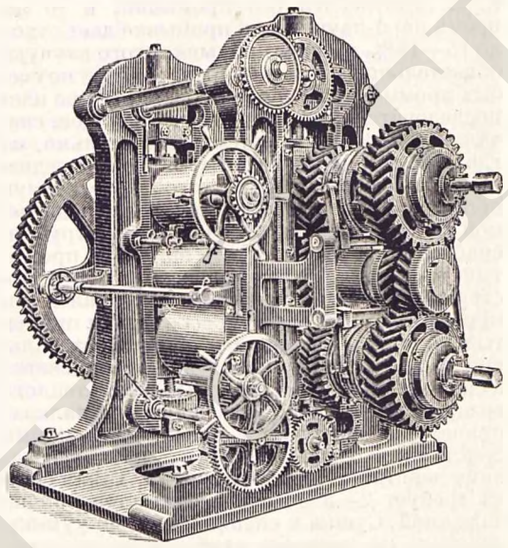


Фиг. 15.

ультрамарин и др. Роль большинства ингредиентов резиновой смеси часто более сложна, чем роль той группы, к к-рой они принадлежат, часто они выполняют сразу несколько функций. Все эти вещества, особенно порошкообразные, д. б. хорошо высушены и тщательно просеяны, для чего употребляют вакуум-сушильные аппараты, сеялки, бегуны.

После навески рецепта следующей операцией является смешение—приготовление резиновой смеси из навески. Операция производится на месильных вальцах (фиг. 15); они по желанию могут нагреваться паром или охлаждаться водой. Вальцы вращаются в разные стороны и так, что могут захватывать смесь, накладываемую сверху. Расстояние между обоими вальцами может меняться по желанию, причем они вращаются с различными скоростями, так что отношение числа оборотов одного вальца к числу оборотов другого от 1,10 до 1,25. Начало операции состоит в пластицировании каучука, т. е. сначала в вальцы закладывается каучук, который в виду разницы числа оборотов вальцов нагревается и приводится в пластичное состояние. После операции пластицирования на вальцы прибавляются все остальные ингредиенты, не исключая и серы, и смесь при $t°$ вальцов ок. 80—90° промешивается до полного смешения. Операция смешения на очень крупных з-дах производится особыми смесителями, называемыми по имени изобретателя «бэнбери». Бэнбери представляет собой закрытый резервуар, в к-ром имеются два вращающихся ротора с лопастями; над этим резервуаром помещается воронка для загрузки материала. Каучук подается в бэнбери или предварительно пластицированный или же он пластицируется прямо в бэнбери. Если каучук пластицируется отдельно, то перед бэнбери ставят специальные вальцы. Сера в виду значительного нагрева смеси не подается в бэнбери; она втирается в смесь на особых вальцах, называемых листовальными и служащих для превращения комковой резины, выходящей из бэнбери, в форму листов. Т. к. в состав резиновой смеси часто входит регенерат—переработанная старая резина,—то для мягчения регенератов и освобождения их от металлических загрязнений к этой группе машин прибавляется еще стрейнер—род шприцпресса с сеткой вместо обычной головки.

Следующая после смешения стадия обработки резины—приведение ее в форму, требующуюся для наложения изоляции на П. Эта стадия заключается в том, что резина должна пройти через процесс каландровки, состоящей в пропуске резины через особые вальцы (каландры), откуда она выходит в виде длинного тонкого резинового полотна, наматываемого на деревянную скалку с прокладкой миткалем и присыпкой тальком, чтобы предупредить слипание. Перед операцией каландровки резиновая смесь предварительно разогревается на особых подогревательных вальцах и подается теплой на каландр, изображенный на фиг. 16. Валы каландра могут переставляться так, что толщина резинового полотна, выходящего с каландра, может меняться. Эта толщина колеблется от 0,20 *мм* и выше в зависимости от потребности. Подготовленная т. о. резина идет для наложения резиновой изоляции на холодных прессах. Если требуется изготовить резиновую смесь для опрессовки на шприцпрессах, то резина или каландруется до толщины ок. 2 *мм* или же проходит через т. н. колбасные машины, являющие-

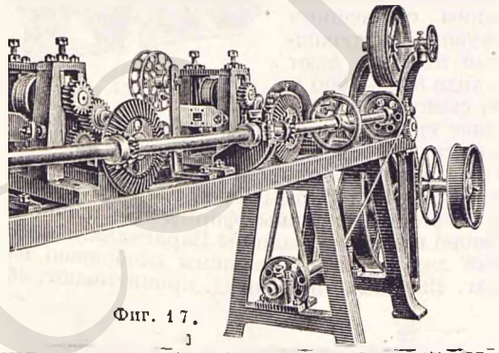


Фиг. 16.

ся видоизменением шприцпресса, откуда она в виде разогретых колбасок идет в шприцпресс для опрессования П.

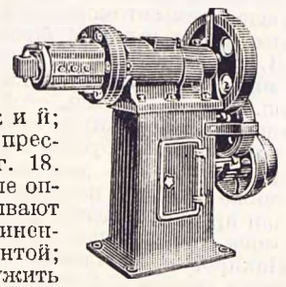
Существуют 3 способа наложения резины на П.: 1) способ холодного опрессования, 2) способ горячего опрессования на шприцпрессах, 3) способ обмотки. Последний способ применяется сравнительно редко и гл. обр. для больших сечений П., он годится только для изготовления низковольтных П. напряжением не свыше 1 000 V. Этот способ

состоит в том, что резиновое полотно, полученное с каландра и разрезанное на узкие ленты, накладывается на П. путем обмотки на лентообмоточных машинах. При этом способе неизбежны большие включения в изоляцию воздуха, а отсюда ее слабость при больших электрич. напряженностях. Два остальные способа конкурируют один с другим, причем повидимому за последнее время все более и более начинают отдавать предпочтение способу горячего опрессования на шприцмашинах. Способ холодного опрессования заключается в том, что одна или несколько медных жил (иногда до 24) проходят между вальцами, снабженными каналами (см. *Кабель*, фиг. 24); к этим вальцам сверху и снизу подаются ленты резинового полотна. Общий вид машины, служащей для такого наложе-



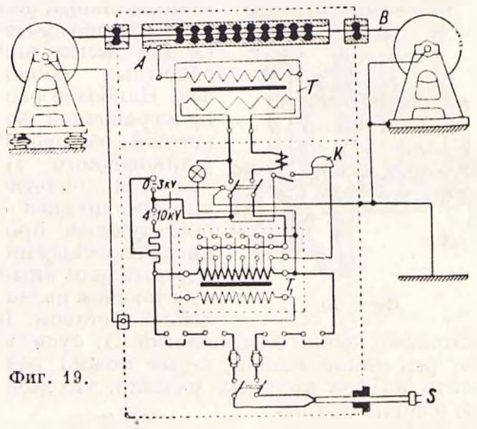
Фиг. 17.

ния изоляции, изображен на фиг. 17. На этом прессе изоляция может накладываться в один, два или три слоя сразу, в зависимости от числа пар вальцов и потребности. Эти слои обычно делаются из разноцветной резины. Характерным для этого способа наложения изоляции является присутствие двух продольных швов, являющихся слабым местом изоляции. Хорошим свойством этого способа является легкость достижения хорошей центровки П. Прежде наложение изоляции в несколько слоев очень ценили, теперь же начинают отдавать предпочтение горячему способу опрессования, не позволяющему (без особых мер) наложение изоляции в несколько слоев; это предпочтение отдается гл. обр. из-за производственных соображений. Об идее устройства шприцпресса, служащего для горячего опрессования, см. *Кабель* электрический; внешний вид шприц пресса показан на фиг. 18. Большинство П. после опрессования обматывают простой или прорезиненной миткалевой лентой; ее назначение—служить прессом при вулканизации П. и предупреждать вздувание резины во время этой операции (изоляцией эта лента не служит). Обмотка лентой иногда заменяется оплеткой хл.-бум. пряжей (в дешевых П.) или в особо ответственных толстых П.—свинцовой оболочкой, к-рая после вулканизации П. снимается.



Фиг. 18.

Следующей операцией после обмотки лентой является вулканизация П.; различают горячую и холодную вулканизацию. В кабельном производстве почти исключительно применяется горячая вулканизация, холодный способ теперь оставлен. Горячая вулканизация производится в особых котлах (т. наз. вулканизаторах), горизонтальных или вертикальных, к-рые снабжены или паровой рубашкой или змеевиком. Через котел пропускается пар при $t°$ от 120° и выше. Нагревание П. паром, а не воздухом вызывается тем, что процесс вулканизации протекает со значительной затратой теплоты, поэтому для поддержания требуемой $t°$ нужна среда, способная отдавать максимум тепла. Вулканизуемый П. закладывается в вулканизатор или в форме бухт, или намотанным на железные дырчатые барабаны с подмоткой миткалем для устранения вредного влияния на изоляцию термических удлинения и сокращения П., или же смотанным в особые железные тарелки и засыпанным тальком. Последний способ применяется для вулканизации таких П., к-рые вулканизуются без ленты в голой резиновой оболочке. Время вулканизации зависит от состава резиновой смеси (особенно от ускорителя), толщины изоляции, количества П. в котле, сечения П., типа вулканизатора; вулканизация в засыпанных тальком тарелках очень сильно увеличивает время вулканизации. Обычно это время колеблется от 10—15 мин. до 2 ч. Чтобы по возможности сохранить блестящую

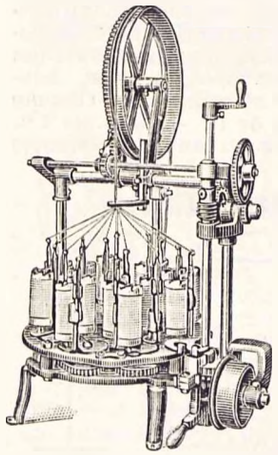


Фиг. 19.

поверхность медной луженой проволоки, которая больше всего страдает во время вулканизации, Бенц советует вулканизовать при высоком давлении (3,5—4,5 *atm*, 138—147°) и короткое время (20—30 мин.) с 2—3 минутами подъема пара, для того чтобы вулканизация шла быстро и при этом медь П. не достигала бы $t°$ выше 110°, т. к. замечено, что образование сернистой меди начинается при $t°$ выше 110°. Важно, чтобы при вулканизации пар был сухим.

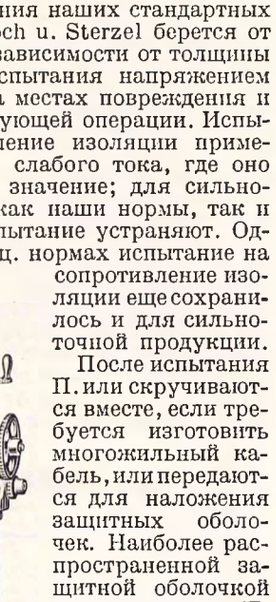
После вулканизации П. подвергают электрич. испытаниям, требуемым соответствующими нормами и стандартами. Сюда относятся гл. обр. испытание на электрич. прочность и на сопротивление изоляции. Перед испытанием П. погружают в воду на время от 12 до 24 ч. и все испытание производится над погруженным в воду П. В последнее время эти «мокрые» испытания стали заменяться «сухим испытанием», к-рое заключается в том, что П. в сухом состоянии про-

пускается при скорости не свыше 3,5 *м/сж* через особый аппарат, в к-ром он проходит между шаровыми электродами, стоящими под напряжением. В настоящее время существует несколько типов таких аппаратов, напр.: в США—James L. Entwistle, в Германии—аппарат Dr. Hintze, изготовляемый фирмой Froitzheim u. Rudert, и аппарат фирмы Koch u. Sterzel. Схема внутренних соединений последнего аппарата изображена на фиг. 19. При испытании на этих аппаратах величина испытательного напряжения значительно увеличивается, напр. вместо 2 000 V для мокрого испытания наших стандартных П. на аппаратах Koch u. Sterzel берется от 4 000 до 8 000 V, в зависимости от толщины изоляции. После испытания напряжением П. вычиниваются на местах повреждения и передаются для следующей операции. Испытание на сопротивление изоляции применяется только к П. слабого тока, где оно имеет существенное значение; для сильноточной продукции как наши нормы, так и нормы VDE это испытание устраняют. Однако в англ. и франц. нормах испытание на сопротивление изоляции еще сохранилось и для сильноточной продукции.

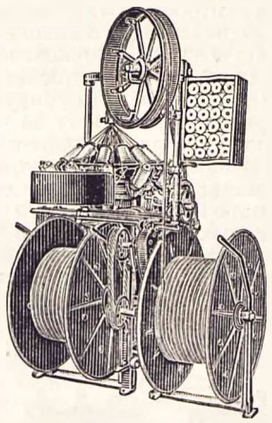


Фиг. 20.

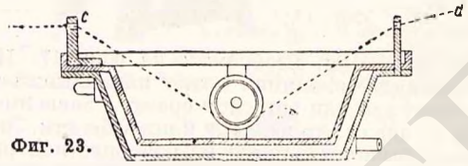
После испытания П. или скручиваются вместе, если требуется изготовить многожильный кабель, или передаются для наложения защитных оболочек. Наиболее распространенной защитной оболочкой установочного П. является оплетка хл.-бум. пряжей с последующей пропиткой противогнилостным или иным отвечающим назначению составом. В настоящее время для оплетки П. существует ряд типов машин, к-рые можно разделить на два крупных раздела: тихоходные и коклюшечные, или барменовские (от г. Бармена в Германии, откуда они впервые появились), машины и быстроходные машины. Внешний вид тихоходной машины изображен на фиг. 20, а идея устройства ее — на фиг. 21. У этой машины коклюшки, с помещенными на них бобинами с пряжей, при помощи шестерен двигаются по прорезам, напоминающим восьмерки, вокруг оси машины, через к-рую проходит оплетаемый П. Благодаря этому движению сходящиеся вместе сплетения нитки переплетаются и образуют оплетку. Производительность таких машин ок. 200—250 *м* П. за 8 ч. с хода. Различают несколько видов тихоходных оплеточных машин, отличающихся устройством коклюшек, а именно: коклюшки с внутренним грузом (служащим для натяжения нитки), коклюшки с внешним грузом и коклюшки с пружинами. Последние машины работают крайне капризно и в практике почти не привились; машины с внутренним грузом имеют очень малые бобины для пряжи, но они дают наилучшую по качеству оплетку. Наибольшее распространение имеют машины с внешним грузом. Быстроходные машины дают с хода 800÷1 000 *м* за смену. В настоящее время имеется несколько типов таких машин; наиболее известные: машины фирмы Гвидо Горн в Берлине, машины сист. Тобера в исполнении фирмы Фройтцгейм и Рудерт в Берлине, машины фирмы Брондель в Лионе и америк. машины Вардвелла. Внешний вид последней машины изображен на фиг. 22. После оплетки П. пропитывают, за исключением осветительных шнуров, оплетаемых лощеной пряжей. Операция пропитки производится пропусканием П. на б. или м. быстром ходу через пропиточные ванны (фиг. 23), подогреваемые паром или электрич. током. Для пропитки нормальных установочных П. употребляется черный состав, главнейшей составной частью к-рого является озокерит, другими же частями являются древесный деготь, гудрон нефтяной, гарпиус, парафин и др. Последней операцией является размотка П. в бухты. В связи с развитием автомобилей и авиации в последнее время выросла большая потребность в П., защищенных от влияния масла и бензина. Это достигается посредством покрытия оплетки П. лаками, стойкими против влияния этих реагентов. Кроме того в тех случаях, когда требуется короностойкая изоляция, напр. в П. для авиационных магнето, также вводится покрытие оплетки П. лаком для предупреждения разрушения резины от озона, образующегося при коронировании. Лакировка выполняется в особых длинных печах, обычно при невысокой $t°$, скоросохнущими лаками.



Фиг. 21.



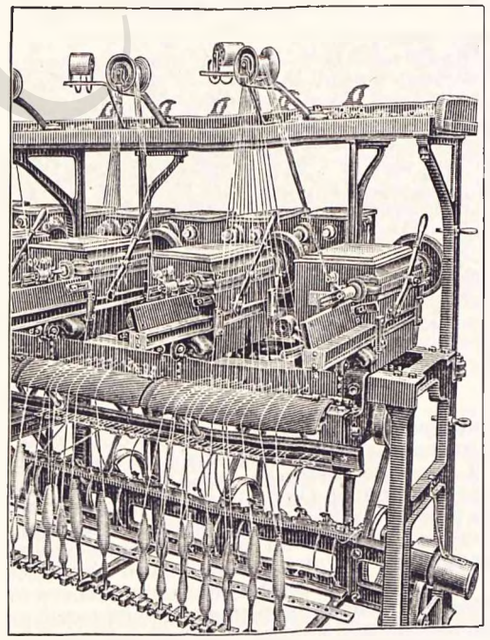
Фиг. 22.



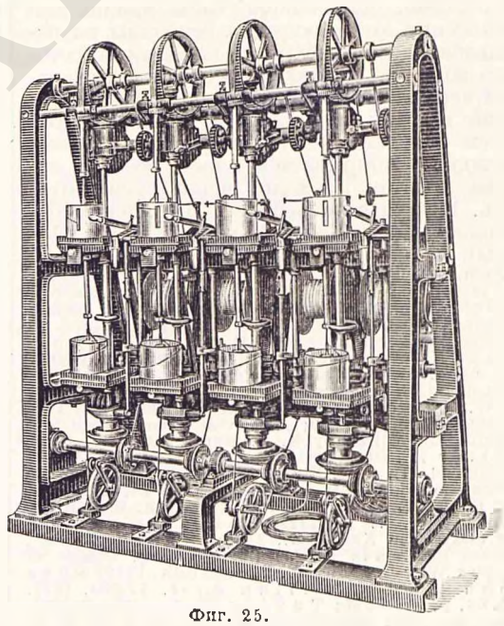
Фиг. 23.

Машины для изолировки П. гуттаперчей очень редко встречаются на кабельных з-дах, т. к. этот род изоляции применяется только для подводных телеграфных кабелей. Изоляция в этом случае идет на машинах, по идее напоминающих шприцпресс, причем необходимой принадлежностью такой машины является длинный (ок. 25 *м*) водяной бассейн, служащий для охлаждения гуттаперчи, наложенной на П. Такие П. вулканизации не подвергаются, т. к. вулканизация не улучшает, а ухудшает свойства гуттаперчи.

3) Производство динамомашинных П., или П., идущих для обмотки электрич. машин и двигателей, аппаратов, приборов и т. п. В наст. время существует большое разнообразие различных марок этих П., имеющих самое разнообразное применение, а именно: П. с хл.-бум. изоляцией, торговой марки ПБО и ПБД, с шелковой изоляцией—ПШО и ПШД, с эмалевой изоляцией—ПЭ, с комбинированной изоляцией—ПЭБО, ПЭШО и др., с изоляцией из кабельной бумаги и пряжи—ПББО, а также имеющие большое будущее и только входящие в практику П. с особым образом наложенной асбестовой изоляцией, носящие разнообразные названия: дельтасбестон, глипталь, апироль-драт, нептун-драт, и наконец П. с оксидной изоляцией—изолированные алюминиевые П.—посредством окиси алюминия, к-рая обладает высокими диэлектрич. свойствами. При изготовлении П., обмотанных пряжей или шелком, первая операция заключается в подготовке обмоточного материала, состоящей в процессе тростки. Пряжа высоких номеров (от № 40/1 до № 200/1) поступает на з-ды в форме «початков» или «копсов»—особых катушек со сквозным или несквозным бумажным стержнем, на к-рый пряжа намотана в одну нитку. Т. к. обмотка П. производится ленточкой, состоящей из очень большого числа строченных (дублированных) вместе ниток (иногда до 30—40), то сначала пряжа должна пройти операцию тростки, совмещенную с намоткой строченой пряжи на крейцшпулю, обеспечивающую одинаковую длину всех ниток ленточки. Наиболее популярными тростильными машинами на кабельных заводах являются машины фирмы R. Voigt (в Хемнице); общий вид этой машины изображен на фиг. 24. Полученные с тростильной машины крейцшпули, или бобины, ставятся на обмоточную машину, служащую для обмотки проволоки пряжей. При выборе обмоточной машины принимают во внимание след. обстоятельства: а) устройство розетки; различают машины с центральной бобиной и машины с эксцентричной бобиной,



Фиг. 24.



Фиг. 25.

в зависимости от расположения бобины на обмоточном аппарате-розетке; б) автоматическое выключение каждого хода машины при обрыве или сходе нитки; в) способ устройства движения розетки и тяги; различают машины с принудительным движением розетки и тяги путем зубчатых передач, вращающихся в масляных ваннах, и машины без принудительного движения розеток путем передачи движения ремешком (супонью) и г) раздельность раскладки обмотанной меди, т. е. наличие отдельной водилки для раскладки обмотанной меди на приемные барабаны в многоходовых машинах. Последнее обстоятельство имеет сравнительно скромное значение. Современные машины выполняются преимущественно с принудительным движением розетки и с центральной бобиной. На фиг. 25 приведено изображение одной из современных хороших машин для обмотки пряжей фирмы Froitzheim u. Rudert (Берлин). Особенностью этих машин является оригинальное устройство розетки, которая снабжена алюминиевым стаканом, служащим для расправления ленточки пряжи. Розетки современных обмоточных машин делают от 3 000 до 6 000 об/мин. Шелкообмоточная машина ничем по существу не отличается от обычных обмоточных машин, машины же для обмотки кабельной бумагой отличаются устройством розетки, приспособленной для обмотки кружками разрезанной на узкие ленты бумаги. Оксидная изоляция на алюминиевую проволоку наносится электролитич. путем; способы производства—се-

креты фирм. Производство дельтасбестоновой проволоки несмотря на сравнительную недавность прошло уже несколько стадий развития. Первая стадия заключалась в том, что проволока сначала проходила через липкий лак (глиптолак) и затем через камеру, в которой в состоянии ажиотации находилось асбестовое волокно. Проволока с налипшим на нее волокном проходила через сглаживающие устройства и затем через сушильное устройство. Дальнейшие типы машин для наложения этой изоляции основаны на использовании расчесанного кардами асбестового волокна, подаваемого затем к прошедшей через глипталевый лак проволоке. Волокно на этих машинах уже накладывается путем обмотки. После наложения волокна проволока покрывается слоем особого состава и затем проходит через сушильную печь. В случае потребности П. с дельтасбестоновой изоляцией м. б. покрыт еще и эмалевым лаком.

Лит.: Глазунов Г. И., Технология каучука, М., 1930; Лефф Б., Химия каучука, пер. с англ., Л., 1930; его же, Смешение, пластикация, каландрование, в сборнике серии «Иностранную технику на службу соц. строительству», М.—Л., 1932; Кирхгоф Ф., Новейшие достижения в технологии каучука, пер. с нем., М.—Л., 1932; Benz F. u. Frank F., Kautschukisolierte Leitungen, B., 1915; Dröste H. W., Das Neumeyer-Hilfsbuch für Kabel und Leitungen, Nürnberg, 1929; Electrical Transmission and Distribution, edited by R. O. Kapp, vol. 2, L., 1929; Muller H., Die Herstellung papierisolierter Starkstromkabel, B., 1931; Emanueli L., High Voltage Cables, London, 1929; Dunsheath P., High Voltage Cables, L., 1929; Underhill Ch. R., Coils a. Magnet Wire, N. Y., 1925; Heinzelmann H., Die elektrische Kabel, B., 1930; Boggs Ch. R., Modern Progress in Rubber Compounding, Comp. of Simplex Wire a. Cable Co., Boston, USA, 1931; Shea John R. and Mc Millan S., «J. AJEE», 1927, vol. 46, p. 346—355; Taylor W. T., «The Electrician», L., 1929, vol. 102, p. 290; Curtis H. L. a. Mc Pherson A. T., «Technologic Papers of the Bureau of Standards», Wsh., 1925, *299*; Bühk R., «ETZ», 1928, H. 40, p. 1478; Unterbusch F., «Carlswerk Rundschau», Köln, 1931, H. 9; Fritze G. A., AEG Mitteilungen, 1930, H. 3, p. 265; Dunlen A. R. a. Muir A. W., «The Electrician», L., 1929, vol. 103, p. 663.

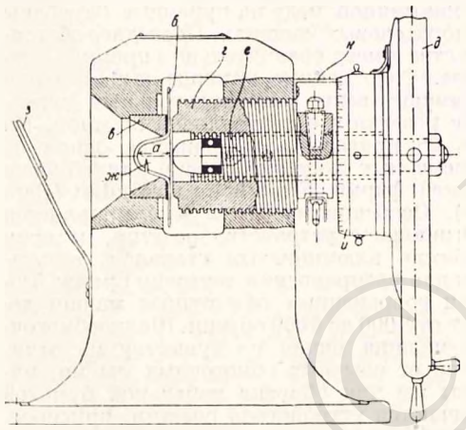
В. Лебедев.

ПРОВОДИМОСТЬ, см. *Электропроводность.*

ПРОВОДНИКИ ШАХТНЫЕ, см. *Рудничный подъем.*

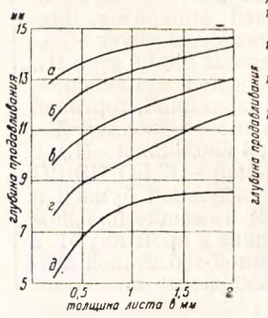
ПРОГОРЬКАНИЕ ЖИРОВ, см. *Пищевые жиры.*

ПРОДАВЛИВАНИЕ, технологич. проба для испытания металла тонких листов или лент

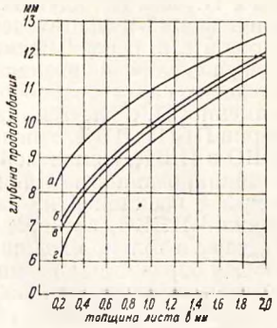


Фиг. 1.

на вытягивание. Для этой цели служит машина Эрихсена (Erichsen), изображенная на фиг. 1. Обычной формой образца является квадратная вырезка из листа *б*, которая закладывается в прибор и зажимается между матрицей *в* и держателем *г*. При помощи маховичка *д* ввинчивается шпиндель *е*, который продавливает полусферич. штемпелем (⌀ 10 *мм*), образуя выдавку *эис*. Во время испытания следят через зеркало *з* за появлением трещины на выдавке. В момент появления трещины передвижение штемпеля останавливается, а величина *а*, определяемая по делениям *и* и масштабу *к* с точностью до 0,01 *мм*, характеризует качество листового материала. Испытания на П. в СССР стандартизованы (Промстандарт 123, вып. 27).



Фиг. 2.

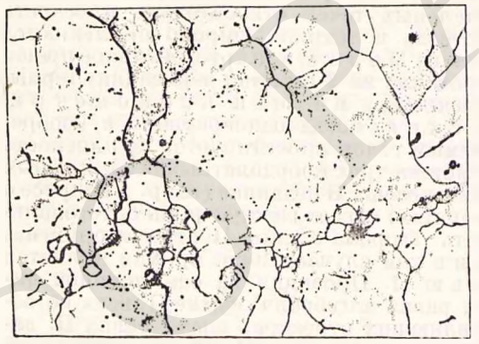


Фиг. 3.



Фиг. 4.

В Америке вместо прибора Эрихсена применяется прибор Ольсена (Olsen), а во Франции прибор Гиллери (Guillery). Эти оба прибора дают показания еще величины деформирующего усилия. Величина *а*—глубина П. находится в определенной зависимости от механич. качеств материала (прочность на разрыв, изгиб, модуль нормальной упругости, удлинение и др.), к-рые трудно определить на образцах малой толщины. На фиг. 2 и 3 приведены нормы величины П., причем на фиг. 2: *а*—для листовой латуни для глубокой продавки, *б*—для листовой латуни торгового качества, *в*—листовой меди, *г*—листового алюминия, *д*—листового цинка; на фиг. 3: *а*—полосового железа глянцевого, *б*—сименс-мартеновского железа для выдавки, *в*—дважды декантированного листового железа, *г*—обыкновенного белого листового железа. Т. к. в большинстве случаев листы изготовляются горячей прокаткой или холодной с последующим отжигом, то *t*°-ные условия оказывают существенное влияние на величину кристалла листа; при П. на приборе Эрихсена можно по внешнему виду отличить крупнокристаллич. строение листа от мелкокристаллического; на фиг. 4 приведена микроструктура мелкозернистого листа, на фиг. 5—крупнозернистого листа. Крупнозернистые листы являются хрупкими и их следует для исправления подвергать отжигу выше $t°_{крит.}$. На величину *а* при испытании влияют следующие факторы: 1) размеры образца—малый образец дает меньшую величину *а*, поэтому принята стандартная величина образца (70 × 70 *мм*); 2) степень зажатия образца—при



Фиг. 5.

сильно зажатой пробе *а* меньше, чем при слабо зажатой; 3) состав и способ смазки—смазка штемпеля увеличивает величину *а*. См. *Испытание материалов.*

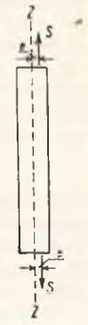
Лит.: Промстандарт 123, вып. 27. Erichsen, «St. u. E.», 1914, p. 869; Kummer H., «Maschinenbau», B., 1927, p. 657; Obsen Th. J., Ductility Testing Machines, «Proceedings of the American Society for Testing Materials», Philadelphia, 1920, p. 398; Pomp A., «St. u. E.», 1920, p. 1261, 1364, 1403; Pomp A., ibid., 1924, p. 1694; Aumann, «Maschinenbau», B., 1928, p. 105.

Н. Грачев.

ПРОДОЛЬНАЯ СИЛА, осевая сила, линия действия к-рой параллельна оси стержня. Если точка приложения П. с. *S* находится в точности на оси стержня, то она вызывает в стержне только растягивающие или сжимающие напряжения в зависимости от ее направления. В сечениях, достаточно удаленных от точки приложения силы *S* (на расстояниях не менее наибольшего размера поперечного сечения стержня), эти напряжения распределяются равномерно по площади поперечного сечения стержня и их величина

$$\sigma_z = \frac{S}{F}; \qquad (1)$$

вблизи же точки приложения сил эта равномерность в распределении напряжений нарушается т. наз. местными напряжениями, возникающими у точек приложения сил и весьма быстро уменьшающимися по мере удаления от этих точек. Ф-лой (1) можно пользоваться при расчете растянутых или сжатых стержней; не надо только забывать, что для последних, при достаточно большой сжимающей силе *S*, прямолинейная форма стержня может сделаться неустойчивой, и стержень подвергнется продольному изгибу (см. *Устойчивость*). Если П. с. приложена не в точности на оси стержня, а с эксцентриситетом *e* (фиг.), то стержень будет изгибаться и в нем кроме напряжений по ф-ле (1) возникают изгибающие напряжения от действия момента *Se*. Здесь мы сталкиваемся с одновременным действием изгиба и растяжения или сжатия. Сюда же относятся все те случаи, когда на стержень или балку действуют П. с. и одновременно поперечные силы, дающие момент *M*, вызывающий изгиб стержня или балки. Если П. с. мала по сравнению с критич. силой P_k для данного стержня (см. *Изгиб* продольный), то можно при расчете стержня просто складывать напряжения от П. с. с напряжениями от момента *M*. Наибольшее нормальное напряжение в плоскости поперечного сечения стержня будет:



$$\sigma_z = \frac{S}{F} + \frac{M}{W}, \qquad (2)$$

где *W*—момент сопротивления, а *M*—изгибающий момент в наиболее опасном сечении. В случае длинных гибких стержней, когда П. с. не мала сравнительно с критической, ф-ла (2) не применима; надо принять во внимание влияние П. с. на величину прогиба, а через эту величину и на величину изгибающего момента. Очевидно, что растягивающая П. с. уменьшает первоначальный прогиб от поперечных сил, а сжимающая увеличивает их. Точное решение задачи даже при простейших нагрузках приводит к сложным ф-лам, но можно указать простые приближенные ф-лы, дающие вполне удовлетворительные результаты и применимые к случаю любой заделки концов балки, а также и к балкам переменного сечения. Оказывается, что наибольший прогиб стержня при наличии П. с.

$$f = \frac{f_0}{1 \pm a^2}, \qquad (3)$$

где f_0—прогиб от действия только момента *M*; $a^2 = \frac{S}{P_k}$—отношение П. с. к критич. силе для данного стержня. Знак + относится к случаю растягивающей, знак − к случаю сжимающей П. с. Дополнительный момент от действия П. с.

$$Sf = \frac{Sf_0}{1 \pm a^2}, \qquad (4)$$

т. о. для полного изгибающего момента от действия поперечной нагрузки и П. с. имеем

$$M + \frac{Sf_0}{1 \pm a^2}. \qquad (5)$$

В частном случае при одновременном действии П. с. и поперечной изгибающей силы *P*, приложенной по середине пролета, наибольший изгибающий момент

$$M = \frac{Pl}{4}\left(1 + \frac{0{,}823a^2}{1 \pm a^2}\right). \qquad (6)$$

В случае П. с. и поперечной нагрузки *q*, равномерно распределенной по всему пролету балки,

$$M = \frac{ql^2}{8}\left(1 + \frac{1{,}03a^2}{1 \pm a^2}\right). \qquad (7)$$

В обоих случаях 1-й член дает изгибающий момент от одних лишь поперечных сил, а 2-й член, зависящий как от поперечных сил, так и от П. с., дает увеличение изгибающего момента от действия П. с. Здесь мы встречаемся с довольно редким в сопротивлении материалов случаем, когда принцип сложения сил неприменим; из ф-л (5—7) видно, что изгибающий момент, а следовательно и напряжения при одновременном действии поперечных и продольных сил зависят от П. с.

не линейно, т. е. напряжения не пропорциональны П. с., а зависят от нее более сложно. Прогиб f тоже не пропорционален силе S—закон Гука нарушен, хотя деформации и происходят в пределах упругости. Зная M, можно из ф-лы (5) найти напряжения и рассчитать балку или стержень. Благодаря нелинейной зависимости M от П. с. при расчете на прочность вместо обычной ф-лы

$$\frac{S}{F}+\frac{M}{4W}\leqslant R,$$

(R—допускаемое напряжение), приходится пользоваться более сложными. Так, при одновременном действии П. с. и поперечной P, приложенной по середине пролета, необходимо пользоваться ф-лой

$$\frac{S}{F}+\frac{Pl}{4W}\left(1+\frac{0{,}823n\alpha^2}{1\pm n\alpha^2}\right)\leqslant R, \qquad (8)$$

а при П. с. и равномерно распределенной по всей балке нагрузке q *кг/см*—ф-лой

$$\frac{S}{F}+\frac{ql^2}{8W}\left(1+\frac{1{,}028n\alpha^2}{1\pm n\alpha^2}\right)\leqslant R, \qquad (9)$$

где n—коэф. безопасности. Вообще, как указывает Тимошенко, при расчете стержней на одновременное действие поперечных и П. с., следует брать для допускаемых напряжений обычное значение, но в расчетных ф-лах надо множить П. с. на коэф. n, равный принятому запасу прочности. Из выражений (3—9) видно, что в случае коротких стержней, для к-рых α мало, влияние П. с. на изгиб ничтожно. Ее роль возрастает с увеличением гибкости стержня, т. е. с уменьшением критич. силы. Для растянутых стержней α может быть более 1 (на практике α^2 редко превышает 10). Для сжатых же стержней, если α приближается к 1, т. е. если П. с. приближается к критич. силе для данного стержня, то в выражениях (3—9) знаменатель $1-\alpha^2$ стремится к 0. Следовательно, весьма малая поперечная сила может вызвать весьма большие прогибы. При $\alpha=1$ ф-лы (3—9) теряют свой смысл. Ошибка при применении приближенных ф-л (3—9) для самых неблагоприятных случаев нагрузки и закрепления концов не превосходит немногих процентов.

Лит.: Тимошенко С. П., Сопротивление материалов, 8 изд., гл. 11, М.—Л., 1929; его же, Теория упругости, ч. 2, § 8—13, П., 1916; Фандер-Флит А., Об одной задаче строительной механики, «Изв. Собрания инженеров путей сообщения», СПБ, 1903, *10—12*; его же, Применение нормальных координат, «Известия Киевского политехн. ин-та», Киев, 1909; Завриев К., Сопротивление стержней сложному продольному изгибу, «Вестник Об-ва технологов», СПБ. 1913, *16*. **А. Динник.**

ПРОЕКЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ, см. *Фонарь проекционный*.

ПРОЕКЦИЯ, отображение пространственных образов (точек, линий, фигур, поверхностей, тел) на произвольную проекционную поверхность. Для практич. целей важен случай, когда проекционной поверхностью служит плоскость (плоскость П.). Законы получения плоских изображений пространственных образов изучает *начертательная геометрия* (см.), главные методы к-рой: проектирование центральное, или перспектива, и параллельное с его частными видами—косою и ортогональною П. Последней чаще всего приходится пользоваться инженеру и технику. Ортогональной П. точки называется основание перпендикуляра, опущенного из этой точки на плоскость П.; ортогональная П. отрезка, кривой, фигуры или тела—геометрич. место оснований перпендикуляров, опущенных на плоскость П. из всех точек проектируемого пространственного образа. Длина ортогональной П. прямолинейного отрезка равна длине этого отрезка, умноженной на cos угла его наклона к плоскости П. Площадь П. плоской фигуры равна проектируеной площади, умноженной на cos угла между плоскостью фигуры и плоскостью проекции. П. круга, вообще говоря, есть эллипс. Кроме ортогональной П. на одну плоскость, простой или с числовыми отметками, характеризующими высоту отдельных точек относительно плоскости чертежа, в технике широко применяются метод Монжа, или ортогональное проектирование на 2 взаимно перпендикулярные плоскости, и метода ксонометрический, когда одновременно с изображаемым телом проектируется на плоскость и система трех координатных осей, к к-рым оно отнесено. В механике (напр. в вопросе о моментах) играет важную роль ортогональность. Теорема о длине П. отрезка применима и в том случае, когда прямая является осью П. Проекция на ось ломаной линии равна алгебраич. сумме П. всех ее составляющих отрезков, иначе равна П. замыкающего отрезка. П. на ось замкнутой ломаной или кривой линии равна нулю.

Лит.: см. *Аксонометрия, Начертательная геометрия* и *Аналитическая геометрия*. **В. Коновалова.**

ПРОЖЕКТОР, осветительный прибор, в котором световой поток какого-либо источника света при помощи оптики, составляющей неотъемлемую часть прибора, перераспределяется в сконцентрированный луч, наз. прожекторным лучом. П. состоит из источника света и оптич. системы (основные элементы) и из корпуса П., где устанавливаются источник света и оптика, с различными приспособлениями, в зависимости от назначения П. Все П. по их назначению можно разбить на следующие пять групп. 1) П. дальнего действия, предназначающиеся для освещения отдаленных предметов; к этой группе относятся собственно военные и морские П. 2) П. ближнего действия, предназначающиеся для освещения сравнительно близких предметов и поверхностей; к этой группе относятся т. н. П. для освещения заливающим светом, театральные П. и П. для киносъемок. 3) П. сигнальные, предназначающиеся исключительно для световой сигнализации; к этой группе относятся маяки, авиамаяки, оптические сигнальные приборы и уличная сигнализация. 4) Фары—П., обычно малого диаметра, предназначающиеся для освещения пути у всякого транспортного механизма (автомобиль, трактор, автодрезина, паровоз, вагон и т. п.). 5) Кинематографические аппараты и проекционные фонари, предназначающиеся для проектирования изображений каких-либо предметов на экране.

Источники света, применяемые в П. В качестве источника света в П. применяются: а) *дуговые лампы* (см.) постоянного и переменного тока с нормальными угольными электродами; б) дуговые лампы постоянного тока с угольными электродами интенсивного горения; в) электрические лампы накаливания (см. *Лампы электрические*); г) ацетилен, керосин, блаугаз и др. источники света.

1) Дуговые лампы с нормальными угольными электродами. Темп-ра наиболее накаленной части положительного электрода (кратера) *вольтовой дуги* (см.) равна 3 700—4 000° K, а отрицательного электрода 3 100—3 200° K, темп-ра газового промежутка, т. е. собственно вольтовой дуги, равна ~2 000° K. В виду такой разницы темп-р положительный электрод обгорает раза в два скорее отрицательного и всегда делается толще (для равномерного обгорания). Зависимость напряжения у зажимов электродов от силы тока выражается ф-лой Айртона (см. *Вольтова дуга*). Распределение потенциала в вольтовой дуге происходит таким обр.: у анода и катода происходит резкое падение напряжения и затем равномерное падение напряжения вдоль самой вольтовой дуги, пропорциональное ее длине. Работы Г. Айртона показали, что в вольтовой дуге с угольными электродами анодное падение напряжения

$$A=31{,}23+\frac{q+3{,}1l}{i}$$

и катодное

$$K=7{,}6+\frac{13{,}6}{i},$$

где i—сила тока, q—сечение дуги, l—длина дуги. Наименьшая разность потенциалов, при к-рой возможно дугообразование у вольтовой дуги с угольными электродами, составляет около 40 V. Далее, дугообразование возможно только при высокой температуре катода. Накаленный катод является источником электронов, бомбардирующих анод и тем самым повышающих $t°$ кратера анода. По получении достаточно большой кинетич. энергии электроны по пути от катода к аноду, сталкиваясь с нейтральными молекулами воздуха, расщепляют связанные заряды молекул, причем освобождаются новые положительные ионы и отрицательные электроны, вследствие чего увеличивается проводимость пространства между электродами. При искусственном охлаждении катода дугообразование невозможно, охлаждение же анода на дугообразование не влияет. При искусственном подогреве электродов (В. Ф. Миткевич) можно значительно увеличить ту минимальную эдс (40 V), к-рая необходима для поддержания дуги. Исследования ряда ученых приводят к тому выводу, что установить функциональную зависимость между отдельными элементами вольтовой дуги (разность потенциалов e, сила тока i, длина дуги l и т. д.) не представляется возможным, а поэтому приходится давать для этого только эмпирич. выражения:

$$e=a+\beta l+\frac{\gamma+\delta l}{i}\ \text{(Айртон)},$$

где a, β, γ, δ—постоянные, характеризующие материал, форму и размер электродов, а также состояние окружающей среды;

$$e=a+\gamma\frac{l+\delta}{i^{0,\delta}}\ \text{(Штейнмец)},$$

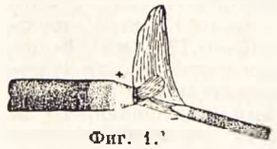
где a, γ, δ—постоянные;

$$e=a+\frac{bl}{i}\ \text{(Томсон)},$$

где a и b—постоянные. Кратер положительного электрода, темп-ра которого достигает 4 000° K, накалясь добела, дает максимальную яркость и из всего испускаемого дугой светового потока на долю кратера приходится 85%, на катод 10% и на дугу всего только 5%. Наибольшая яркость кратера вольтовой дуги с нормальными угольными электродами составляет 15—18 тыс. стильбов; световая отдача около 15 lm/W; плотность тока достигает 0,15—0,17 А/*мм*². Вольтова дуга требует для устойчивости горения включения последовательно в цепь балластного сопротивления, поглощающего до 30% напряжений. Дуга переменного тока в П. применяется в редких случаях. Причина заключается в том, что вольтова дуга переменного тока не имеет кратера, а следовательно источника света с большой яркостью при малых размерах самого светящегося тела, что важно для получения луча с наименьшим углом рассеяния. Дуги переменного тока применяются в нек-рых случаях для П. ближнего действия, театральных, для киносъемок, в киноаппаратах и т. п.

2) Дуговые лампы с угольными электродами интенсивного горения. Попытки в течение многих лет увеличить яркость кратера вольтовой дуги путем применения т. н. пламенных углей, содержащих фитильную массу, пропитанную солями различных металлов (кальций, магнезия, магний, стронций, торий), не увенчались успехом, так как пламенные дуги, увеличивая яркость кратера, одновременно увеличивали размеры всего светящегося тела, потому что вокруг кратера образовывалось белое пламя, что в свою очередь значительно увеличивало рассеяние в луче П. Только в 1914 г. Беку в Германии, а позднее в 1916 г. фирме Сперри в США и Герца в Германии удалось добиться поразительных результатов в отношении увеличения яркости кратера путем применения в фитильной массе положительного электрода из фтористого церия и установления новых принципов горения самой дуги. Положительный электрод углей интенсивного горения значительно тоньше, нежели у нормальных для той же силы тока, и имеет фитиль, содержащий большой процент фтористого церия (около 50%). Фитиль имеет большую плотность и твердость и помещен с весьма небольшим зазором в оболочку из чистого угля, спрессованного под большим давлением. Отрицательный электрод состоит из чистого угля, имеет твердую наружную оболочку и мягкий фитиль. При горении фитиль положительного электрода образует дно глубокого кратера небольшого диаметра, имеющего форму усеченного конуса. В этом кратере происходит интенсивное испарение солей металла церия, пары к-рых создают светящееся облако внутри кратера, дающее собственно максимальную яркость (фиг. 1). Обычно отрицательный электрод располагается под нек-рым углом по отношению к положительному, в зависимости от назначения дуги. Так напр., в военных П. на 150 А ось отрицательного электрода образует с осью положительного угол от $14^1/_2$ до 16°. В юпитерах этот угол делается около 30°, а в киноаппаратах—до 60°, с целью предохранения конденсора от тени, даваемой отрицательным электродом. Это делается для того, чтобы получить более спокойное горение дуги при данной мощности лампы и уве-

личить ее световую отдачу. Кроме величины этого угла имеет также большое значение местонахождение точки пересечения оси отрицательного электрода с осью положительного или с передней плоскостью кратера. Опыты, напр. с лампой в 150 А, показали, что наибольшая сила света получается в том случае, когда ось отрицательного электрода пересекает переднюю плоскость кратера на 0,7—1,5 *мм* ниже ее центра. В этом случае поток электронов, стремящихся от катода к аноду, ударяясь в кратер, задерживает в нем некоторое время пары церия, к-рые, накопляясь при этом, дают наибольшую яркость. При неправильном направлении потока электронов он, наоборот, способствует скорейшему вытеснению этих паров из кратера и уменьшению тем самым яркости. В последнем случае получается процесс горения, ничем не отличающийся от процесса горения нормальных или пламенных углей. Для создания большей устойчивости и равномерности горения необходимо помимо обычной подачи электродов по мере их сгорания обязательно вращать положительный электрод с скоростью 4—16 и даже более об/м. в зависимости от размеров электродов и конструкции лампы. Благодаря вращению положительного электрода его кратер сохраняет свою форму и размеры и его края обгорают равномерно, что способствует правильному дугообразованию. Плотность тока в электродах углей интенсивного горения достигает 1—2,5 А/*мм*². Благодаря такой большой плотности тока $t°$ кратера положительного электрода доходит до 4 600—5 100° К, причем яркость кратера у лампы Бека достигала 43 800 стильбов, у лампы Сперри 85 000 стильбов, а у лампы Герца 114 000 стильбов при плотности тока в 2—2,5 А/*мм*². Световая отдача достигает 30 lm/W. В виду прохождения через электроды больших токов в дуговых лампах с углями интенсивного горения применяется специальное охлаждение электродов, в частности положительного, путем применения вентиляционных устройств, дающих воздух для охлаждения угледержателей, или путем применения бронзовых или чугунных ребристых наконечников—радиаторов, устанавливаемых на угледержателях. В табл. 1 и 2 приведены



Фиг. 1.

Табл. 1.—Характеристики прожекторных углей нормальных и интенсивного горения.

Диам. наруж. фитиля, *мм*		Сила тока, А	Сечение, *мм*²		Нагрузка, А/*мм*²		Абс. темпер. $t°$ в °К	Яркость в тыс. стильбов и тип
+	−		общее	оболочки	общая	оболочки		
36.5	10	150	1 045	960	0.14	0.16	2 773	18 *1
16.0	8	150	201	151	0.75	0 99	4 572	85 *2
16.0	8	150	201	151	0.75	0,99	4 320	44 *3
16.0	8	200	201	151	0.99	1.32	4 870	100 *2
16.0	8	225	201	151	1,12	1.50	5 110	114 *4
18.5	9	200	269	205	0,75	0,98	4 580	71 *4
18.5	9	300	269	205	1,11	1,46	5 045	114 *4

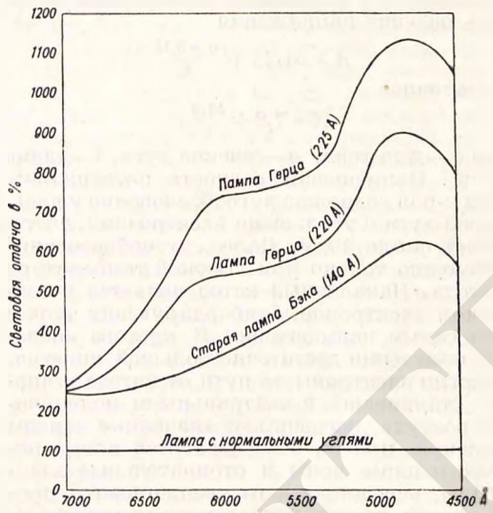
*1 Старый. *2 Сперри. *3 Бека. *4 Герца.

характеристики применяемых в П. углей и скорости их сгорания.

Табл. 2.—Скорость сгорания прожекторных углей различных марок.

Марка углей	Диам. положит. электрода, *мм*	Скорость сгорания, *мм/мин*		
		при 150 А	при 200 А	при 225 А
Нормальные	36,5	1,5	—	—
Блаукрейц фирмы Conradty в Нюрнберге	16,0	4,4	—	—
«ЭРО»—Герц . . .	16,0	2,5	7,0	8,5
«ЭРДО»—Герц . .	16,0	3,0	6,0	7,5
«ЭСО»—Герц . . .	16,0	2,2	5,2	—
Сперри, National Carbon Co. . . .	16,0	3,8	—	—

Следует заметить, что в то время как при нормальных угольных электродах высшая точка, характеризующая световую энергию, излучаемую этими электродами, находится



Фиг. 2.

в желтой части спектра, в дугах с электродами интенсивного горения эта точка перемещается к фиолетовой части спектра (диаграмма на фиг. 2).

3) Лампы накаливания. С появлением газонаполненных ламп больших мощностей внимание конструкторов по прожекторостроению было направлено на то, чтобы использовать их в качестве источников света в П. благодаря целому ряду преимуществ, к-рые они имеют перед дуговыми лампами (простота ухода, надежность в работе, спокойное и ровное горение). Все это несмотря на сравнительно незначительную яркость электрич. ламп, к-рая бывает обычно порядка 1 100—1 200 стильбов и только при перекале достигает 3 000—3 500 стильбов, заставляет широко их применять в П. там, где не требуется иметь очень сконцентрированный луч. За последние годы техника производства ламп накаливания, специально предназначенных для П., достигла больших успехов. В настоящее время имеются прожекторные лампы мощностью в 50 kW и выше. Такие лампы выпускает фирма General Electric Co. в Америке и Osram в Германии. Все лампы, вообще применяемые в П., можно разбить на следующие три группы по форме их колбы: 1) лампы с шаровой колбой, прозрачной, матовой или частично посеребренной и с концентрированной нитью (фиг. 3); располагаются в прожекторах либо горизонтально либо вертикально; 2) лампы с грушеобразной колбой; бывают либо нормальные газонаполненные либо специальные с концентрированной нитью (фиг. 4); 3) лампы с цилиндрической колбой для установки в прожекторах вертикально (фиг. 5а и 5б). Характеристики прожекторных ламп специального типа «киноламп» приведены в табл. 3.



Фиг. 3.

Табл. 3.—Прожекторные лампы, тип «Киноламп».

Мощность, W	500	500	600*1	600*2
Напряжение, V	220	110	15	15
Светящаяся поверхность нити, *см*²	1,75	1,30	0,8	0,8
Абс. темп-ра, °К . . .	2 600	2 700	2 880	2 900
Яркость *B*, стильбы . .	750	1 260	2 500	3 600

*1 Без зеркала. *2 С зеркалом.

Световая отдача современных прожекторных ламп колеблется от 12 до 17 lm/W, достигая до 30 lm/W при перекале нити за счет уменьшения срока службы лампы. В нек-рых случаях прожекторные



Фиг. 4.

Фиг. 5а.

Фиг. 5б.

лампы делаются со сроком службы в 100, 20 и даже 5 часов.

Оптические системы. Вторым основным элементом в каждом П. после источника света является оптич. система, посредством к-рой световой поток, полученный от источника света, перераспределяется в сконцентрированный луч П. В отношении характера перераспределения светового потока оптич. системы разбиваются на следующие: а) диоптрическая система, или преломляющая; б) катоптрическая, или отражающая; в) катадиоптрическая, или смешанная.

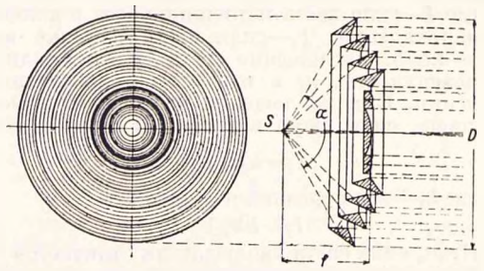
1) Диоптрическая система оптики: обыкновенные линзы и линзы Френеля, кольцевые и поясные.

Обыкновенные линзы, т. е. стеклянные линзы с двумя сферическими поверхностями, имеют для фокусного расстояния следующее выражение:

$$f = \frac{r_1 r_2}{(n-1)(r_1 - r_2)},$$

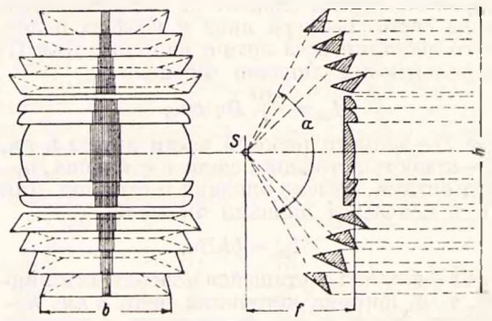
где r_1 и r_2—радиусы кривизны сферич. поверхностей, n—показатель преломления. Эти линзы имеют сравнительно небольшой угол обхвата, т. е. телесный угол, вершина которого находится в световом центре источника света, а образующие пересекают крайние точки рабочей части линзы; при такой линзе используется только небольшая часть светового потока источника света. Такими линзами в настоящее время пользуются только в различных светосигнальных приборах и в проекционных с маломощными источниками света аппаратах, а в П. с мощными источниками света применяются линзы Френеля.

Френелевские линзы состоят из отдельных концентрич. колец, составляющих наружные части обыкновенной плоско-



Фиг. 6.

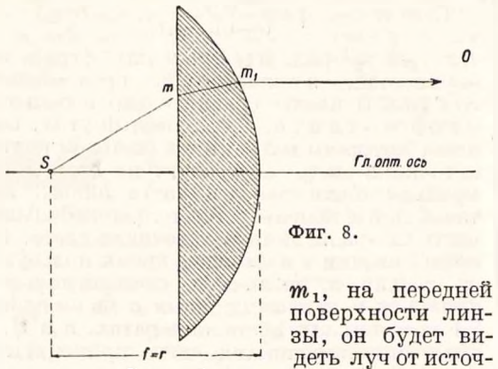
выгнутой линзы, благодаря чему толщина линзы получается сравнительно небольшой. Эти линзы делаются кольцевые и поясные (фиг. 6 и 7). Для увеличения угла обхвата и лучшего использования светового потока источника света френелевские линзы снабжаются в большинстве случаев по краям призматич. кольцами с полным внутренним отражением. благодаря чему получается



Фиг. 7.

катадиоптрич. система. Угол обхвата у такой линзы в вертикальной плоскости достигает 140°, а в горизонтальной обычно больше 180° не делается, хотя в поясных линзах он мог бы быть на все 360°. Луч света от источника, расположенного в фокусе такой линзы, падая на внутреннюю плоскую поверхность линзы, частично отражается, а в большей своей части проникает в стеклянную массу линзы, где подвергается первому преломлению; далее, по выходе из передней поверхности он подвер-

гается вторичному преломлению. Т. о., если глаз наблюдателя будет находиться в точке



Фиг. 8.

m_1, на передней поверхности линзы, он будет видеть луч от источника света S как бы выходящим из точки m (фиг. 8), и в таком случае будем иметь:

$$I_1 = (1-\alpha)kI\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2,$$

где I—сила света источника света в данном направлении, I_1—сила света в точке m_1, α—коэф. поглощения света, k—кпд задней поверхности, n_1 и n_2—показатели преломления. При наблюдении из точки O кажущаяся сила света в точке m_1 будет равна

$$I_2 = k_1 I_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2,$$

где k_1—кпд передней поверхности, т. е.

$$I_2 = kk_1(1-\alpha).$$

Итак, сила света наблюдателя отличается от силы света источника только на величину потерь при прохождении светового потока через стеклянную массу линзы и не зависит ни от коэф-та преломления, ни от числа средин, через к-рые он проходит, а т. к. эти потери состоят только из потерь от поглощения в массе стекла и от отражения, причем они вообще незначительны, то в хорошо сконструированной оптике произведение kk_1 бывает близко к единице. Сила света $I_{oc.}$ вдоль оптич. оси прожектора с диоптрич. системой оптики зависит от яркости источника света, размера линз и коэф-та полезного действия всей оптич. системы. Для П. с кольцевыми линзами Френеля

$$I_{oc.} = \frac{\pi D^2}{4} B\eta \text{ св.},$$

где D—диаметр рабочей части линзы в *см*, B—яркость источника света в стильбах, η—кпд оптики, обычно близкий к единице. Для П. с поясными линзами Френеля

$$I_{oc.} = bhB\eta,$$

где b—ширина светящейся поверхности линзы, т. е. ширина источника света в *см*, h—высота линзы в *см*, B—яркость источника света в стильбах, η—кпд оптики. Френелевские линзы применяются в маяках, авиамаяках, П. с мощными газонаполненными лампами для освещения больших открытых пространств и в различных светосигнальных приборах.

Рассеиватели. К диоптрич. системе относятся также и рассеиватели, применяемые в П. вместо передних защитных стекол для увеличения угла рассеяния луча в тех случаях, когда он бывает недостаточен. Когда требуется иметь угол рассеяния луча П. определенной величины и формы, применяются плосковыпуклые или двояковыпуклые цилиндрич. и кольцевые рассеиватели (фиг. 9 и 10). Если на такой рассеиватель направить пучок параллельных лучей, то они пересекутся в определенной точке, называемой фокусом, причем угол рассеивания будет зависеть от ширины пластины и фокусного расстояния:

$$\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} = \frac{b}{2f},$$

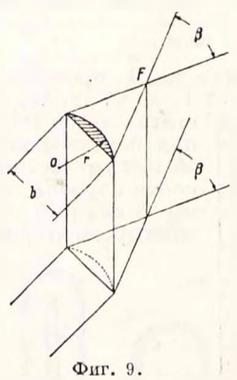
где b—ширина пластины в *см*, f—фокусное расстояние в *см*, β—угол рассеяния. Для плосковыпуклого рассеивателя

$$f = \frac{r}{n-1},$$

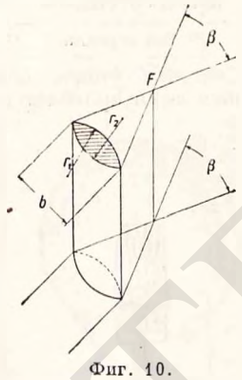
где r—радиус кривизны в *см*, n—показатель преломления. Для стекла $n \cong 1{,}52$, следовательно в этом случае $f \cong 2$. Для двояковыпуклого рассеивателя

$$f = \frac{r_1 r_2}{(n-1)(r_1 - r_2)}.$$

При $r_1 = r_2$ и $n = 1{,}52$ получим $f \cong r$. Для плосковыпуклых рассеивателей рассеяние можно получить в пределах угла до 30—35°, для двояковыпуклых линз угол рассеяния получается до 60°. В тех случаях, когда не требуется иметь строго определенный угол рассеяния, применяются рассеиватели более упрошенной формы просто в виде стекла с шероховатой или рифленой поверхностью или из матового стекла. Иногда для увеличения рассеяния применяют лампы с матированной колбой или даже отражатели из шероховатого или ребристого стекла. Последние типы рассеивателей применяются обычно у прожекторов для освещения заливающим светом.



Фиг. 9.



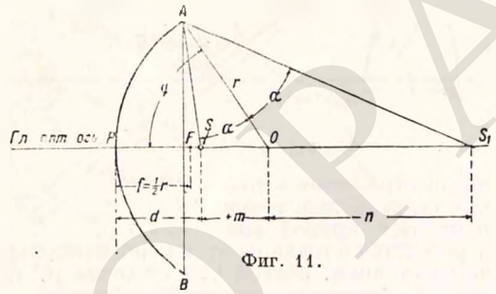
Фиг. 10.

2) Катоптрическая система. К этой системе относятся все отражатели, т. н. идеальные—металлические и вогнутые зеркальные. У идеальных отражателей система состоит только из одной отражающей зеркальной поверхности. К числу таких отражателей относятся металлич. отражатели с различной формой отражающей поверхности. Благодаря погрешностям изготовления эти отражатели на самом деле не являются идеальными, а называются так только потому, что в них в отражении участвует только одна среда. Вогнутые стеклянные отражатели—отражатели, у к-рых световой поток не только отражается от зеркальной поверхности, но и преломляется в стеклянной массе. К этой группе отражателей относятся сферические отражатели всех видов: манженовские, кольцевые, сфероидальные, параболические, эллиптические и гиперболические.

Сферические вогнутые отражатели. Для центральной части (10—15°) сферического вогнутого отражателя существует следующая зависимость

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{r}, \qquad (1)$$

где d—расстояние источника света, расположенного на оси отражателя до отражающей поверхности, f—фокусное расстояние,



Фиг. 11.

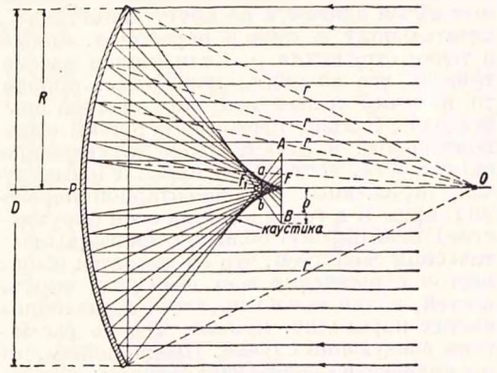
r—радиус кривизны сферич. поверхности. При $d = \infty$, $f = \frac{1}{2}r$ (фиг. 11). Выражение (1) можно представить в таком виде:

$$\frac{1}{m} + \frac{1}{n} = \frac{2}{r}.$$

Пользуясь обозначениями фиг. 11 ($PS = d$, $PS_1 = f$, $OS = +m$, $OS_1 = -n$, φ—угол между радиусом-вектором и главной осью), можно для любой точки на поверхности сферич. отражателя с большим углом обхвата написать следующее выражение:

$$\frac{1}{m} + \frac{1}{n} = \frac{2}{r} \cdot \cos\varphi.$$

Этой ф-лой характеризуется наличие сферич. аберрации (фиг. 12), где главное фокусное расстояние $FP = f = \frac{OP}{2} = \frac{r}{2}$, FF_1 — продольная аберрация, AB—поперечная аберрация, ab—шейка каустики,

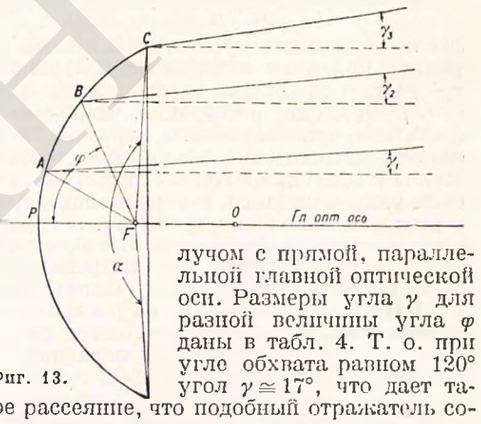


Фиг. 12.

$$FF_1 = \lambda = \frac{R^2}{4r}, \quad \varrho = \frac{R^3}{2r^2},$$

где R—радиус отверстия отражателя, r—радиус кривизны. Благодаря сферич. аберрации излучения точечного источника света, помещенного в фокус сферич. отражателя, после отражения будут давать рассеяние, которое для лучей, отражающихся от краев, будет достигать больших величин,

как видно из изложенного ниже. На фиг. 13 α—угол обхвата, φ—угол между лучом, падающим на отражатель, и главной оптической осью, γ—угол, составляемый отраженным



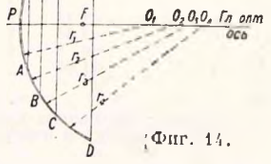
Фиг. 13.

лучом с прямой, параллельной главной оптической оси. Размеры угла γ для разной величины угла φ даны в табл. 4. Т. о. при угле обхвата равном 120° угол $\gamma \cong 17°$, что дает такое рассеяние, что подобный отражатель совершенно непригоден для получения пучка параллельных лучей. Вот почему сферические отражатели не применяются теперь в П. Для устранения или уменьшения аберрации в сферических отражателях был предложен разными лицами целый ряд конструкций таких отражателей, где это явление доведено до минимума. К числу таких отражателей относятся следующие. а) Кольцевые сферические отражатели, предложенные в 1883 г. Чиколевым и состоящие из сферич. поверхности, обработанной по кольцевым зонам с разными радиусами кривизны, взятыми с таким расчетом, чтобы лучи источника света, расположенного в определенной точке, считаемой фокусом, отражались от всех зон параллельно главной оптической оси (фиг. 14). б) Отражатели Манжена (фиг. 15), представляющие собой сферич. вогнутый отражатель, у к-рого наружная, выпуклая и внутренняя вогнутая поверхности имеют разные радиусы кривизны. Манжен показал, что при соответствующем подборе радиусов кривизны и выборе фокусного расстояния можно добиться почти полного уничтожения сферической аберрации. Обычно фокусное расстояние f делается равным

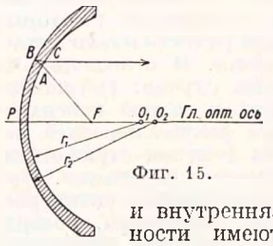
$$f = 0{,}5D \div 0{,}7\,D,$$

Табл. 4.—Размеры угла γ в зависимости от угла φ.

φ	γ	φ	γ	φ	γ
0°	0°0′ 0″	30°	1° 2′42″	60°	8°40′50″
10°	0°2′18″	40°	2 30′20″	70°	19°57′ 6″
20°	0°8′26″	50°	4°57′30″		



Фиг. 14.

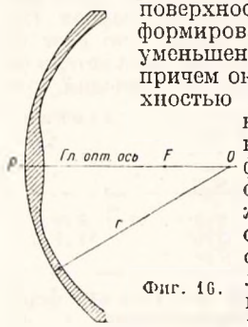


Фиг. 15.

где D—диаметр отражателя. Приблизительно соотношение между фокусным расстоянием и радиусами кривизны следующее:

$$\frac{2n}{r_2}-\frac{1}{r_1}=\frac{1}{f},$$

где n—показатель преломления стекла, r_1—радиус кривизны внутренней поверхности, r_2—радиус кривизны наружной поверхности, f—фокусное расстояние. Основным недостатком манженовского отражателя является значительное увеличение толщины стекла к краю при больших диаметрах, а отсюда увеличение веса, потерь на поглощение в стекле и появление хроматич. аберрации из-за призматич. преломления, а также опасности растрескивания при нагреве благодаря различию толщины в разных зонах. в) Сферондальные отражатели, задняя сторона которых является сферич. поверхностью, а передняя—деформированной сферической (для уменьшения сферич. аберрации), причем она является тоже поверхностью вращения и ее вид в несколько преувеличенном масштабе дан на фиг. 16. По сравнению со сферическим отражателем с фокусным расстоянием равным 100, отражатели сфероидальные обладают следующими деформациями, приведенными в табл. 5 (через φ обозначен угол, который образует радиус с главной оптической осью).



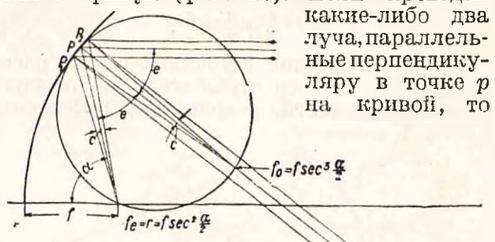
Фиг. 16.

Табл. 5.—Деформации сфероидальных отражателей.

φ	Деформации	φ	Деформация
5°	+0,12	25°	+0,88
10°	+0,43	30°	+0,31
15°	+0,78	35°	−0,85
20°	+1,00	40°	−2,66

Знаком − обозначено наращение, а знаком + сошлифовка передней поверхности.

При малом отношении $\frac{D}{f}$ эти отражатели мало отличаются от сферических, а при больших углах обхвата они имеют заметное утолщение на периферии. г) Параболические отражатели, ограниченные двумя параболоидами. К этому классу относятся стеклянные отражатели, у которых передняя и задняя поверхности имеют форму параболоидов вращения. В отношении их конструкций м. б. два случая: 1) совпадение фокусов передней и задней поверхностей и 2) совпадение фокуса передней поверхности с главным фокусом отражателя. В обоих случаях имеется аберрация. При теоретически точечном источнике света, расположенном в фокусе параболич. поверхности, имеем пучок отраженных параллельных лучей. Рассмотрим, что получится, если будем, наоборот, на такую поверхность направлять пучок параллельных лучей. В этом случае пучок параллельных лучей, нормальных к бесконечно малой части нашей поверхности, будет создавать две взаимно перпендикулярные бесконечно малые прямые фокальные линии, лежащие в различных плоскостях. Если пересечем параболич. поверхность меридианной плоскостью, проходящей через главную ось этой поверхности, то получим в сечении параболич. кривую (фиг. 17). Если проведем какие-либо два луча, параллельные перпендикуляру в точке p на кривой, то



Фиг. 17.

после отражения в точках p_1, p_2 вблизи точки p на этой кривой они пересекутся в точке на этом перпендикуляре на расстоянии, равном $^1/_2\,\varrho$ от точки p, где радиус кривизны ϱ для точки p будет

$$\varrho=2f\sec^3\frac{\alpha}{2}.$$

Таким образом фокусное расстояние будет

$$f_0=\frac{1}{2}\varrho=f\sec^3\frac{\alpha}{2}.$$

Если эти лучи начнем поворачивать на некоторый угол e против часовой стрелки, то отраженные лучи отклонятся (по часовой стрелке) на тот же угол e, и фокусное расстояние f_0 с изменением угла α тоже будет изменяться, причем для любого угла e

$$f_e=f_0\cos e. \qquad (2)$$

Если лучи поворачивать обратно, то место фокуса будет поворачиваться в другую сторону. Уравнение (2) показывает, что с изменением угла e точка скрещения отраженных лучей движется по кругу диаметром f_0, касательному к данной параболич. кривой в точке отражения p. Если станем рассматривать все элементы параболич. кривой, то получим целый ряд окружностей мест фокусов. Всякий точечный источник света, помещаемый в любой точке на указанной окружности, даст пучок параллельных лучей, отраженных от элементарной параболич. кривой в точке касания этой окружности. Главный фокус обладает тем важным оптическим свойством, что он является общим местом пересечения всех фокусных окружностей, какие можно провести в различных частях параболич. кривой. Теперь рассмотрим следующий случай. Предположим, что мы произвели сечение параболическ. поверхности какой-либо плоскостью, перпендикулярною к меридианной плоскости. Тогда в сечении получится эллипс. Если представим, что параболич. кривая, как результат сечения какой-либо параболической поверхности с меридианной плоскостью, лежит в плоскости чертежа, то точка A указанного выше эллипса будет лежать выше, а точка B ниже плоскости чертежа (фиг. 18). Проведем плоскость через точки A и B и через фокус f_0', перпендикулярную плоскости чертежа. Два параллельные луча, падающие в точках A и B и лежащие в этой плоскости, после отражения пересекутся на расстоянии f_0' и будут лежать в той же перпен-

дикулярной плоскости. Если через точки A и B проведем плоскости, параллельные плоскости чертежа, то на них можно будет провести прямые NN и N_1N_1, к-рые будут перпендикулярны к указанной выше перпендикулярной плоскости, проходящей через линию AB

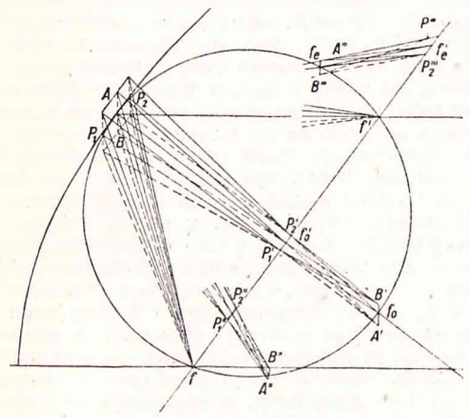


Фиг. 18.

и фокус f_0'. Плоскости, проходящие через эти перпендикуляры NN и N_1N_1 и через отраженные лучи, будут проходить наклонно к трем параллельным плоскостям, проходящим через A, P и B, и пересечение их будет на прямой, проходящей через фокус f_0'. Если падающий на параболическую поверхность пучок параллельных лучей повернем на некоторый угол e против часовой стрелки, то отраженные лучи повернутся на тот же угол e в противоположную сторону, и т. к. они все время лежат на наклонных плоскостях, то их пересечение будет совпадать с пересечением самих плоскостей и фокусное расстояние

$$f_e'=f_0'\sec e.$$

Т. о. перемещение фокуса f_e' для экваториального сечения совершается по прямой, причем при угле e, равном $\frac{\alpha}{2}$, т. е. когда пучок лучей параллелен главной оси параболической поверхности, f_e' будет совпадать с главным фокусом параболы. Если теперь возьмем на параболической поверхности какую-либо элементарную поверхность в пре-

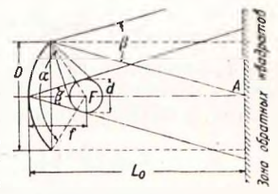


Фиг. 19.

делах P_1, P_2 и AB (фиг. 19) и направим на нее пучок параллельных лучей перпендикулярно к таковой, то отраженные лучи пересекутся в фокусе f_0' в виде нек-рой прямой (и в другом фокусе f_0 тоже в виде прямой), причем обе эти прямые будут взаимно перпендикулярны. Так, на фиг. 19 отрезок $P_1'P_2'$ представляет собой изображение фокуса f_0' в виде элементарного отрезка прямой, находящейся на прямой мест фокусов f_e', и лежит в плоскости чертежа. Пучок света, пройдя через $P_1'P_2'$, образует второе изображение $A'B'$ в виде прямой, перпендикулярной к плоскости чертежа и имеющей центр на окружности фокусов f_e'. Если этот пучок параллельных лучей будем поворачивать вверх против часовой стрелки, то указанные выше отрезки $P_1'P_2'$ и $A'B'$ будут опускаться вниз, и, когда пучок лучей будет параллелен главной оси параболы, они сольются в одной точке f, которая и будет главным фокусом параболы. При повороте этого пучка лучей вниз по часовой стрелке до прохождения его через главный фокус, отраженные лучи пересекутся в месте пересечения прямой фокусов f_e' с окружностью фокусов f_e и эта точка f' будет вторым фокусом данной параболич. поверхности. Это обстоятельство имеет большое практическое значение, заключающееся в том, что имеется возможность при установке П., пользуясь этим свойством, помещать источник света вблизи фокуса f' и благодаря этому перераспределять световой поток в луче П. так, что с одной стороны он становится более интенсивным. Рассмотрим теперь основные характеристики оптики П. применительно к параболическому отражателю, как наиболее распространенному в прожекторном деле. Для определения фокусного расстояния f данного отражателя при заданном его диаметре D или угла обхвата α при заданном диаметре и фокусном расстоянии, преобразовывая ур-ие параболы, имеем ф-лу:

$$\frac{D}{f}=4\cdot\frac{1-\cos\frac{\alpha}{2}}{\sin\frac{\alpha}{2}}.$$

(Угол обхвата—телесный угол, вершина к-рого находится в световом центре источника света, а образующие пересекают крайние точки рабочей части оптики.) Обычно в П. с вольтовой дугой $\alpha=110$—$120°$, в П. с лампой накаливания $\alpha>180°$. Всякий источник света, применяемый в П., можно рассматривать либо в виде светящегося диска либо светящейся шаровой поверхности. К группе источников света в виде диска относятся вольтова дуга и специальные лампы накаливания, имеющие светящееся тело в виде диска, а к источникам света шарового типа относятся почти все остальные лампы накаливания. Если мы рассмотрим (фиг. 20) при шаровом источнике F света диаметром d луч света, отраженный вдоль главной оси, то увидим, что угол β может быть определен по формуле:

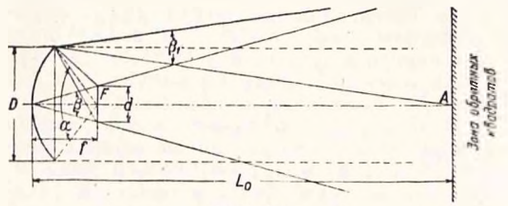


Фиг. 20.

$$\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}=\frac{d}{2f}. \qquad (3)$$

На край отражателя будет падать проекция шаровой поверхности источника света, и

угол β будет практически почти равен углу при центральном направлении. Иначе говоря, при шаровом источнике света отраженные лучи будут иметь один и тот же угол рассеяния и в середине и с краю. Если мы возьмем дисковый источник F света



Фиг. 21.

диаметром d (фиг. 21), то увидим, что лучи, отраженные вдоль главной оси, будут рассеиваться под углом β, а от края—под меньшим углом β_1. При дисковом источнике света максимальное рассеяние получается в центральной зоне, тогда как по краям оно меньше. При шаровом источнике света этого нет. Углом рассеяния в П. считается тот максимальный угол рассеяния, к-рый мы можем получить от данного П. Из ф-лы (3) видно, что чем дальше фокус отражателя, тем угол рассеяния меньше. Вот почему в П., где требуется пучок параллельных лучей, фокусное расстояние делается как можно больше. Тот телесный угол, в пределах к-рого сила света в луче П. падает от I_{max} до 0,1 I_{max}, называется полезным углом рассеяния. Сила света П. зависит прежде всего от размеров отражающей поверхности, от яркости источника света и наконец от кпд оптич. системы. Осевую силу света $I_{oc.}$ можно выразить так:

$$I_{oc.} = SB\eta \text{ св.},$$

где S—площадь отражателя в $см^2$, B—яркость источника света в стильбах, η—кпд оптики. Если в фокусе отражателя расположим источник света, то не весь световой поток его будет использован. Часть его в угле обхвата попадает непосредственно на отражающую поверхность, а остальной световой поток будет выходить от лампы непосредственно. Световой поток лампы, который падает на поверхность отражателя, равен

$$F_\alpha = 2\pi I_0\left(1-\cos\frac{\alpha}{2}\right), \qquad (4)$$

где I_0—средняя сферич. сила света источника. Отраженный световой поток без учета потерь в оптике можно выразить так:

$$F_{n\beta} = 2\pi I\left(1-\cos\frac{\beta}{2}\right), \qquad (5)$$

где I—средняя сила света П. в пределах полезного угла рассеяния. Приравнивая ур-ия (4) и (5), получаем:

$$k = \frac{I}{I_0}\cdot\frac{1-\cos\frac{\alpha}{2}}{1-\cos\frac{\beta}{2}} \cong \frac{D^2}{d^2};$$

k—коэф. усиления П. Кпд П.:

$$\eta_0 = \frac{F_{n\beta}}{F_0}\cdot 100\%,$$

где $F_{n\beta}$—световой поток П., F_0—световой поток источника света. До нек-рого расстояния от П. луч не бывает сформирован окончательно, т. е. не все отраженные лучи пересекают главную оптич. ось и поэтому в этих пределах освещенности от луча П. не подчиняются закону обратных квадратов. Лишь начиная с нек-рого расстояния вступает в силу закон обратных квадратов; это место называется зоной обратных квадратов. В этом случае все отраженные лучи начинают пересекать главную оптич. ось. Для определения расстояния L_0 от П. до зоны обратных квадратов Меджсик предлагает при шаровом источнике света следующую ф-лу:

$$L_0 = \frac{D}{d}\cdot\frac{f+\frac{D^2}{16f}}{12},$$

а при дисковом источнике света

$$L_0 = \frac{D}{d}\cdot\frac{f+\frac{D^2}{16f}}{12\cos\frac{\alpha}{2}}.$$

Эти ф-лы дают возможность определить, на каком расстоянии следует ставить П., для того чтобы лучше использовать его световой поток при освещении какого-либо предмета. Данные о параболических отражателях (основные размеры и вес заготовок) представлены в нижеследующей табл. 6.

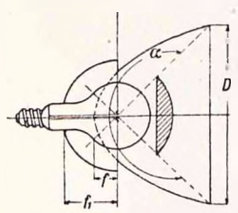
Табл. 6.—Основные размеры и вес заготовок параболических отражателей.

Диаметр отражателя, мм	Фокусное расстояние, мм	Диаметр фасок, мм	Стрела прогиба, мм	Поверхность отражателя, $см^2$	Диаметр плоской заготовки, мм	Толщина заготовки, мм	Вес заготовки, кг	Толщина отражателя, мм	Вес отражателя, кг
2 000	860	2 108	330	39 951	2 239	40	393,5	18	250
1 500	650	1 595	250	22 301	1 686	35	195,2	16	74
900	375	960	155	8 122	1 017	25	50,3	11,5	23
600	250	678	115	4 005	714	15	15,0	8	8

д) Отражатели с копараболическими поверхностями. Известно, что отражатели с двумя параболическими поверхностями практически все-таки не лишены аберрации, которая вызывается тем обстоятельством, что в отражении участвуют не только задняя зеркальная поверхность, но и передняя, а также тройное отражение от зеркальной поверхности, затем стекла и снова от зеркальной поверхности, что конечно в свою очередь увеличивает рассеяние. Для уменьшения этого явления за последнее время начали конструировать параболич. отражатели, у к-рых передняя поверхность берется точно параболич. формы, а задняя, исправленная параболическая, с таким расчетом, чтобы все три отражения давали лучи, параллельные главной оптич. оси. При этом толщина отражателя увеличивается от центра к краям. Это увеличение толщины зависит от угла обхвата отражателя. Так например, в отражателях с углом обхвата в 120° толщина стекла у края на 7° больше, чем в центре, тогда как у отражателя с углом обхвата в 240° (типа применяемых в автомобильных фарах) толщина у края бывает на 22 процента больше, чем в центре.

е) Эллиптические отражатели. Одной из самых интересных особенностей эллиптич. поверхностей является их свойство сосредоточивать световой поток от источника света, расположенного в одном из фокусов, после отражения от поверхности в другом сопряженном фокусе. На основании вышеизложенного можно было бы думать, что эллипсоид должен иметь широкое практич. применение, однако пока применение его ограничено. Эллиптич. отражатели находят себе применение в киноаппаратах, так как они дают максимальную степень равномерности освещения экрана по сравнении с параболическим или сферич. отражателем, а также в автофарах и в нек-рых типах арматур для освещения улиц и дорог.

ж) Гиперболические отражатели. В тех случаях, когда желательно иметь возможность перераспределить световой поток источника света с сравнительно большим углом рассеяния без применения специальных рассеивателей, может найти применение гиперболический отражатель, позволяющий иметь угол рассеяния до 180° при помещении источника света во внутреннем фокусе или больше 180° при помещении во внешнем фокусе. В первом случае будем иметь вогнутый гиперболический отражатель, а во втором случае—выпуклый. Гиперболич. отражатель имеет существенное отличие от параболического, эллиптического и сферического, в которых отраженный световой поток формирует луч путем смешения лучей, отраженных от отдельных элементов поверхности; при гиперболическом же отражателе каждый луч зависит только от определенной элементарной части поверхности отражателя, так как каждый отдельный луч, падающий от источника света, дает свой самостоятельный отраженный луч, причем происходит только очень незначительное налегание соседних лучей друг на друга. Конечно, если гиперболич. поверхность близка к параболич., т. е. эксцентриситет ее почти равен 1, то распределение отраженного светового потока будет близко к отражению от параболической поверхности; при большом эксцентриситете гиперболическая поверхность начинает приближаться к плоскости. Гиперболич. отражатели находят себе применение в тех случаях, когда желательно иметь большое рассеяние и требуется осветить какую-либо поверхность на сравнительно небольшом расстоянии, напр. при театральном освещении, освещении фасадов зданий и т. п.



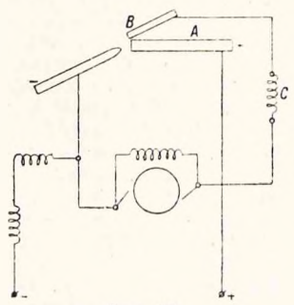
Фиг. 22.

3) Катадиоптрическая система. К катадиоптрич. системе (смешанной) относятся такие системы, где имеются и отражатели и линзы (фиг. 22). Такая система оптики применяется в нек-рых случаях для наилучшего использования светового потока источника света: в маяках, светосигнальных приборах, автофарах и т. п.

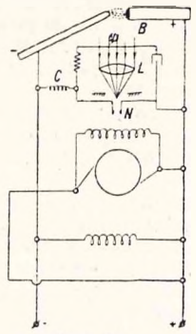
П. дальнего действия. Все П. этой группы в общем сходны друг с другом и в качестве оптич. системы почти исключительно имеют отражатели. Каждый П. в основном состоит из следующих частей. 1) Источник света (дуговая лампа или лампа накаливания). 2) Отражатель, оптич. ось к-рого совмещается с осью положительного электрода; отражатель по периферии закрепляется в кольцевой раме, причем это закрепление делается эластичным, допускающим расширение отражателя при его нагреве; сзади отражатель снабжается защитной крышкой. 3) Кожух цилиндрической формы, к-рый служит для защиты источника света и отражателя от атмосферных влияний; он закрывается с передней части защитным стеклом, составленным обычно из ряда стеклянных пластин. В кожухе имеются стекла для наблюдения за горением вольтовой дуги, проекционное приспособление для установки кратера вольтовой дуги в фокусе отражателя, визирное приспособление, вентиляционное отверстие с вентилятором или без него, лаз для доступа внутрь кожуха и ряд других устройств. 4) Жалюзи и присовый затвор, служащие для прикрывания луча П. при невыключенном источнике света; жалюзи состоят из ряда створок, могущих путем поворачивания открывать и закрывать свет; назначение присового затвора—уменьшать диаметр отверстия П. вплоть до его полного закрытия. 5) Вилка, на которой при помощи цапф лежит кожух П.; цапфы позволяют поворачивать П. вверх и вниз вокруг горизонтальной оси. 6) Поворотный стол—устройство, на котором при помощи вилки устанавливается кожух П.; поворотный стол вращается вокруг вертикальной оси на основании П.; основанием может служить подвижная тележка или неподвижная тумба. 7) Лимбы, предназначаемые для отсчета углов наклона и поворота П. и устанавливаемые на вилке и на поворотном столе.

Современные прожекторные дуговые лампы состоят из угледержателей для положительного и отрицательного электродов и регулирующего механизма, к-рый имеет целью: 1) приближать электроды друг к другу для включения тока; 2) устанавливать электроды после включения на расстояние, соответствующее длине вольтовой дуги; 3) приближать электроды друг к другу по мере их сгорания; 4) устанавливать кратер вольтовой дуги в фокусе отражателя; 5) вращать положительный электрод в дугах интенсивного горения. Автоматическими лампами называются такие лампы, у к-рых все эти пять операций совершаются при помощи соответствующих механизмов. Полуавтоматическими лампами называются такие лампы, у которых обычно установка кратера в фокусе производится вручную. Ручными называются такие лампы, у к-рых все операции производятся вручную. В отношении способа регулирования различают у П. с нормальными углями лампы шунтовые для малых мощностей и моторные для больших мощностей. Для автоматич. установки и поддержания во время горения в фокусе отражателя кратера вольтовой дуги в современных П. с углями интенсивного горения (в частности фирма Сперри) применяется для малых мощностей третий электрод и для больших мощностей—термостат. Схемы этих устройств даны на

фиг. 23 и 24. Принцип, на к-ром работают современные прожекторные дуговые лампы с третьим электродом, состоит в том, что над положительным электродом A распо-

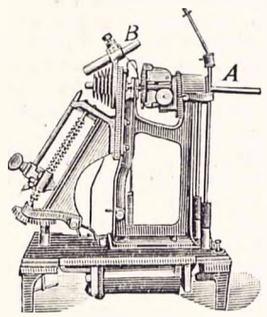


Фиг. 23.



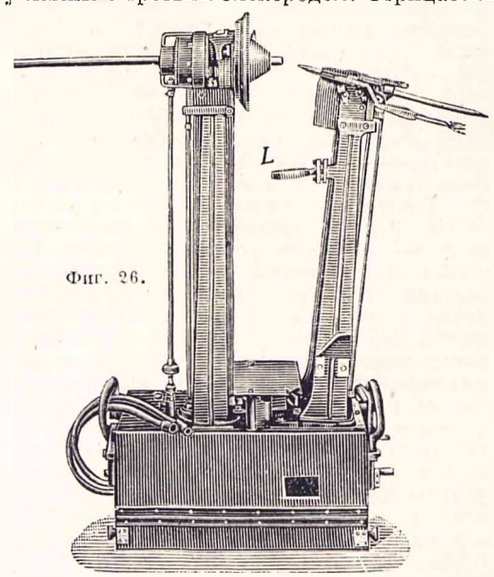
Фиг. 24.

лагается третий электрод B из красной меди, изолированный от корпуса лампы и соединенный с одним концом электромагнитного реле C, другой конец к-рого присоединен к положительному концу лампы (фиг. 25).



Фиг. 25.

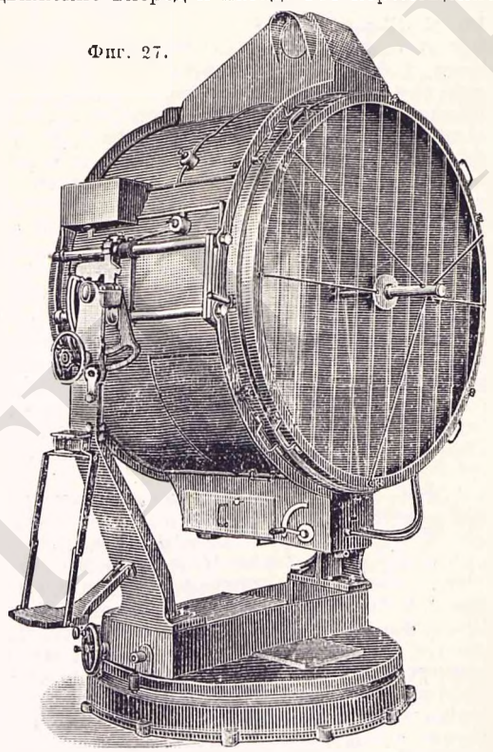
До тех пор пока лампа горит нормально и кратер находится в фокусе отражателя, пламя дуги не касается третьего электрода, когда же положительный электрод обгорит более, чем следует, пламя дуги начнет касаться третьего электрода и через него будет проходить ток, который подействует на реле, включающее механизм, ускоряющий подачу положительного электрода. Механизм лампы состоит из качающейся штанги, приводимой в движение от специального моторчика, устанавливаемого или в самой лампе или на кожухе П. и работающего одновременно на вентилятор. Качающаяся штанга при своем качании нормально захватывает по два зубца храпового колеса и тем самым производит толчками вращение положительного электрода и его подачу вперед. Когда уголь обгорит слишком много и начнет действовать реле, то последнее притянет свой якорь и тем заставит качающуюся штангу захватывать при каждом качании не по два, а по восемь-десять зубцов храпового колеса, что увеличивает подачу положительного электрода до тех пор, пока кратер дуги опять не окажется в фокусе и перестанет действовать третий электрод. Принцип, на к-ром работают лампы с термостатом, заключается в том, что луч света из кратера направляется при помощи линзы L (фиг. 24) на термостат (N—контакты к термостату), состоящий из двух соединенных между собой пластин из металлов с различными коэфициентами расширения (фиг. 26). При нормальном расположении кратера дуги в фокусе световой луч от кратера через линзу не попадает на термостат и последний не принимает участия в работе лампы. Когда же кратер выйдет из фокуса отражателя, световой луч через линзу попадает на термостат, нагревает пластинку, она сгибается и замыкает цепь реле, якорь к-рого притягивается и заставляет качающуюся штангу захватывать не по 2, а по 8—10 зубцов храпового колеса. Во всем остальном устройство механизма аналогично таковому у лампы с третьим электродом. Отрицатель-



Фиг. 26.

ный электрод в прожекторных лампах фирмы Сперри имеет только поступательное движение вперед и назад. Это перемещение

Фиг. 27.



регулируется шунтовым реле или электромагнитом с пружиной. К числу полуавтоматических относятся лампы Герца, Си-

менс-Шуккерт (Лоннекер), Барбье-Бенар, Тюренн и др. В этих лампах включение дуги и установка кратера вольтовой дуги в фокусе отражателя производятся вручную. К числу ручных относится лампа у зенитного П. открытого типа фирмы Сперри диам. 150 *см* и 150 А. У этой лампы все операции производятся вручную при помощи специальных маховичков с передачами.

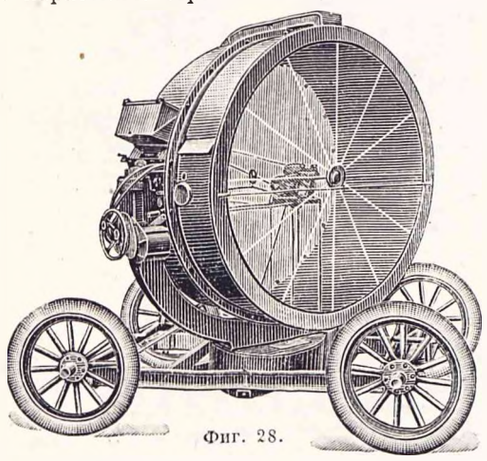
Типы П. дальнего действия. В области прожекторостроения за последние годы сделаны весьма большие успехи как в увеличении силы света П., так и в уменьшении его веса и тем самым в увеличении подвижности. В настоящее время существуют П., сила света к-рых превышает $3^1/_2$ млрд. свечей при диаметре отражателя в 230 *см*. В табл. 7 указаны успехи в прожекторостроении известной фирмы Сперри Жироскоп в Америке.

В табл. 8 (ст. ст. 875—76) приведены все характеристики прежних П. с нормальными углями и современных с углями интенсивного горения фирм Герца и Сперри. Характеристики современных П. других фирм мало отличаются от данных табл. 8. На фиг. 27 дан общий вид крепостного П. с параболич. отражателем диам. 150 *см* и

Табл. 7. — Успехи в прожекторостроении с 1912 по 1930 г.

Год построй-ки	Тип прожектора	Диам. отражат., *см*	Сила тока у дуги, А	Макс. сила света П., *Imax*. 10^6 св.	Вес П., *кг*	Световой вес П., св/*кг*
1912	Старый крепостной	150	200	80	3 000	26 660
1914	Крепостной с усовершенствов. электродами	150	180	200	3 000	66 600
1916	Крепостной тип Сперри с дугой интенсивного горения	150	150	800	3 000	266 600
1917	Передвижной тип Сперри с дугой интенсивного горения закрытый	90	150	330	907	363 000
1918	Передвижной тип Сперри открытый	150	150	600	772	778 000
1924	Передвижной тип Сперри с дугой интенс. горения закрытый	150	150	1 000	754	1 325 000

с автоматич. лампой на 150 А для углей интенсивного горения фирмы Сперри. Максимальная сила света этого П. достигает 1 млрд. св., вес его ок. 3 000 *кг*. На фиг. 28 дан общий вид передвижного зенитного П. с параболич. отражателем диам. 150 *см* закрытого типа, с автоматич. лампой для углей интенсивного горения и с электрич. управлением (манипуляторами) той же фирмы Сперри. Максимальная сила света этого П. 1 млрд. св., но вес его всего только 754 *кг*. В табл. 9 приведен энергетич. и световой баланс П. диам. 150 *см* с дугой интенсивного горения на 150 А. Из рассмотрения этой таблицы видно, что только ок. 10% электрич. энергии, сообщенной у зажимов лампы П., превратившись в световой поток, достигает отдаленной цели. К группе П. дальнего действия относятся также П. со специальными прожекторными газонаполненными лампами, имеющими сконцентрированную нить. Эти П. тоже дают сравнительно небольшой угол рассеяния порядка 3—5° и предназначаются для световой сигнализации и для освещения отдаленных целей. В табл. 10 приведены характеристики П. с лампой накаливания фирмы Сперри.



Фиг. 28.

Табл. 9.—Энергетический и световой баланс П. ∅ 150 *см* с дугой интенсивного горения на 150 А.

Распределение энергии	Энергия		Свет	
	W	%	lm	%
Сообщенная энергия 150 А×120 V	18 000	100	—	—
У зажимов лампы	12 000	66,7	—	—
В дуге	11 400	63,4	555 000	100
В направлении к отражателю	5 879	33,0	333 300	60
Падает на отражатель	5 458	30,7	311 000	51,1
После отражения от отражателя	4 130	23,0	265 000	47,7
За головкой положительного угледержателя	3 910	22,1	254 000	45,8
После защитного стекла	3 370	18,8	224 000	40,3
» исключения потерь от рассеивания	2 020	11,3	140 000	25,2
У отдаленной цели	1 780	9,9	119 000	21,4

Табл. 10.—Характеристики П. с лампой накаливания и стеклянным посеребренным отражателем фирмы Сперри.

Диам. отражателя, *см*	V	A	Сила света в луче, св.	Угол рассеивания, $\beta°$	Цоколь лампы
30=12″	12	25	500 000	3°	Эдисон норм.
30	30	10	500 000	4°	
30	115	4,5	500 000	4°	
30	230	2,5	400 000	5°	
45=18″	12	35	1 500 000	5°	Голиаф
45	30	30	2 000 000	4°	
45	115	9	1 500 000	5°	
45	230	4,5	1 200 000	5°	

Дальность действия П. Дальность действия П. зависит от целого ряда факторов, из которых основными являются 1) мощность самого П., к-рая характеризуется его максимальной силой света; 2) состояние атмосферы, ее влажности и загрязнения; 3) $t°$ воздуха; 4) относительное расположение П. и наблюдателя; 5) зрительное каче-

Табл. 8.—Характеристики прожекторов для П. с дуговой лампой.

Род углей	Отражатель: диаметр отражателя, см	Отражатель: фокусное расстояние, см	Отражатель: материал отражателя	Угли: + диаметр, мм	Угли: − длина, мм	Световые данные прожектора: напряжение у зажимов дуги, V	Световые данные прожектора: сила тока, A	Световые данные прожектора: потребляемая мощность, W	Световые данные прожектора: угол рассеяния I_m: $\frac{I_{max}}{10}$, град.	Световые данные прожектора: угол рассеяния I_m: $\frac{I_{max}}{2}$, град.	Световые данные прожектора: ∅ луча на расстоянии 1 000 м, м	Дальность видимости здания при поглощении атмосферы: 10% на 1 км, м	Дальность видимости здания при поглощении атмосферы: 30% на 1 км, м	Световые данные прожектора: угление $\frac{кд/max}{F}$	Световые данные прожектора: КПД, %	Световые данные прожектора: максимальная сила света I_{max}, тыс. св.	Световые данные прожектора: световой поток, lm	Световые данные прожектора: мощность в стильбергах, св./W	Световые данные прожектора: число свечей с 1 W	Световые данные прожектора: общий световой поток F, lm	Световые данные прожектора: максимальная сила света I_{max}, св.	Световые данные прожектора: общий световой поток F, lm	Световые данные прожектора: мощность в стильбергах, св./W	Световые данные прожектора: число свечей с 1 W
Однополюсные угли	25	11	Стекло	18	15	44	8	350	3°	1,75°	61	950	800	12 500	47	1 350	1 350	4 230	—	2 900	1 620	10 400	36 000	—
	35	17,5	»	22	15,2	41	30	1 320	2,5°	1,5°	52	1 900	1 400	18 000	45	6 750	4 700	8 100	—	10 400	5 650	25 000	41 500	—
	60	25	»	23	16	48	60	2 880	2,25°	1,4°	42	3 300	2 100	22 000	55	21 300	14 000	12 000	—	25 000	14 000	67 500	51 500	—
	90	42	»	33	22,3	58	125	7 250	2,25°	1,4°	42	4 300	2 700	22 000	47	54 000	31 500	12 000	—	67 500	37 300	90 000	67 500	—
	110	48	»	36,5	44	75	150	11 250	2,25°	1,4°	42	5 000	3 000	22 000	54	85 000	48 500	12 000	—	90 000	50 000	130 000	67 500	—
	200	96	»	38	16	80	200	16 000	1,3°	0,8°	28	7 500	4 000	66 000	45	345 000	60 000	12 000	—	130 000	72 000	—	67 500	—
Угли интенсивного горения ф. Сименс	25	11	Стекло	3	3	45	15	675	1°	1°	35	1 700	1 300	44 000	44	5 400	1 530	31 000	8,9	47 600	3 600	10 800	47 600	8,9
	35	17,5	»	6	6	55	30	1 650	1°	1°	35	2 500	1 800	44 000	16	13 500	3 900	—	8,9	47 500	8 100	24 300	47 500	8,9
	60	25	»	9	8	60	60	3 600	1°	1°	35	4 500	2 800	44 000	33	68 000	19 400	60 000	8,6	69 000	8 100	60 000	69 000	8,6
	90	42	»	13	11	65	125	8 100	1°	1°	35	6 000	3 400	44 000	25	153 000	43 000	—	8,6	69 000	14 000	112 000	61 000	8,3
	90	42	»	16	11	75	150	11 250	1°	0,75°	26	6 800	3 700	44 000	25	295 000	63 000	—	8,3	61 000	20 000	175 000	61 000	8,3
	110	48	»	16	14	75	150	11 250	1,6°	1,2°	26	9 500	4 800	79 000	32	765 000	120 000	—	8,3	61 000	58 500	257 000	61 000	8,3
	200	96	»	18,5	16	90	200	18 000	1,6°	1,2°	35	8 500	4 500	44 000	36	500 000	144 000	—	8,3	104 000	85 000	380 000	104 000	8,3
	110	48	»	16	14	90	225	20 000	1,6°	1°	26	11 500	5 500	79 000	48	1 800 000	290 000	—	8,3	101 000	125 000	405 000	101 000	8,3
	200	96	»	18,5	16	100	300	30 000	1,2°	0,75°	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	175 000	600 000	—	—
Угли интенсивного горения ф. Сименс	25	11	Стекло	11	11	45	75	3 850	2°25′	—	13,7*	—	—	35 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	35	11	»	11	11	45	75	3 850	—	—	—	—	—	35 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	35	13	»	11	11	65	120	7 800	2°5′	—	10,7	—	—	82 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	42	13,6	»	11	11	68	115	7 820	—	—	—	—	—	82 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	42	16	»	11	11	75	150	11 300	2°10′	—	11,6	7 500	—	120 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	48	16	»	11	11	78	150	11 700	—	—	—	8 500	—	120 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Термостат	65	16	»	11	11	75	150	11 300	1°40′	—	6,7	10 500	—	120 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	65	16	»	11	11	78	150	11 800	—	—	—	—	—	120 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

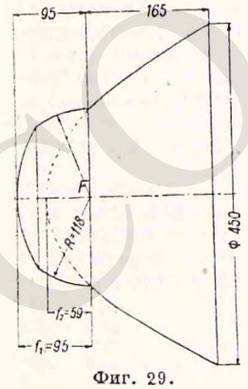
* На расстоянии небольшой цели 300 м.

ство наблюдателя и оптич. данные его бинокля; 6) окраска и форма цели и фона, ее окружающего; 7) спектральный состав луча П. Дальность действия П. определяется по ф-ле, предложенной А. Блонделем:

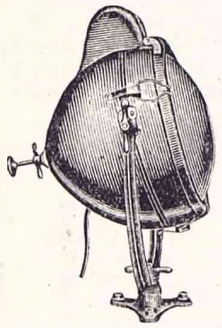
$$e = \frac{I \cdot a^{2L}}{L \cdot 10^6} \cdot p,$$

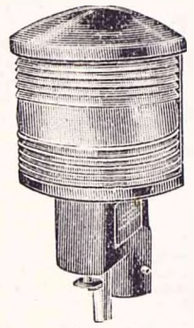
где e—освещенность в глазу наблюдателя, I—сила света П., a—коэф. прозрачности атмосферы на 1 $км = (1 - \alpha)$, где α — коэф. поглощения атмосферы, L—расстояние от П. до цели в $км$, p—коэф. отражения цели. Для аккомодировавшегося на темноту глаза можно принять $e = 0{,}3$ lx как минимальную освещенность, достаточную для распознавания цели, имеющей большие размеры и значительный контраст между окраской самой цели и фоном, ее окружающим.

П. ближнего действия. В этих П. в качестве источника света исключительно применяются лампы наливания, нормальные или специальные прожекторные с сконцентрированной нитью накала. В качестве оптической системы применяются все три системы, хотя наиболее распространенной является система катоптрическая. На фиг. 29 изображена форма оптической системы П. типа XIV-4 для освещения заливающим светом с металлическим хромированным отражателем диаметром 45 $см$ и с нормальной газонаполненной лампой в 1 000 W изготовления ВЭО. Угол рассеяния около 30°. На фиг. 30 приведен внешний вид П. для освещения заливающим светом со стеклянным отражателем, состоящим из параболлоида и сферы диаметром 36,5 $см$, с лампой в 1 000 W фирмы G. E. C. в США. Угол рассеяния около 25°. На фиг. 31 дан внешний



Фиг. 29.


Фиг. 30.


Фиг. 31.

вид П. для освещения аэродромов фирмы G. E. C. в США. В этом П. оптическая система состоит из френелевской поясной линзы с углом рассеяния в 180° и сферического стеклянного отражателя позади лампы. Лампа мощностью в 1 000 W. П. снабжен фокусирующим приспособлением. П. ближнего действия находят в настоящее время широкое применение для освещения мест строительных и земляных работ, ж.-д. путей, вагонных парков, портов, верфей и других открытых пространств, для освещения фасадов зданий, монументов, вывесок и т. п. и наконец для освещения спортивных площадок и мест общественных развлечений.

Лит.: Куприянов Д. А., Боевое освещение, СПБ, 1910 (литогр.); Николаев В., О проверке рефлекторов электрического света фотографированием, СПБ, 1892; его же, Осветительная способность прожекторов электрич. света, СПБ, 1892; его же, Электрич. освещение для боевых целей, вып. 1, стр. 182, СПБ, 1894; его же, О прожекторах Манжена и Шуккерта, «Арт. журн.», СПБ, 1898, *3*; Балдин С., Прожекторы и подвижные прожекторные станции, «Инженерный журнал», СПБ, 1906, *1, 2, 3* и *4*; Куприянов Д. А., Методы исследования прожекторных зеркал, «Арт. журн.», 1918, *4, 5* и *6*; Фролов Р. Н., Курс электрич. освещения и прожекторов, П., 1922 (литогр.); Луговской Б. И., Современные прожекторы и область их применения, М., 1927; его же, Применение прожекторов для освещения, «Ж.-д. дело, связь и электротехника», Москва, 1927, *5-6* и *7-8*; его же, Электрооборудование аэродромов, «Техника и снабжение», М., 1923, *54—56*; его же, Освещение заливающим светом, «Изв. Рос. электр. треста», М., 1927, *5*; его же, Опыт устройства охранного освещения складов прожекторами, там же, 1928, *1—2*; его же, Прожекторное освещение, «Электричество», М., 1930, *22*; Муралевич В. С., О расчете прожекторного освещения, «Ж.-д. дело, связь и электротехника», Москва, 1928, *11—12*; Фролов Р. Н., Прожекторы большой силы света, Л., 1928; Бретон Г., Полевые прожекторы, пер. с англ., Л., 1925; Mangin M., Étude de divers dispositifs optiques destinés à projeter la lumière électrique sur les objets éloignés, P., 1876; Blondel A., Théorie des projecteurs électriques, P., 1894; Rey J., De la portée des projecteurs électriques, P., 1915; Koenigsmann B., Scheinwerfer u. Scheinwerfermaschinen, B., 1919; Gehlgoff C. u. Thilo F., Die neuste Entwickelung des Bogenlichtscheinwerfers in Deutschland, Leipzig, 1921; Bloch L., Lichttechnik, B., 1921; Benford F., Studies in the Projection of Light, «General Electric Review», Schenectady, 1923, *2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11*, 1924, *3, 4, 8, 9, 10, 11, 12*, 1925, *3, 7, 12*, 1926, *3, 7, 10, 12*; Sonnenfeld C., Die Hohlspiegel, Berlin, 1926; Marcotte E., La lumière intensive, Phares et Projecteurs, P., 1925; Hagenbach A., Der elektrische Lichtbogen, Lpz., 1924; Partisi E., Ricerche teoriche sui sistemi diotricci et catotricci di proiezione, Milano, 1903; Salmoraghi A., Description d'un nouvel appareil à mesurer les constantes optiques des miroirs paraboliques pour projecteurs et phares, Milan, 1909; Thiersch F., Die Reflexion eines Parallelstrahlenbündels am Paraboloid, Diss., Halle a/S., 1914. **Б. Луговской.**

ПРОЗРАЧНОСТЬ, пропускание веществом падающего света, величина, которою в технике пользуются наряду с другими коэфициентами, характеризующими долю света, задерживаемую веществом. Если I_0—энергия света, падающего на входную поверхность тела, и I—энергия света, проникающего через выходную поверхность, то П.

$$T = \frac{I}{I_0}$$

(обычно выражается в %). T зависит от спектрального состава света, характера падающего пучка (параллельный, расходящийся, диффузный), от природы, формы и размеров пропускающего тела. В большинстве практических случаев (напр. различные формы арматур) рассчитать T теоретически затруднительно, она определяется непосредственным фотометрированием. Наряду с T иногда применяется для плоскопараллельных слоев и параллельных пучков света так наз. коэф. пропускания (см. *Поглощение света*), определяемый след. обр.:

$$\beta = \left(\frac{I}{I'_0}\right)^{\frac{1}{d}},$$

где

$$I'_0 = I_0 (1 - a)(1 - b),$$

a—доля света, отраженного на входной по-

верхности, и b—на выходной поверхности, d—толщина поглощенного слоя. Иначе

$$T = \beta^d (1 - a)(1 - b).$$

С. Вавилов.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ, см. *Технические измерения.*

ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ОРУДИЙ, см. *Пушечное производство.*

ПРОИЗВОДСТВО ОВОЩЕЙ (овощеводство, огородничество). До революции паровая система земледелия с ее неизбежными спутниками—узко- мелко- чрез- и дальнеполосицами—препятствовали развитию овощной культуры в поле. Там где это по особо благоприятным экономическ. и природным условиям имело место, площадь под овощами дробилась на десятки участков, удаленных один от другого на несколько *км*. Подавляющий процент (85%) площади под овощами был сосредоточен в усадьбах. Участки с овощами обычно огораживались (от потравы скотом)—отсюда и произошло слово огородничество. Социалистич. реконструкция с. х., вместо прежних разбросанных полосок и усадебного огородничества, создала невиданные в мире сплошные массивы овощных культур, простирающиеся на несколько сот и тысяч *га*,—создала крупное социалистич. овощеводство. Развитие крупного овощного хозяйства особенно быстрым темпом пошло в последние годы, когда начался рост социалистич. сектора в области овощеводства. До 1929 г. из общей площади под овощными культурами (без дынь, арбузов и тыквы) в 1 016 тыс. *га* на долю социалистич. сектора приходилось всего лишь 3%, остальные 97% были у единоличников. С 1930 г. на овощеводство было обращено особое внимание, в результате чего уже в 1931 г. имелось решительное преобладание социалистич. сектора, площадь к-рого превысила 1 200 тыс. *га*, т. е. общую площадь под овощами в 1930 г., что составляет свыше 60% всей площади под овощами в СССР. Социалистич. реконструкция с. х., открывая для овощеводства неограниченные возможности, требует ясного и четкого социалистич. заказа на овощи и размещения его во времени и пространстве в соответствии с генеральным и пятилетним планом развития всего народного хозяйства, в частности сельского.

Производство овощей основано на диэтич. пищевом значении овощей—в первую очередь на богатстве их витаминами (см. *Витамины*). Наибольшим содержанием витаминов отличаются овощи, употребляемые в пищу в свежем виде: салат, шпинат, томаты, огурцы, лук-перо, дыни, арбузы, краснокочанная капуста. Овощи в квашеном и соленом виде (капуста, соленые огурцы и томаты) содержат витамины в меньшем количестве. При сушке и варке наименее стойкие витамины разрушаются. Тем не менее и после переработки овощи сохраняют свое диэтич. значение; кроме того они приобретают новые вкусовые качества. Овощи помимо того, что являются носителями витаминов, имеют еще значение и в смысле солевого питания организма (соли кальция, магния, железа и др.). Соли, содержащиеся в овощах, имеют основной характер, в отличие от солей, имеющихся в мясной пище, где им присущ кислотный характер.

Роль овощей как источника энергии невелика. Калорийный (тепловой) эффект овощей в 10—20 раз ниже калорийного эффекта зерновых хлебов. Декретированная норма овощей в 150 *кг* на душу городского населения в год составляет всего лишь 3—5% по тепловому эффекту от нормы рабочего, занятого тяжелым трудом. Что касается формы употребления овощей в СССР, сравнительно напр. с США, то главная масса овощей у нас потребляется в квашеном, соленом и в так или иначе переработанном виде; свежих овощей у нас потребляют очень мало. Однако после революции замечается нек-рый, притом несомненный сдвиг в сторону большего потребления свежих и салатных овощей, хотя душевое потребление овощей до 1927/28 г. изменялось и количественно и качественно довольно медленно: на душу в год в 1927/28 г. приходилось 55 *кг* для сельского и 46 *кг* для городского населения. Постановлением СНК нормы потребления на 1931 год установлены в 150 *кг* на душу в год для городского и 110 *кг* для сельского населения. В состав душевой нормы, указанной выше, входило: капусты 21,6 *кг*, огурцов 11,6 *кг*, корнеплодов 10,0 *кг*, лука, чеснока 4,0 *кг*, помидор и пр. 5,0, всего 52,2 *кг*.

О количестве и составе овощей, потреблявшихся в 1924—27 гг. в США, дают представление приводимые ниже цифры (I—на душу населения, II—на одного фермера, по данным обследования 1923 г.; все в *кг*):

	I	II
Помидоры	15,0	30,5
Капуста	9,0	19,2
Сладкая кукуруза	5,9	22,8
Лук	2,6	7,1
Огурцы	2,3	12,9
Зеленый горошек	2,2	4,3
Морковь	1,2	—
Свекла (и морковь)	—	4,5
Салат	1,5	2,9
Бобы	1,1	11,2
Шпинат	1,0	—
Сельдерей	—	2,5
Другие овощи	2,5	4,1

Так. обр. на душу населения приходилось 44,3 *кг* овощей, на одного фермера—122 *кг*.

В СССР на 1931 г. были намечены след. нормы душевого потребления овощей: для городского 150 *кг* и для сельского населения 110,1 *кг*. В состав душевой нормы городского (I) и сельского (II) населения входило овощей (в *кг*):

	I	II
Капуста кочанная	33	34
» цветная	5	2,6
Огурцы	23	17,6
Лук репчатый	10	5,3
» зеленый	2	1,4
» порей	0,4	—
Свекла	11	11,4
Морковь	13	8
Брюква	2	0.6
Репа	2	0,5
Редис	1	0,3
Редька	0,5	0,1
Чеснок	0,6	—
Баклажаны	5	1.8
Томаты	28	10.5
Пастернак	1	—
Салат	1	—
Шпинат	0,6	—
Сельдерей	1	—
Петрушка	—	—
Укроп	1	—
Перец	1	—
Горох зеленый	4	3.2
Бобы, фасоль (зеленые)	4	3.2
Прочее	—	8.8

Необходимо далее остановиться на вопросе о географическом размещении овощеводства, а также и на том, когда и сколько овощей будет выращиваться на месте потребления, какая часть их будет подвергаться б. или м. длительному хранению, какие овощи, когда и в каком количестве будут привозиться из южных районов их производства и в каком количестве будут они выращиваться в искусственной обстановке—под стеклом. Наибольшую остроту эти вопросы имеют в отношении больших городов и крупных индустриальных центров. За исключением Донбасса все они лежат в средней полосе СССР, где в течение 7—8 мес. население бывает лишено свежих овощей. Обе столицы с их миллионным населением требуют ежедневно, при условии равномерного снабжения в количестве ок. $^1/_2$ *кг* в сутки на душу населения, подвоза в 150 вагонов (считая по 10 *т* в вагоне), к-рых хватит лишь для поздней капусты и лука репчатого, так как для остальных овощей норма погрузки в $1^1/_2$—2 раза ниже. Овощи являются сезонным товаром, т. к. период созревания и перевозки их падает гл. обр. на осень. Овощи как емкий и трудно сохраняющийся товар плохо переносят транспорт и дают очень много отходов. В виду этого и в целях всемерной разгрузки транспорта ЦКК—НКРКИ даны директивные указания к принятию решительных мер по развитию овощеводства в 25-*км* пригородной зоне, что возможно однако не для всех овощей.

Лиственные овощи (как салат, шпинат, укроп, лук-перо и др.), чтобы возможно было пользоваться ими с ранней весны до поздней осени, должны выращиваться на месте. Если и можно говорить о подвозе салата и шпината с юга, то лишь в течение очень короткого периода—с апреля до конца мая, пока не появятся местные овощи. Здесь надо хорошо подсчитать и капитальные затраты и ежегодные расходы по выращиванию на месте под стеклом, по сравнению с величиной затрат, падающих на овощи, привезенные в изотермич. вагонах с юга. То же можно сказать и в отношении ранних капуст—кочанной и цветной—с той лишь разницей, что время поспевания их в условиях средней полосы СССР наступает значительно позже—в начале августа, а юг может отправлять их уже с марта-апреля. Выгонка ранней цветной, а также ранней кочанной капусты под стеклом может дать сравнительно дешевую, а главное более свежую продукцию, уже начиная с конца мая. Здесь все дело в экономике. Средняя и поздняя капуста для потребления в свежем и квашеном виде должна выращиваться исключительно на месте (все 100%). Лук репчатый—самая требовательная культура к структуре и плодородию почв, но в то же время и наиболее транспортабельная и хорошо сохраняющаяся. Лук репчатый на севере и в средней полосе СССР (до Курска) выращивается как двухлетняя культура: в первый год получается луковичка (севок) величиной с лесной орех, на второй год—товарный лук. На юге же уже в первом году из семян получают крупный товарный лук. Учитывая большую простоту однолетней культуры, можно утверждать, что юг должен явиться средоточием культуры лука, если не для снабжения наших центров, то во всяком случае для экспорта, консервного дела и сушки (особенно Узбекистан, Казакстан и Закавказье). Корнеплоды и бобовые, так же как и средняя и поздняя капуста, должны выращиваться целиком на местах потребления. Некоторое исключение м. б. допущено лишь в отношении петрушки, к-рая, как и лук, чрезмерно требовательна к структуре почвы. Но и здесь внимательное изучение особенностей 25-*км* зоны несомненно откроет возможность удовлетворить спрос культурой ее на месте. Можно говорить также о нек-ром количестве бобовых, перебрасываемых по ж. д. с юга, с апреля по май. Огурцы для потребления в свежем и соленом виде не всегда и не везде м. б. получены на месте. Несмотря на сравнительно короткий вегетационный период, нужный огурцу, для полного сбора требуется всего лишь около 100 дней; культура его весьма ненадежна севернее Ярославля, мало надежна она и на широте Москвы. Лишь начиная с широты Тулы и далее до Тамбова на востоке и до Нежина на западе, культура огурцов является вполне устойчивой. Севернее указанной зоны они страдают от поздних и ранних заморозков, а южнее, и особенно с продвижением на юго-восток, от суховеев. Благодаря заморозкам на севере, а также и суховеям на юго-востоке, урожай огурцов резко снижается: вместо среднего урожая в 20—30 *т* получается 3—5 *т*. Разрешение вопроса о снабжении огурцами неустойчивых районов может пойти по трем направлениям. Свежие огурцы с марта по июнь несомненно могут и должны выращиваться на месте под стеклом. Как страховка культура под стеклом на севере остается и для летнего пользования свежими огурцами. Известная доля потребления (в свежем виде) может и должна быть переброшена по железной дороге. Что касается соленого огурца, то он должен заготовляться в районах устойчивой культуры. Однако переброска огурцов по железной дороге не может обеспечить потребителей средней полосы СССР и севера огурцами ранней весной, т. к. огурец в грунту может быть выращиваем даже на Черноморском побережьи или Апшеронском полу-ове лишь начиная с апреля и поступать на рынок в конце мая. Вести же выгонку на юге станет возможным лишь с расширением и улучшением транспорта. Томаты—культура будущего; культура томата за период 1921—1931 гг. увеличилась в 13 раз: 6 000 *га* в 1921 г. до 76 000 *га* в 1931 г. К концу пятилетки площадь под этой культурой запроектирована в 270 000 *га*. Хотя плоды томата требуют от посева до созревания (покраснения) 120—150 дней, тем не менее томат благодаря методу рассады (и в особенности успехам механизации посадки) может итти на севере гораздо дальше, чем огурец, т. к. томат не так чувствителен к легким заморозкам весной. За последние годы громадные успехи приобрел метод искусственного дозревания томата в этилене. Ко всему этому следует добавить, что и зеленые плодыдают в солке прекрасный вкусовой и питательный продукт. Все это позволяет утверждать, что значительная доля томата может и должна выращиваться на месте. Нельзя не отметить, что и в деле транспор-

тирования томата имеются большие достижения; томат доходит в прекрасном состоянии из Крыма, С. Кавказа и даже из Узбекистана. Тем не менее выгонка его на месте в целях снабжения им населения ранней весной, когда ощущается наибольший «витаминный голод», имеет все основания. Томаты юг может выбрасывать на рынок еще позже, чем огурцы; самый ранний срок—конец мая. Выгонка томата в простейших теплицах легко позволяет иметь его в средней полосе и в Ленинграде с половины мая. Эти же теплицы позволяют иметь томаты и поздней осенью—с октября до половины декабря.

Развитие овощеводства под стеклом определяется в первую очередь экономикой производства. Величина капитальных затрат на 1 $м^2$ остекленной поверхности составляет 5—7 руб., такова же величина эксплоатационных расходов и за период со второй половины марта по август ($5^1/_2$ месяцев). Продукцию с 1 $м^2$ парников можно считать в 5—10 *кг*. Капитальные затраты по теплицам колеблются в весьма широких пределах: от 10 до 40 рублей на 1 $м^2$. Сильно колеблются и эксплоатационные расходы в зависимости от периода года, начала и конца эксплоатации, вида энергии, используемой для отепления, и стоимости ее. Всего дешевле эксплоатация неотепляемых теплиц. Такие теплицы бесспорно должны найти себе широчайшее применение на Украине, С. Кавказе, в Казакстане, Узбекистане и других южных зонах. Но и в средней полосе и под Ленинградом солнечные теплицы могут сыграть решающую роль в деле снабжения городского населения свежими овощами. Стоимость эксплоатации таких солнечных теплиц в зависимости от широты места, продолжительности эксплоатации и подбора культур можно считать от 50 коп. до 1 руб. на 1 $м^2$ остекленной поверхности. Общая продукция овощей с 1 $м^2$ будет колебаться от 10 до 15 *кг* и выше. Теплицы, рассчитанные на обогрев домовым мусором, навозом или отбросами текстильных фабрик (орешком), расходуют на 1 $м^2$ остекленной поверхности $^1/_2 m$ этого вида топлива. В расчетах стоимости теплиц, обогреваемых мусором, навозом и проч. или органич. отбросами, главной статьей расхода является подвозка этих материалов, почему в условиях планового, социалистич. производства теплицы на органич. отбросах должны строиться в непосредственной близости к месту их получения. Наши коммунальные хозяйства недоучитывают роль домового мусора в деле развития овощеводства. Москва дает домового мусора не менее 500 тыс. *т* в год. Каждый *кг* мусора может развить до 1 000 Cal тепла. Полагая, что лишь половина мусора м. б. использована для ранней весенней и осенней выгонки и что она отдает лишь 25% своей тепловой энергии, мы и в этом случае получим внушительную цифру—свыше 60 000 мCal (мегакалория = 1 млн. больших калорий). Энергоцентрали отпускают 1 мCal за 7 руб. При такой расценке стоимость энергии мусора выразится в $^1/_2$ млн. руб. При этом надо учесть то обстоятельство, что после использования мусора как источника тепла остается ценнейшее удобрение, достаточное для полного удобрения не менее 10 000 *га* площади, пригодной для выращивания самых требовательных овощей и зелени. Невозможно допускать, чтобы такие запасы энергии и перегноя пропадали. Сказанное относительно городского мусора приложимо ко всякого рода органич. отбросам. Военные площадки, воинские и городские конюшни, ипподромы, текстильные ф-ки, дубильные заводы и пр. выбрасывают тысячи Cal, сотни тысяч *т* перегноя и тысячи *т* азота, калия и фосфора. Рациональное использование этих отбросов—первоочередная задача. Наряду с упорядочением санитарного состояния городов мы создадим и даровую энергетическую базу и такое повышение условий плодородия пригородных овощных земель, что не только не потребуется увеличения пригородной зоны свыше 25 *км*, но, наоборот, ее можно будет значительно сократить и тем самым приблизить к потребителю, уменьшить издержки производства, транспорта, свести на-нет отходы, улучшить качество продукции, облегчить механизацию обработки, посева, посадки, ухода и пр. При использовании органич. отбросов в качестве энергетич. базы для развития овощных культур под стеклом возникают два затруднения. Придется иметь дело с емким и большим грузом, каким является мусор, навоз, орешек и пр., что потребует значительных средств на их переброску; полагая, что подвозка этих отбросов является неизбежной в целях санитарии, все же придется считаться с дополнительными работами по перебивке их и приведению в состояние брожения. Кроме того пользование отбросами как источником тепла требует расположения их п о д з е м л е й: земля должна ежегодно насыпаться; эти работы потребуют громадного количества рабочих рук и транспортных средств, пока весь процесс не будет механизирован. Перебивка мусора или навоза, подвозка и насыпка земли и осенняя вывозка перегноя на 1 $м^2$ остекленной площади будут стоить около 0,2 раб. дня. Эту величину нужно прибавить к стоимости эксплоатации необогреваемых теплиц.

В качестве источника тепла далее следует указать о т б р о с ы энергии в промышленности: мартеновские печи, дизельные установки, энергоцентрали дают громадное количество вод с $t°$ в 40—50° и выше. Эти воды лишь частично используются для теплофикации зданий, большее же количество их сбрасывается наружу. Эти воды вполне м. б. использованы для отопления теплиц. Опыты показали, что для целей отопления можно применять гончарные трубы, закладывая их на глубине в 25—30 *см*. Наиболее дорогая часть установки—подводящий трубопровод; при прокладке такого трубопровода в городах необходимы дорогостоящие земляные, каменные и цементные работы по устройству туннеля. Стоимость прокладки трубопровода в условиях городского поселения обходится в 150—250 тыс. руб. на *км*. Такой трубопровод окупил бы себя лишь при закладке не менее 10 *га* теплиц. Что касается дровяного топлива и угля, то надо иметь в виду, что отопление 1 *га* теплиц в течение 12 мес. в условиях Москвы требует 1 000 *т* угля и 15 000 $м^3$ дров. Один *га* теплиц может дать за год в наших широтах 100—150 *т* овощей. Т. о. при выборе места закладки теплиц на дровяном топливе и даже

на угле его надо выбирать поближе к дровам, к дешевому углю, торфу. Легче на 50—100 *км* перебросить 1 вагон овощей, чем 10—20 вагонов топлива к теплицам; это очень важно иметь в виду при организации тепличного дела на привозном топливе. Стоимость обогрева каменным углем—8—10 руб. на 1 $м^2$. Стоимость обогрева отбросным теплом—5—6 руб. на 1 $м^2$. Использование ночного электрич. тока для обогрева теплиц бесспорно дело широкого будущего; дешевизна и простота монтировки, возможность тщательной регулировки хода темп-ры внутри теплиц, исключение трат энергии вследствие тепловой инерции, неизбежное при всех прочих видах обогрева, заставляют обратить внимание на использование электрич. тока, во всяком случае как на экономную и целесообразную добавку к солнечному обогреву, обогреву мусором, навозом и пр.

Вопросы организации овощного хозяйства и сочетания овощного хозяйства с другими видами с. х. стоят в тесной связи с проблемой рациональной о р г а н и з а ц и и т р у д а, использования упряжной и механической тяговой силы, наиболее совершенного использования отбросов для силоса и наконец с вопросом о создании, восстановлении и поддержании условий плодородия почвы. Несомненно, что ближайшая к городу зона, обильно снабжаемая органич. отбросами, будет иметь чисто овощное направление, со специализацией по культуре зелени, земляники, ранних и выгоночных овощей. Следующая часть пригородной зоны будет в большей или меньшей степени сочетаться с молочным хозяйством на привозных грубых кормах и лишь отчасти—на свежих кормах с участков, занятых многолетними травами и мешанкой. Здесь овощное направление является ведущим. Наконец на периферии пригородной зоны закладываются молочно-овощные хозяйства, в которых ведущей отраслью будет молочное хозяйство. В ближайшей к городу части овощной зоны все проблемы организации получат наиболее правильное и целесообразное разрешение. Труд благодаря увеличенной нагрузке с ранней весны до поздней осени будет организован глави. обр. на постоянной и лишь частично на сезонной рабочей силе; упряжная и механич. тяга будут использованы равномерно в течение всего года; наконец отбросы производства—перегной—пойдут на создание и увеличение плодородия овощных полей. Вообще вопрос о сочетании овощеводства с животноводством тесно связан с вопросом о т. н. б е з н а в о з н о м х о з я й с т в е. В практике культуры овощей широко распространено убеждение о невозможности безнавозного хозяйства. По этому вопросу в научной литературе до сих пор нет четкого ответа. Прежде всего этот вопрос неодинаково решается в отношении юга с его черноземами, лесовыми и каштановыми почвами и севера с его малоплодородными выпаханными подзолами, песчаными и супесчаными почвами. Для южных, богатых целинных почв вопрос освоения их под овощные культуры лежит прежде всего в обработке и орошении. На севере к этому прибавляется еще задача восстановления, поднятия и поддержания плодородия почв и улучшения структуры их (тяжелые суглинки). Но кроме географич. трактовки этого вопроса к нему необходимо подойти и с точки зрения особенности культивируемых растений. Широко распространенное мнение, что все лиственные овощи, в том числе и капуста, требуют свежего навозного удобрения, в последнее время подверглось коренному пересмотру. Прежде всего ранние сорта кочанной и цветной капусты, созревающие в половине июля, просто не успеют использовать свежий навоз; к этому времени он еще не минерализуется. Почву для этих групп капуст надо удобрять еще с осени, вернее—с конца лета, чтобы навоз начал разлагаться еще в период теплой погоды. Что касается средних и поздних сортов капусты, то опыты в СССР и за границей показали, что капуста идет нисколько не хуже и по полному минеральному удобрению. Больше того, многолетние опыты в Германии показали, что широкое распространение килы—результат удобрения навозом и поливки навозной жижей (замечательно однако, что даже такие нестойкие против килы заграничные сорта, как цветная, дитмарская, «Слава», все же давали огромные урожаи на землях, сильно унавоженных). Бобовые реагируют на навозное удобрение резким повышением урожайности и улучшением качества товара; однако бобовые могут совершенно свободно развиваться и без навоза при одном лишь минеральном удобрении. То же следует сказать и о томатах. В несколько ином положении зелень—салат, шпинат и огурцы. Зелень дает нежный сочный продукт на очень богатых органич. веществами почвах; огромное значение имеет и с т р у к т у р а п о ч в ы. Эту структуру и дает перегной навоза или мусора. То же надо сказать и об огурцах; последние кроме того чрезвычайно отзывчивы к тепловым свойствам почвы, навоз же несомненно повышает тепловое состояние почвы. Наряду с этим нельзя не отметить того, что поднятие дернины многолетнего луга является наилучшим почвенным субстратом для огурцов. Особо стоит лук репчатый. Это наиболее требовательная культура: он требователен и к содержанию питательных веществ в почве и еще более—к ее физической структуре. Пойменные, богатые перегноем, легкие почвы с благоприятным водным режимом—наилучшие луковые почвы. Обильное унавоживание создает в конце концов благоприятные структурные луковые земли. Сходное положение занимают корнеплоды. Их мелкие семена всходят через 10—15 и более дней. Они не выносят глубокой заделки: обеспечить прорастание таких семян могут лишь почвы структурные, допускающие тщательную разработку и сохраняющие при этом благоприятный водный режим. Следует отметить, что использование сточных канализационных вод для орошения овощных полей открывает большие перспективы для организации овощного хозяйства, не зависящего от животноводческого цеха; кроме того поля орошения нередко используются и как кормовая база. Помимо использования органич. отбросов городов и фабрично-заводских центров, помимо использования полей орошения для овощных площадей имеются также неограниченные возможности роста овощеводства путем освоения болот, площадей из-под

кустарников, кочковатых лугов, где основной задачей будет не забота об элементах питания и не структура, а использование (путем правильной обработки) этих веками скоплявшихся кладовых.

Развитие овощеводства в СССР упирается не в климат, не в наличие подходящих земель, а в проблему труда и механизации. Если в зерновой культуре весь процесс от обработки и посева до уборки и молотьбы урожая укладывается в 3 рабочих часа на *га* и поставлена проблема сокращения затрачиваемого труда до $1^1/_2$ час. на *га*, то в отношении овощных культур нередки случаи, когда количество затрачиваемого труда превышает сотню рабочих дней на *га*. Все усилия сейчас направлены к тому, чтобы и для овощной культуры найти свои комбайны, чтобы механизировать весь процесс от начала до конца. В отношении орудий обработки, посевных и посадочных машин, машин для междурядовой обработки—вопрос можно считать почти решенным (возникающие здесь трудности—не столько трудности конструкции, сколько рационального применения машин). Сложное дело с машинизацией прорывки, полки в рядах и особенно уборки урожая. Перед селекционером возникает серьезная задача: вывести унифицированный стандарт, дающий урожай одновременно, на одной высоте, одинаковой формы и т. п. Выбором культуры, ширины междурядий, культиватора можно достигнуть тех же результатов. Наконец и сама творческая мысль рабочего-изобретателя сыграет далеко не последнюю роль в деле конструирования уборочных машин.

Лит.: Милявский И., Плодоовощное хозяйство СССР, М.—Л., 1931; Мюллер Н. К., Введение в учение о питании здорового и больного человека, М.—Л., 1926; Вильямс В. Р., Пути развития овоще-плодового направления с.-х. производства при социалистич. реконструкции народного хозяйства, «Сад и огород», М., 1930, *8*, *9* и *10*; Эдельштейн В. И., Проблема снабжения крупных городов свежими овощами, там же, 1930, *3*. **В. Эдельштейн.**

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К XVII ТОМУ Т. Э.

Аваннорт 375.
Автолестница 164.
Автонасосы 161.
Автоход рукавный 172.
«Age-Rite» 839.
Адуляр 218.
Акароид 205, 208, 259.
Аккумулятор гидравлический 618.
Акродвигатели 406.
Аксонометрический метод 852.
Альбертоль 194.
Альбит 219.
Альдрей 807, 810, 825.
Альдурит 260.
Альмелек 807, 810.
Алюдур 807, 810.
Алюминий 806.
Алюминий твердотянутый 807.
Амазонский камень 218.
Анализатор 287.
Анализатор накладной 298.
Андезин 220.
Анортит 219.
Анортоклаз 219.
Антиокислители 838.
Антиоксиданты 838.
Арабаны 258.
Артиллерийские резервы 217.
Артиллерия дивизионная 216.
Артиллерия зенитная 217.
Артиллерия корпусная 216.
Артиллерия полковая 216.
Артиллерия противотанковая 217.
Астрономия мореходная 538.

Баллистит 360, 365.
Бандаласт 261.
Баррас 67.
Бассейны погрузочные 376.
Батикля уравнение 46.
Бензое 259.
Береговые укрепления 386.
Бертоллиды 522.
Бигардное масло 330.
Бикварц Солей (Soleil) 318.
Био-Савара закон 466.
Бити 261.
Битовнит 220.
Болотная стадия 499.
Бронза 810.
Бронза средних сортов 807.
Брюстера угол 293.
Бэнберн 839.

Ватерлиния 340.
Вейка 332.
Векторпотенциал 465.
Вентиляция цистерны 12.
Весы Парова 755.
Взрыватели 228.
Взрывные камеры 76.
Вкладыши 88.
Влагоемкость 350.
Водоотливные средства 21.
Водяная башня 171.
Волока 183.
Воск пробковый 771.
Вредный огонь 153.
Вулканизаторы 842.
Вулканизующие вещества 838.
Вызревание лака 199.

Галактаны 258.
Галипот 67.
Галтель 281.
Галун 183.
Гармоническая функция 460.
Гексозаны 258.
Гекто 555.
Гемицеллюлоза 257, 258.
Гетерогенные системы 510.
Гиалофан 220.
Гига 555.
Гидравлический показатель русла 46.
Гладильные машины 569.
Глажение белья 571.
Гликоген 257, 258.
Глина 495.
Говорящая дуга 509.
Головка поршня 401.
Горизонт рудяковый 497.
Городок 157.
Гравиметрическая плотность 367.
Грузооборот портов 398.

Даммар 205.
Двигатель-генератор 580.
Двухкомпонентная система 517.
Дека 555.
Деканриловая кислота 772.
Делительный совок 739.
Деполимеризация 250.
Деполяризация 305.
Дерновый процесс 498.
Дефект поляризации 309.
Деци 555.
Диаграммы Мольера 656.
Дивариантная система 515.
Диморфизм 255.
Диоптрическая система оптики 857.
Диоптры 714.
Директриса 228.
Дисахариды 258.
Дистанционные трубки 228.
Допуски 797.
Дороги-транспортеры 140.
Дранье 332.
Дроссель-шайба 659.
Дуга прицела 720.
Дуговые лампы 853.
Дюбель 817.

Железо 807, 810.
Желтозем 502.
Живица 64, 65.
Жиропот 457.

Заградители подводные 9.
Задача Дирихле 462.
Задача Неймана 463.
Задержки 644.
Закон корня 733.
Засада 766.

Изогиры 312.
Изохроматическая поверхность 313.
Изохроматы 312.
Икортидиновая кислота 772.
Иммерсионные системы 297.
Инвариантная система 515.
Индикатор размерный 796.
Инкорит 360.
Интеграл Пуассона 463.
Интенсивность 511.
Инулин 258.
Испанская черная 779.
Камбий пробковый 768.
Каменные клетки 768.
Камни пробковые 779.
Каналы подходные 373.
Канифоль 68, 205, 209.
Карра 65, 66.
Катадиоптрическая система 859.
Каталка 833.
Катки холодные 568.
Катоптрическая система 860.
Качалки 183.
Квадрант 718.
Квартование 739, 765.
Кератофир кварцевый 399.
Кило 555.
Кингстоны затопления 11.
Кирхгофа правила 454.
Клица 817.
Кованина 750.
Колбасные машины 840.
Коллиматоры 715.
Кольцевой способ 742.
Компенсатор Берека 298.
Компенсатор слюдяной 298.
Комплексы телесные 514.
Конвертер 580.
Коноскоп 299.
Копал 259.
Кордит 360.
Коробки ответвительные 818.
Коробки соединительные 818.
Корпус прочный 16.
Корточка 765.
Краевой эффект 790.
Крампон 66.
Кран катучий поворотный 397.
Кран мостовой 397.
Краны Юлетта 395.
Красители 839.
Краснозем 502.
Крахмал 257.
Крахмаление белья 571.
Крахмальное число 755.
Крейсеры подводные 9.
Крея формула 49.
Круг равной высоты 539.
Крупа дранал 332.
Крупка 332.
Ксиланы 258.
Купелирование 764.
Кутоза 772.

Лабиринтовое уплотнение 435.
Лабрадорит 220.
Лавина ионов 785.
Лазо метод 299.
Лак золотой 203.
Лаки альбертолевые 202.
Лаки асфальтовые 194, 202.
Лаки бензиновые 210.
Лаки водные 210.
Лаки даммаровые 202.
Лаки канифольные 200.
Лаки каучуковые 193, 194.
Лаки комбинированные 210.
Лаки копаловые 196.
Лаки летучие 193, 205.
Лаки масляные 194.
Лаки нитроцеллюлозные 209.
Лаки политурные 259.
Лаки скипидарные 210.
Лаки специальные 203.
Лаки спиртовые 194, 205.
Лаки цветные 203.

© ГПНТБ СО РАН

Лаки целлюлозные 194, 209.
Лактоза 257, 258.
Ламелль 769.
Лампы автоматические 870.
Лампы моторные 870.
Лампы полуавтоматические 870.
Лампы ручные 870.
Лампы шунтовые 870.
Латерит 502.
Лесо-луговая зона 499.
Лестницы американские механические 169.
Линза 857.
Линза Бертрана 297.
Линза френелевская 858.
Линии сомнеровые 540.
Линия выстрела 708.
Линия давления 54.
Линия узлов 648.
Линия цели 707.
Литрование 457.
Ловители масла 95.
Лодки позиционные 9.
Лодки эскадренные 9.
Лот оптический 233.
Лунный камень 218.

Мальтоза 257, 258.
Малю закон 309.
Маннаны 258.
Масла оксидированные 193.
Масла полимеризованные 193.
Масло копаловое 198.
Маслот 414.
Массирование 217.
Мастикс 205, 208, 259.
Машинное поле 229.
Мега 555.
Медь 806, 807.
Метод эквивалентной замены 237.
Микро 555.
Микроклин 219.
Микропоры 351.
Милли 555.
Мины 227.
Модификация инстабильная 255.
Модификация лабильная 255.
Модификация метастабильная 255.
Модификация монотропная 255.
Модификация полиморфическая 255.
Модификация стабильная 255.
Модификация энантиотропная 255.
Мол 388.
Монка метод 852.
Мониторы подводные 9.
Моновариантная система 515.
Мономер 250.
Монтегаль 807, 810.
Мушка 712.
Мягчители 838.

Набережные 381.
Наблюдения вспомогательные 549.
Наблюдения прямые 549.
Наводка 707, 718.
Нагартовка 834.
Наклон оси цапф 710.
Наклон платформы 709.
Нано 555.
Наполнители 838.
Насосы пожарные 158.
Неролиевое масло 330.
Николь 289.
Нитроцеллюлоза 362.
«Nonox» 839.
Нутационное движение тела 651.
Нутация 651.

Образователи лаковых тел 192.
Образователи пленки 192.
Овощеводство 879.
Овощи лиственные 881.
Огородничество 879.
Однокомпонентная система 516.
Озонобелильные устройства 566.
Олигоклаз 220.
Ориентировочная линия 710.
Ортоклаз 219, 399.
Ортоклаз натровый 219.
Ответвительные коробки 818.
Отражатели вогнутые стеклянные 860.
Отражатели вогнутые сферические 861.
Отражатели гиперболические 869.
Отражатели кольцевые сферические 862.
Отражатели Манжена 862.
Отражатели параболические 863.
Отражатели с копараболическими поверхностями 868.
Отражатели сфероидальные 863.
Отражатели эллиптические 869.
Отражательные козырьки 406.
Отруби 337.
Ошибки остающиеся 551.

Панорама 717.
«Пара Магнуса» 652.
Парк массивовый 389.
Парова весы 755.
Паромер Асканиа 668.
Паромер Гальвакс 672.
Паромер Дебро 666.
Паромер-часы Гере 663.
Паромеры 654.
Паромеры с автоматической регулировкой 665.
Паромеры с мембранами 668.
Паяльник 695.
Паяльные инструменты 694.
Паяльные лампы 696.
Паяние легких металлов 705.
Паяние магния 707.
Паяние мягкое 697.
Паяние мягкое алюминия 705.
Паяние твердое 699.
Паяние твердое алюминия 706.
Пегматит 218.
Пеклевань 339.
Пентозаны 258.
Перевалка грузов 397.
Передир 335.
Перемол дунстов 336.
Перемол сходов 337.
Перенапряжение 303.
Переправы паромные 357.
Пироксилин 362.
Пластаменит 360.
Пластинка Савара 325.
Пластинка Сенармона 315.
Плинтус 281.
Плодородие 494, 502.
Плоскость местности 708.
Плоскость поляризации 308.
Плоскость прицеливания 708.
Плоскость стрельбы 708.
Плэсс 261.
Поверхности эквипотенциальные 460.
Поджог 153.
Подзол 456, 496.
Подзолообразовательный процесс 498.
Подстанция мачтовая 73.
Подстанция передвижная 75.
Подстанция районная 80.
Подстанция трансформаторная 70.
Подстанция электрическая преобразовательная 82.
Подстанция электрическая фабрично-заводская 75.
Подчистка 449.
Подшивка чистая 273.
Пожарная дружина 159.
Позумент 183.
Пол простильный 279.
Пол черный 269, 272.
Пол чистый 269.
Поле зрения призмы 289.
Полигон 230.
Полимер 250.
Полимеризация 250.
Полимерная форма 250.
Полиозы 257.
Политура целлюлозная 260.
Полоскательные машины 565.
Полы глинобитные 283.
Полы деревянные 274.
Полы из плит 283.
Полы из плиток 278.
Полы кирпичные 284.
Полы ксилолитовые 278.
Полы на лагах 280.
Полы палубные 275.
Полы фризовые 275.
Поляризатор 287.
Поляризатор Липпиха 319.
Поляризатор Лорана 317.
Поляризационные аппараты 314.
Поляризация гальваническая концентрационная 302.
Поляризация света хроматическая 310.
Поляризация химическая 303.
Поляриметр 323.
Поляриметр интерференционный 320.
Поляриметр Корню 328.
Поляриметр Hilger 320.
Поляриметрические трубки 323.
Поляристробометр 321.
Порода материнская 495.
Порозиметры 352.
Порох бездымный 360, 362, 368.
Порох дымный 360, 362, 368.
Порох пироколлодийный 370, 371.
Пороховые заводы 367.
Портовая территория 390.
Портовые работы 389.
Поршневой палец 401, 409.
Поршневые бабышки 401.
Поршневые кольца 401, 407, 420.
Поршни дисковые 440.
Постоянная Гаусса 459.
Потенциал равновесия 302.
Потенциал химический 512.
Потолки 273.
Потолки пустотелые 282.
Потолки чистые 274.
Почвообразование 494.
Почвообразовательный процесс 495.
Починочные машины 572.
Правильные машины 523.
Превенция 153.
Преломляющее ребро призмы 686.
Преломляющий угол призмы 686.
Прессы для глажения 571.
Привод электрический индивидуальный 676.
Привод электрический одиночный 676.
Призма Аббе 689.
Призма Аренса 291.
Призма воздушная 291.
Призма Волластона 293.
Призма Галле 291.
Призма Гартнака-Празмовского 292.
Призма Гассерта 292.
Призма коническая 690.
Призма Корню 690.
Призма Николя 289.
Призма оборотная сист. Амичи 687.
Призма пентагональная 687.
Призма полного внутреннего отражения 687.
Призма поляризационная Глазебрука 291.
Призма поляризационная Глана 291.
Призма поляризационная Томсона 291.
Призма постоянного отклонения 689.
Призма прямого зрения 689.
Призма Резерфорда 689.
Призма Риттера 292.
Призма Сенармона 293.
Призма Страубеля 690.
Призма тройная Аббе 293.
Призма Фери 690.
Призма Франка 292.
Призма Фуко 291.
Призматические кольца 688.
Призмы полутеневые Джеллетта и Корню 317.
Призмы поляризационные 287.
Принцип корреляции 518.
Принцип непрерывности 518.
Принцип полутени 316.
Принцип соответствия 518.
Припои золотые 701—702.
Припои латунные 701—702.
Припои мягкие 697.
Припои оловянные 697.
Припои серебряные 701—702.
Припои твердые 701—702.
Присталь 261.
Пристани для причала 357.
Прицел 712.
Прицелы панорамные 725.
Прицельный хомутик 713.
Проба генеральная 744.
Проба конечная 753.
Проба тигельная 759.
Проба щерберная 762.
Пробка мужская 769.
Пробковая кислота 772.
Пробковидные клетки 768.
Провод АР 815.
Провод АРД 815.
Провод биметаллический 810, 825.
Провод голый 812, 813.
Провод гуперовский 813.
Провод ДКРН 815.
Провод ДРСН 815.
Провод ДРТН 815.
Провод изолированный 813.
Провод К. Р. S. 810.
Провод Монпота 810.
Провод панцырный 819.
Провод ПВМ 815.
Провод ПОО 815.
Провод ПР 815.
Провод ПРН 815.
Провод ПРГН 815.
Провод ПРНД 815.
Провод стале-алюминиевый 812.
Провод ШГБ 815.
Провод ШГШ 815.
Провод ШР 815.
Провод ШРН 815.
Провод ШРПН 815.
Провод ШРШ 815.
Провод ШРШН 815.
Проводниковый материал 806.
Проволока биметаллическая 836.
Проволока из литой стали 807.
Проволока мягкая железная 807.
Проволока стальная 807.
Прожектор ближнего действия 877.
Прожектор дальнего действия 869, 873.
Прожекторный луч 852.
Прядево 183.

Равновесие гетерогенных систем 514.
Радиосигналы 686.
Разбавители 194.
Разваривание 765.
Распределительный пункт 70.
Рассеиватели 859.
Рассеяние 733.
Растворители 205.
Рафиноза 257.
Реактив женевский 774.
Ребока формула 49.
Револьверная подача 634.
Регулятор прядения 679.
Резинаты 194.
Рейнхардта теория 408.
Репрессия 153.
Рудоминералы 222.
Руды агрономические 222.
Руды металлов 222.
Рули горизонтальные 13.
Румянка 65.
Ряд напряжений 468.

Самовозгорание 153.
Самолет 343.
Сандарак 205, 208.
Санти 555.
Сахар молочный 258.
Сахар свекловичный 258.
Сахар тростниковый 258.
Сахариметры 321.
Сахароза 257, 258.
Селитра калийная 360.
Селитра патронная 292.
Сера 360.
Сикативы 194, 198.
Синька 332.
Система (правило фаз) 513.
Square mil 812.
Скипидар 68.
Слои тонкие 788.
Смолы естественные 194, 205.
Смолы искусственные 194, 205, 209.
Смягчители 205.
Соли 222.
Солнечный камень 218.
Сомнера способ 539.
Сопло 660.
Сорбция 348.
Состояние системы 511.
Спирт феллиловый 772.
Способ борозды 741.
Способ кольца и конуса 743.
Способ коррелат 553.
Способ наименьших квадратов 549.
Способ перелопачивания 743.
Сращивание проводов 831.
Стале-алюминиевый канатик 825.
Степени свободы 516.
Степень поляризации 309.
Стиральная машина 563.
Стирка ручная 559.
Столик Федорова 296, 299.
Стопа 294.
Стрейнер 840.
Строительные материалы 222.
Суберин 772.
Суберновая кислота 772.
Судоремонтные устройства 397.
Сушильные аппараты (для бельа) 567.

Талькотта метод 537.
Телесный комплекс 512.
Температура действенная 693.
Термодинамические свойства 511.
Тетраметил-тиурамдисульфид 838.
Титаны 390.
Ток прямой 452.
Томсона-Андерсона формула 348.
Торпедные аппараты 23.
Точка тройная 516.
Точка четверная 517.
Точки сингулярные 520.
Точность станков 798.
Травеллеры 390.
Траектория снаряда 708.
Трансвертер 602.
Транспортеры 126.
Транспортные устройства 100.
Трансформаторный киоск 71.
Трехкомпонентная система 518.
Тригонометрическая сеть 230.
Тролит специальный 261.
Труба Вентури 660.
Трубка Бергмана 817.
Трубка Пешеля 817.
Тургесценция 64.

Углеопрокидыватель 397.
Угли пламенные 854.
Углы Эйлера 648.
Угол возвышения 708.
Угол местности 708.
Угол наводки 708.
Угол нутации 648.
Угол обхвата 858, 866.
Угол прецессии 648.
Угол прицеливания 708.
Угол рассеяния полезный 867.
Угол собственных вращений 648.
Уголь 360.
Уголь бардяный 457.
Уголь паточный 457.
Уголь пробковый 771.
Ультрапоры 347.
Умформер 580.
Упругость разложения 301.
Уравнивание 235.
Уравнения нормальные 551.
Уралит 261.
Ускорители 838.
Устье 644.

Фаза системы 512.
Фактор емкости 511, 514.
Феллоген 768.
Фланец измерительный 660.
Фланжировочная машина 533.
Флороновая кислота 772.
Флюсующие вещества 692.
Фриделин 772.
Фруктоза 258.

Хак 66.
Хитин 258.
Хлопание поршня 403.
Ход лестничный 169, 172.
Хода вспомогательные 172.
Хозяйство безнавозное 885.

Целлобиоза 257.
Целлюлоза 257.
Цельзиан 219.
Центрировка 297.
Центриры жесткие 233.
Центрифуги 566.
Церий фтористый 854.
Церин 772.
Церинова кислота 772.
Церинвокислая реакция 773.
Цингера способ 536.
Circular mil 812.
Цистерна быстрого погружения 13.
Цистерна уравнительная 12.
Цистерны балластные 11.
Цистерны диферентные 12.

Чердачные перекрытия 279.
Черепа 271.
Черная полоса Ландольта-Липпиха 290.
Чернозем 499.
Чернь пробковая 771.
Чечевички 768.
Число степеней свободы 514.
Чувствительный оттенок 319.

Шадрик 456.
Шези формула 45.
Шеллак 205, 208, 259.
Шеллан 261.
Шпат исландский 289.
Шпоры 388.
Штандоль 196.

Эвлизин 772.
Эдс встречная 300.
Экспансит 776.
Электрод каломельный 467.
Энтропия 511.
Эстакады 395.

Юбка поршня 401.

Яловочное производство 446.