ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ВОСЕМНАДЦАТЫЙ

ПРОКАТКА—РАЗМОТКА ПРЯЖИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ✧ ОГИЗ РСФСР ✧ 1932

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

XVIII том сдан в производство 4 ноября 1931 г.;
подписан к печати 31 октября 1932 г.

Набор текста и верстка, печать, брошировочно-переплетные работы выполнялись в 16-й типографии треста «Полиграфкнига» под общим наблюдением директора 16-й типографии Смирнова П. Г. и помощников директора Моргунова Н. В. и Кудряшова П. В. Набор и верстка произведены под руководством Калобашкина И. Г. и Коровкиной А. А. Верстали Пузанов А. А. и Семенов И. С. Печатью руководил Майоров С. Г. Брошировочно-переплетные работы выполнялись под общим наблюдением Баранова В. В., Овсянникова М. П. и Курчева Н. Н. коллективом брошировщиков под руководством Рехина П. Ф. и коллективом переплетчиков под руководством Костюшина П. И. и Комарова И. М. Тиснением руководил Александров А. А. Клише на переплете гравировано Законовым Г. А. Клише выполнялись цинкографией 3-й типографии ОГИЗ «Красный пролетарий». Бумага бумажной фабрики Вишхимза. Дерматин Кунцевской фабрики им. В. П. Ногина. Картон Миропольской фабрики и Балахнинского комбината.

В XVIII томе ТЭ помещено 910 иллюстраций в тексте, четыре вкладки к статьям: «Прокатка»—1, «Пружины»—2, «Радиопередатчик»—1.

Адрес редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.
Адрес издательства: Москва, Волхонка, 14.

16-я типография треста «Полиграфкнига», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита Б 12517. Гиз 31. Э-00 г. Заказ № 1294.
Бумага 72×108/16. 28¼ печ. листа×94 720 знаков. Тираж 36 000 экз.

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

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

Пом. Гл. Редактора—**А. А. Дашкевич.**
Пом. Гл. Редактора—инж. **Б. Э. Шпринк.**

Председатель Правления—**Б. П. Рогачев.**
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 Н. Г.**; Зав. Корректорской: **Кулешов Н. З.**; Зам. Зав. Корректорской: **Ошер А. Н.**; Старший корректор: **Бокшицкая Л. И.**

СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Метрические меры.

км	километры (1000 *м*).
м	метры.
дм	дециметры (0,1 *м*).
см	сантиметры (0,01 *м*).
мм	миллиметры (0.001 *м*).
μ	микроны (0,001 *мм*).
тμ	миллимикроны (0.001 *μ*).
μμ	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*).
μг	микрограммы (0,001 *мг*).
к	караты (200 *мг*).
кл	килолитры (1 000 *л*).
гл	гектолитры (100 *л*).
дкл	декалитры (10 *л*).
л	литры.
дл	децилитры (0,1 *л*).
сл	сантилитры (0,01 *л*).
мл	миллилитры (0,001 *л*).
тм	тоннометры.
кгм	килограммометры.
т/м²	тонны на кв. метр.
кг/см²	килограммы на кв. 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.
Ø	диаметр.
e	основание натуральных логарифмов.
lg	логарифм десятичный.
ln	» натуральный.
lim	предел.
Const	постоянная величина.
$\sum$	сумма.
$\int$	интеграл.
~	приблизительно.
∞	бесконечность.
d	полный диференциал.
∂	частный »

III. Международные символы.

а) Единицы.

A	ампер.
Ah	ампер-час.
W	ватт.
Wh	ватт-час.
kW	киловатт.
kWh	киловатт-час.
V	вольт.
mV	милливольт.
VA	вольт-ампер.
kVA	киловольт-ампер.
mA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегом
μΩ	микроом.
C	кулон.
VC	вольт-кулон.
H	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
Å	ангстрем.
D	дина.
Cal	калория большая.
cal	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	магнитн. проницаемость.
ϱ	удельное сопротивление.
σ	удельная проводимость.
δ	декремент затухания.
φ	магнитный поток.
H_{Br}	твердость по Бринелю.
A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3}	критич. точки
A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3}	желеан. сплавов.
g	ускорение силы тяжести.
l	длина.
m	масса.
$D^{t_1}_{t_2}$	уд. вес при $t_1°$ по отношению к воде при $t_2°$.
$[\alpha]$; $[\alpha]_D$	угол вращения плоскости поляризации.
C_H·; [H·]	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.
шилл.—шиллинги.
млн.—миллионы.
млрд.—миллиарды.
ч.—часы.
м., мин.—минуты.
ск.—секунды.
°Bé—градусы Боме.
°Э.—градусы Энглера.
Градусы температурных шкал:
°K—Кельвина.
°C, °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 ни 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.
Ан. П.—английский патент.
Ам. П.—американский »
Г. П.—германский »
Р. П.—русский »
Сов. П.—советский »
Ф. П.—французский »
B.—Berlin.
Brschw.—Braunschweig.
L.—London.
Lpz.—Leipzig.
Mch.—München.
N. Y.—New York.
P.—Paris.
Stg.—Stuttgart.
W.—Wien.
Wsh.—Washington.
Л.—Ленинград.
М.—Москва.
П.—Петроград.
СПБ—Петербург.

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

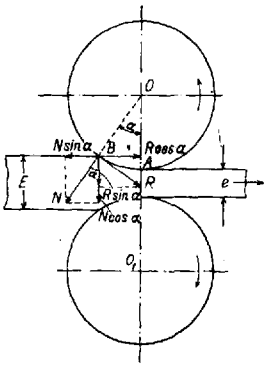
«АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
«ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
«ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
«ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
«ВТ»—Вопросы труда, Москва.
«ГЖ»—Горный журнал, Москва.
«ГТ»—Гигиена труда, Москва.
«Ж»—Журнал Русского физико-химического об-ва, Ленинград.
«ЖРМО»—Журнал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

П

ПРОКАТКА, основанный на текучести металла технологический процесс, при помощи к-рого металл, проходя между 2 вращающимися валками, подвергается деформации: о б ж а т и ю (уменьшение поперечного сечения), в ы т я ж к е (увеличение длины) и у ш и р е н и ю (увеличение ширины).

I. Процесс прокатки и его теория.

Путем последовательных пропусков через ряд следуемых друг за другом ручьев в валках прокатываются всевозможные профили. Действие валков на металл вполне аналогично действию молота и наковальни. Разница заключается лишь в том, что действие ковки распространяется на незначительную длину обрабатываемого металла, тогда как при П. металл подвергается обжатию по всей длине и притом непрерывно в течение его прохождения между валками. Процесс П. схематически изображен на фиг. 1. Оба валка, верхний и нижний, вращаются около своих осей O и O_1 и могут сближаться друг с другом на желаемую величину e. Металл, подвергаемый прокатке, имея квадратную или прямоугольную форму толщиной E, выходит из валков после П. с толщиною e, двигаясь в направлении, указанном стрелкой. Как только металл будет захвачен валками, то в точках соприкосновения явится давление N, исходящее от твердых шеек валков в направлении радиуса. Это радиальное давление в первой точке соприкосновения B с линией центров OO_1 будет составлять угол, который носит название у г л а з а х в а т а. Радиальное давление м. б. разложено на две составляющие: горизонтальную $N \sin\alpha$ и вертикальную $N\cos\alpha$. Горизонтальная сила производит о т т а л к и в а ю щ е е д е й с т в и е, а вертикальная, оказывая нормальное давление на металл, обжимает его и вызывает трение R между металлом и валком. Сила трения R может быть также разложена на 2 составляющие: на горизонтальную $R\cos\alpha$ и вертикальную $R\sin\alpha$, причем горизонтальная сила втягивает металл в валки. Если равнодействующая всех радиальных сил действует под углом α, то при $N\sin\alpha = R\cos\alpha$ получается равновесие сил. Следовательно, чтобы процесс П. не прекращался, необходимо, чтобы горизонтальная составляющая силы трения была больше противоположно направленной горизонтальной составляющей радиальных сил давления, потребной для деформации прокатываемой полосы, т. е.



Фиг. 1.

$$R\cos\alpha > N\sin\alpha.$$

Но сила трения $R = fN$, где f—коэф. трения между валками и прокатываемым металлом. Подставляя значение в вышеприведенное неравенство, получаем

$$fN\cos\alpha > N\sin\alpha$$

или

$$f > \operatorname{tg}\alpha,$$

но $f = \operatorname{tg}\varphi$, где φ — угол трения. Отсюда получим $\alpha < \varphi$, т. е. угол захвата должен быть меньше угла трения. Другими словами, захват валками прокатываемой полосы возможен только в том случае, если при входе в валки действуют втягивающие силы. При равенстве углов захвата и трения валки сами не захватывают, но легкое подталкивание способствует захвату. При возрастании угла захвата до величины, большей угла трения (не превышающей однако его вдвое), самостоятельный захват уже становится невозможным, т. к. при входе в валки теперь действуют выталкивающие силы. В случае же, если благодаря принудительному вталкиванию прокатываемой полосы в валки удалось начать П., то она уже продолжается самостоятельно. В случае, если угол захвата достигает или превышает двойное значение угла трения, то П. становится невозможной. При уменьшении угла α сила $R\cos\alpha$ увеличивается; когда угол α сделается равным нулю, то горизонтальная сила будет равна нулю, а вертикальная сделается равной давлению N. Отсюда заключаем, что наибольшее давление на металл производится валками по их линии центров OO_1. В плоскости этой линии и будет опасное сечение. Зависимость между диаметром валков, величиной линейного обжатия Δh и углом захвата получается из рассмотрения фиг. 1. Из тр-ка OAB сторона

$OA = r\cos\alpha$, но, с другой стороны,

$$OA = r - \frac{E-e}{2} = r - \Delta h.$$

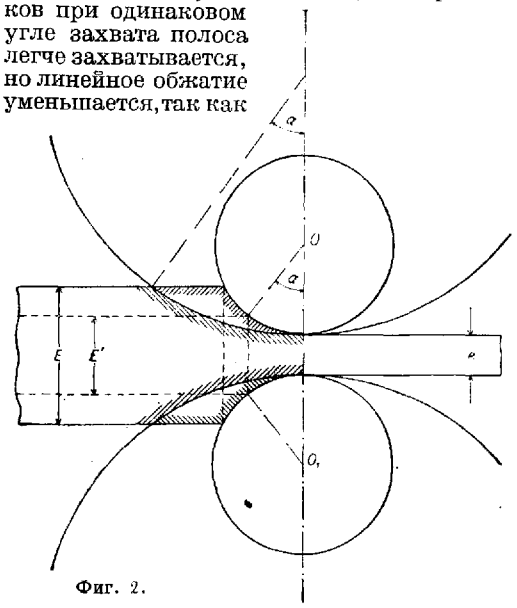
Подставляя, получим:

$$r - \Delta h = r\cos\alpha,$$

откуда:

$$\Delta h = r(1 - \cos\alpha).$$

Из этого соотношения можно сделать следующие выводы: 1) при одинаковом угле захвата величина линейного обжатия $(E-e)$ увеличивается с увеличением диам. D валков (фиг. 2). С уменьшением диаметра валков при одинаковом угле захвата полоса легче захватывается, но линейное обжатие уменьшается, так как



Фиг. 2.

величина E' становится менее E. 2) При одной и той же величине линейного обжатия $(E-e)$ угол захвата α будет тем больше, чем меньше диаметр валков, т. е. при малом диаметре валков металл будет вытягиваться главным образом вдоль П., с увеличением же диаметра валков будет появляться все больше и больше расплющивание металла вдоль оси валков или его уширение, т. е. при одинаковой величине обжатия $(E-e)$ скорость деформации возрастает с уменьшением диаметра валков. Чем скорее происходит эта деформация, тем менее металл получает уширение и тем более он вытягивается, т. е. чем менее дуга соприкосновения при данной величине обжатия, тем более вытяжка и тем менее уширение. Величина линейного обжатия ограничивается предельным углом захвата. Диаметр валков должен быть тем больше, чем больше линейное обжатие Δh и чем меньше угол захвата α.

При угле захвата $\alpha = 20°$

$$\Delta h = (1 - \cos 20°) = \frac{1}{17}D;$$

при угле захвата $\alpha = 25°$

$$\Delta h = (1 - \cos 25°) = \frac{1}{10}D.$$

Диаметр валков д. б. тем больше, чем больше абсолютная величина обжатия. При ориентировочной наметке для выбора диаметра валков можно исходить из среднего угла захвата полосы, напр. если мы зададимся величиной линейного обжатия Δh, равной 50 *мм*, то диаметр валка м. б. определен из условия, что угол $\alpha \cong 20°$. В таком случае Δh равно $\frac{1}{17}D$, откуда D при гладких валках $50 \cdot 17 = 850$ *мм*. При валках с ручьями D д. б. увеличен до 1 200 *мм*. При больших углах захвата 30—32° валки захватывают трудно, не сразу. Происходит задержка в маневрах, время П. увеличивается и выгоды сильных давлений теряются.

У ш и р е н и е. Под влиянием обжатия $(E-e)$ прокатываемая полоса не только удлиняется, но и уширяется. Развитию уширения препятствует трение о валки. Равнодействующая симметричных усилий вследствие круглой формы валков направлена по направлению П., а не вдоль валков. Направление действия силы трения только продольно, а потому поперечное передвижение частиц незначительно. По опытам Шельда [50] линейное уширение при одинаковой ширине приблизительно обратно пропорционально толщине после пропуска. Тонкие полосы дают большее уширение, чем толстые при одинаковых условиях. Все явления уширения должны быть функцией трех переменных: 1) $t°$ прокатываемого металла, от которой зависит величина междучастичного трения; с понижением $t°$ уширение увеличивается; 2) трения между прокатываемым металлом и материалом валков; 3) скорости истечения металла. Уширение увеличивается с уменьшением угла захвата и увеличением диаметра валков. Валки малого диаметра дают бо́льшую вытяжку, чем валки большого диаметра, которые не вытягивают, а давят железо. Для калибровки валков точное знание явления уширения имеет громадное значение. Имеются многочисленные исследования [45] для выяснения условий уширения и факторов, влияющих на него, как то: давление, диаметр валков, состояние поверхности валков и прокатываемой полосы, $t°$ П., толщины и ширины прокатываемой полосы и т. п. Дехец [22] находит, что уширение в первую очередь распространяется на края прокатываемой полосы и в виду этого почти не зависит от ширины. Жез на основании своих опытов над свободным уширением вычислил среднее значение в зависимости от обжатия и дал недостаточно точную, но на практике часто встречающуюся ф-лу уширения B для мягкой стали:

$$B = 0{,}35(E-e).$$

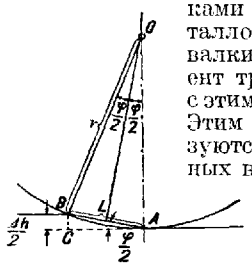
Другие авторы (Тафель и Седлячек) [60] предложили формулу, в которой принимается во внимание влияние диаметра валков. Разнообразные опыты над уширением были проделаны Мецом [38], производившим наблюдения как над процессом уширения в отдельных частях прокатываемого металла, так и над общим полным уширением. Результаты этих опытов были использованы для определения уширения графическим путем. Угол трения [45] определяют в зависимости от радиуса валков и величины линейного обжатия (фиг. 3). Из рассмотрения треугольников ABC и ABO получаем

$$\frac{\Delta h}{2} = L\sin\frac{\varphi}{2}, \text{ откуда } \frac{\Delta h}{2} : L = \frac{L}{2} : r,$$

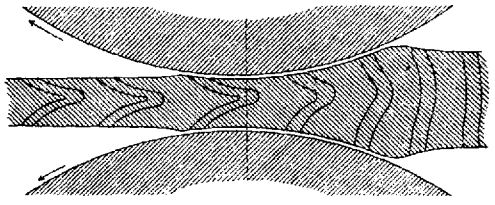
следовательно

$$L = \sqrt{r\Delta h} \text{ и } \sin\frac{\varphi}{2} = \frac{\Delta h}{2L} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\Delta h}{r}} \text{ или } \varphi \cong \sqrt{\frac{\Delta h}{r}}.$$

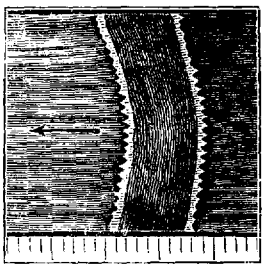
На основании приведенных формул не представляет никаких затруднений установить зависимость между углом трения, наибольшим допустимым обжатием, наибольшей вытяжкой и т. п. Кроме того из этих же формул следует, что увеличение трения между валками прокатываемым металлом, путем насечки на валки, увеличивает коэфициент трения и одновременно с этим увеличивает обжатие. Этим средством часто пользуются особенно на обжимных валках для получения желаемой величины обжатия. Однако необходимо обратить внимание, что увеличение силы трения влечет за собой повышение расхода энергии, а также увеличение сил реакции, действующих на станины и шпинделя. Из этого вытекает целесообразность работы с малым коэфициентом трения в тех случаях, когда величина обжатия в каждом проходе мала, как это бывает например при прокатке кровельного, обручного железа и при холодной П. Факторы, обусловливающие процесс П., связаны между собою б. или м. сложной зависимостью; однако не для всех эта связь может быть выражена математически. Некоторые из них до настоящего времени мало изучены как теоретически, так и практически. Исследователями, рассматривавшими процессы П. главн. обр. теоретически, являются Бласс, Грассгоф, Герман, Финк, Кодрон, Дени, Танков, Верещагин, Родзевич-Белевич, Евневич и другие. Некоторыми исследователями процесс П. рассматривается с точки зрения истечения пластич. тел. Движение слоев металла при прокатке различно. В то время как наружные слои, находящиеся в соприкосновении с валками, вследствие трения опережают остальные слои по направлению П., внутренние средние слои отстают в направлении, противоположном направлению П. Это особенно наглядно видно на опыте, проделанном Голленбергом (фиг. 4). В просверленные отверстия железной полосы были вставлены круглые прутки. После прокатки, которая была доведена до половины с целью определения характера перемещения слоев металла, в продольном разрезе ясно видно отставание средних слоев металла. Другой исследователь, Мец, произвел подобные опыты, но в просверленные отверстия железной полосы вставлял винты. Изменение высоты нарезки винта при П. (фиг. 5) еще более осветило картину происходящего истечения металла при П. Для объяснения наблюдаемых сложных явлений истечения металла целый ряд исследователей предложил теорию конусов скольжения. Исследователь Кик наблюдал при своих опытах осаживания закономерное распределение давления внутри осаживаемого тела в виде конусов скольжения, основания которых представляют собою осаживаемые плоскости. Бласс и Броо объясняли этой теорией явления процесса П., однако Зибель [52], Губерс [30] и Геннеке [27] своими работами показали, что теория скольжения конусов неосновательна и что зоны ограниченной деформации на осаживаемых поверхностях образуются лишь вследствие поверхностного трения. Вместе с тем многочисленные испытания Мейера и Неля [39] ясно показали образование плоскостей скольжения под углом, равным ~45° по направлению действующего обжатия; они начинались от прилегающих к плоскости обжатия кромок, причем прилегающие к плоскости обжатия зоны конусов первоначально деформацией совершенно не затрагивались. Явления истечения были особенно исследованы Надаем [40], в то время как Прандтль [41] и Генки разъяснили существующую закономерность для системы плоскостей скольжения и ее связь с распределением напряжений. Корберу и Зибелю [36] удалось путем опытов над образованием плоскостей скольжения дать объяснение существующей зависимости между ковкой и прокаткой. Пуппе [45], наблюдая различные формы боковых граней броневых плит и обжатых заготовок после П., пришел к выводу об относительности глубины смещенного объема в зависимости от давления валков. На фиг. 6 показана форма боковых граней у брони и заготовки при различных давлениях: боковая грань брони (фиг. 6, а); боковая грань заготовки при малом давлении (фиг. 6, б); то же при большом давлении (фиг. 6, в). Кроме того Пуппе отметил влияние высокой температуры на изменение пластичности прокатываемого металла. Для определения работы П. имеется целый ряд формул; подробно ими занимались проф. Верещагин, проф. Петров и проф. Виноградов. Необходимо также отметить, что при современном развитии теории процесса П. все прилагаемые ф-лы еще не вполне надежны; при их многочисленности и при разнообразии факторов, влияющих на нагрузку двигателя, они практически не удобоприменимы.



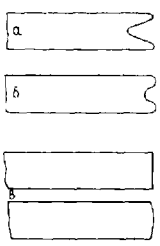
Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.



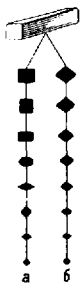
Фиг. 6.

Главными факторами, определяющими общий расход энергии П. во время данного пропуска, являются: 1) чистая работа при П. (деформация); 2) потери от трения внутри данного рабочего стана; 3) потери в передаточных механизмах; 4) потери внутри самого прокатного двигателя и 5) сила инерции вращающихся масс. Чистая работа

П. по мнению разных исследователей зависит гл. обр. от $t°$ металла в разных его местах; колебания скорости при П., влияющие на отдачу двигателя, являются в общем случае результатом изменения $t°$ в разных местах прокатываемой полосы и вследствие несовершенства регуляторов скорости и мощности двигателя.

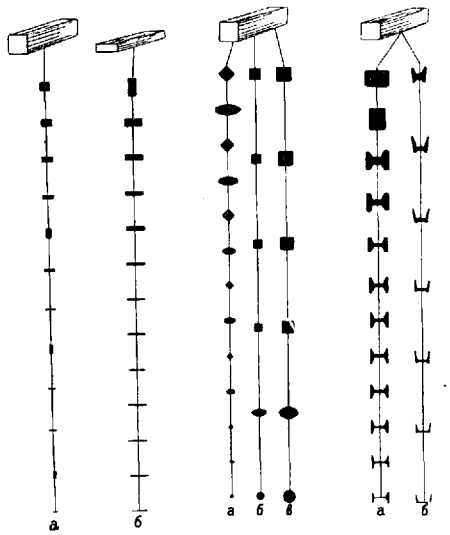
О п е р е ж е н и е, представляющее собою скорость выхода прокатываемой полосы из валков, превышающую окружную скорость валков, легко объяснимо сохранением равновесия сил при прокатке. Бласс [18] искал связь опережения с теорией конусов скольжения и пытался найти формулу, связывающую опережение с диаметром валков и расстоянием между ними. Дехен освещал практич. значение опережения для определения окружной скорости при непрерывной П., а также для калибровки периодических профилей. По исследованию опережения большое значение имеют работы Пуппе [43]. Металл, вытесненный в пределах между т. н. границей истечения и выходом из валков, течет в направлении П. и создает т. о. опережение. Вычисленные примеры дают близкое совпадение с практич. наблюдениями для величин опережения: скорость опережения при нормальных условиях не превышает 4% окружной скорости валков.

К а л и б р о в к а в а л к о в [15]. Для получения какого-нибудь профиля металл прокатывается в цилиндрич. валках путем последовательных пропусков через ряд следующих друг за другом ручьев. Ряд ручьев (калибров), следующих друг за другом, называется калибровкой. Задачей калибровки является придание ручьям необходимых размеров и формы, правильное расположение и подбор их числа. Для получения заданного профиля в последовательности калибров не существует определенных правил, напр. квадратный профиль м. б. получен из начального сечения путем последовательной П. в ручьях согласно фиг. 7, а, где применены прямоугольные, ромбические и другие ручьи, или согласно фиг. 7, б могут быть употребляемы лишь ромбич. ручьи. При П. прямоугольных или квадратных сечений после известного числа пропусков прокатываемый металл кантуется на 90° и снова прокатывается в этом положении. Таким путем поперечное сечение постепенно уменьшается, в то время как длина при каждом проходе увеличивается. Слиток постепенно превращается в блум (слиток прямоугольного или квадратного сечения) или при дальнейшей П. в з а г о т о в к у.



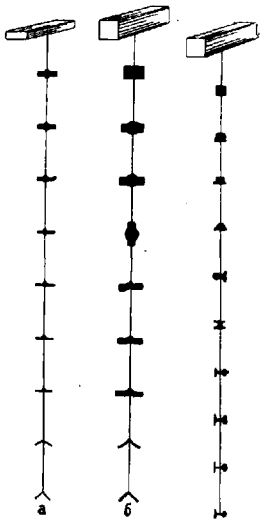
Фиг. 7.

В качестве примера П. простых профилей можно привести П. круглого, квадратного и полосового железа. Для П. полосового железа заготовку предварительно раскатывают в зависимости от ширины в виде квадрата или прямоугольника. На фиг. 8, а изображена последовательность ручьев для П. обручного железа, при к-рой по преимуществу применены плоские ручьи. Для регулирования ширины применяются р е б р о в ы е ручьи, в к-рых прокатываемая полоса задается на ребро. На фиг. 8, б изображена последовательность ручьев для П. широкополосного (универсального) железа. П. производится только в плоских ручьях за исключением одного ребрового, имеющегося в начале П. Требуемая конечная ширина придается полосе двумя вертикальными валками, имеющимися при каждом универсальном стане. П. круглого железа зависит от его диаметра. Круглое железо малого диаметра, 5—15 *мм*, прокатывается гл. обр. на проволочных станах; последовательность ручьев изображена на фиг. 9, а,



Фиг. 8. Фиг. 9. Фиг. 10.

где показано чередование овальных и квадратных ручьев. На фиг. 9, б показана последовательность ручьев для П. мелкосортного круглого железа. На фиг. 9, в изображена последовательность ручьев для П. толстого круглого железа свыше 75 *мм*. При П. двутаврового железа (балок) требуется большое число ручьев (см. фиг. 10, а). Особенность этого профиля требует П. еще на обжимном стане чернового профиля. При П. швеллерного железа уже в первом ручье придается черновой профиль (фиг. 10, б). П. углового железа и рельса несколько отличается от описанной П. двутаврового и швеллерного железа. Для П. равнобокого углового железа начальное сечение берется плоское. По америк. калибровке лишь предпоследний ручей получает форму угольника, все остальные ручьи не дают возможности угадать конечный профиль прокатываемой полосы (фиг. 11, а). Обычная калибровка углового железа изображена на фиг. 11, б. Рельсы обычно прокатываются из заготовки прямоугольно-



Фиг. 11. Фиг. 12.

го сечения в 11 или 9 ручьев (фиг. 12). На Н.-Салдинском заводе (Урал) применяется калибровка, при которой рельс прокатывается в 7 ручьев. Подобная калибровка была предложена инж. Удовенко на б. Александровском заводе (ныне Днепропетровском) более 30 лет назад. Калибровка валков до настоящего времени все еще является искусством. Калибровщики обыкновенно владеют коллекцией шаблонов для ручьев, представляющей результат коллективной работы, личного опыта и опыта предшественников. Но калибровки эти, не освещенные теорией, таят в себе иногда источники ошибок. Калибровки, выработанные для определенных условий данного завода (тем более завода прошлого времени), становятся малопригодными при других условиях работы и при более мощных двигателях. Слепая калибровка без соответствующей в каждом частном случае переработки недопустима; она вместе с тем является тормозом дальнейшего развития калибровки. Современное состояние науки о калибровке валков хотя еще не исключает необходимости в опытном мастере, однако дает возможность после ознакомления с теорией легко ориентироваться в приемах калибровки.

Лит.: [1] Тиме И. А., Теория и построение железопрокатных машин, «Г. Ж.», 1872, *I*; [2] его же, Индикаторные опыты над прокаткой стальных рельсов и балок на Путиловском заводе, там же, 1883; [3] Тонков Н. Р., Прокатка и калибровка, СПБ, 1901 (литогр.); [4] Грум-Гржимайло В. Е., Металлургия стали, ч. 2, Элементарная теория прокатки и калибровки валков, СПБ, 1909 (литогр.); [5] Верещагин Н. С., Определение работы при продольной прокатке, СПБ, 1911; [6] Родзевич-Белевич А. Ф., Об удельном давлении металла на валки при прокатке, «ЖРМО», 1913, т. 2; [7] его же, К теории опережения при прокатке, там же, 1912; [8] Петров С. Н., Сопротивление металла сжатию между двумя валками при прокатке, «Записки Горн. ин-та», 1914, т. 5, вып. 2; [9] его же, Работа и давление при прокатке, там же, 1917, т. 6, вып. 2; [10] Герман А. П., Машины для горячей обработки металлов, Л., 1924 (литогр.); [11] Мещерский Н. В., Гидродинамич. теория прокатки, «Изв. Полит. ин-та», 1921; [12] Головин А. Ф., К вопросу о динамике прокатных валков, «ЖРМО», 1927, *4*; [13] Павлов И. М., Прокатка, волочение и выдавливание металлов в связи с теорией образования трещин, там же, 1927, *1*; [14] Крыжановский В. П., Начало прокатки, там же, 1928, *3*; [15] Виноградов А. П., Расход энергии при прокатке и мощность двигателей при станах, «Металлург», Л., 1929, *2, 3* и *4*; [16] Курнаков Н. С. и Жемчужный С. Ф., Давление истечения и твердость пластичных тел, «Известия Петрогр. полит. ин-та», 1913; [17] Гутовский Н. В., Об уширении при прокатке, «Журн. Об-ва сиб. инженеров», 1913, *4*; [18] Blass E., Beitrag zur Theorie d. Abnahmekoeffizienten bei d. Walzenkalibrierung, «St. u. E.», 1882, *2*, p. 189/91, 233, 283; [19] Brovot A., Das Kalibrieren d. Walzen, Lpz., 1903; Die Grundlagen des Walzens, Halle a/S., 1930; [20] Cotel E., Ueber die Begleiterscheinungen des Walzvorgangs, «Berg-Hüttenmän. Jahrb. d. montanistischen Hochschule in Lesben», 1924, p. 258—62; [21] Daelen R., Hollenberg A. u. Dickmann, Die Kalibrierung d. Eisenwalzen, Drei vom Verein zur Beförderung des Gewerbfeisses preisgekrönte Abhandlungen, B., 1874; [22] Dehez J., Walzenkalibrierungen, Düsseldorf, 1919; [23] Emicke O. u. Rodenbach M., Formungsvorgänge beim Rundwalzen von Stahl mit wechselndem Kohlenstoffgehalt, «St. u. E.», 1924, B. 44, p. 1679—81; [24] Falk A., Die Breitung des Eisens in Glattwalzen, ibid., 1910, B. 30, p. 1986—93; [25] Falk A., Die Theorie d. Materialwanderung beim Walzen u. Schmieden, ibid., 1912, B. 32, p. 816—22, 863—67; Zuschriftenwechsel W. Tafel u. A. Falk, p. 1269—72; [26] Fink C., Theorie d. Walzenarbeit, «Ztschr. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preussischen Staate», B., 1874, p. 200; [27] Hennecke H., Warmstauchversuche mit perlitischen, martensitischen u. austenitischen Stählen, «Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenh.», 1926, B. 94, «St. u. E.», 1928, B. 48, p. 315—18; [28] Hermann M., Walzarbeit u. Walzdruck, «St. u. E.», 1911, B. 31, p. 1706—11; [29] Hollenberg A., Bemerkungen zu den Vorgängen beim Walzen von Eisen, ibid., 1883, B. 3, p. 121—22; [30] Höbers K., Das Verhalten einiger technischer Eisensorte beim Druckversuch, «Ber. des Walzwerkausschusses des Vereins deutsch. Eisenhüttenleuten», Düsseldorf, 1922, B. 32; [31] Karman, Festigkeitsversuche unter allseitigem Druck, «Z. d. VDI», 1911, B. 55, p. 1749—57; [32] Karman, Beiträge zur Theorie des Walzvorganges, «Ztschr. f. angew. Mathematik u. Mech.», B., 1925, B. 5, p. 139—141; [33] Kick F., Vorlesungen über schematische Technologie, Lpz.—W., 1898; [34] Kick F. u. Polak F., Beiträge zur Kenntnis d. Mechanik weicher Körper, «Dingler polytechnisches Journal», 1877, p. 465, 1879, p. 257; [35] Kirchberg E., Grundzüge d. Walzenkalibrierung, Dortmund, 1905; [36] Körber F. u. Siebel E., Ueber die Beanspruchungsverhältnisse beim Schmieden u. Walzen, «Mitteil. des Kaiser Wilhelm Inst. f. Eisenforsch.», Düsseldorf, 1928, p. 15—21; [37] Maringer P., Les Theories du laminage à chaud, «Revue universelle des mines», Paris, 1919; [38] Metz N., Experimentelle Untersuchungen über den Materialfluss beim Walzen, «Revue Métall.», 1925, p. 66—87; «St. u. E.», 1926, B. 46, p. 476; «Arch. f. Eisenhüttenwes.», 1927/28, p. 193—204; [39] Meyer H. u. Nehl E., Bildsame Verformung, «St. u. E.», 1925, B. 45, p. 1961—72; [40] Nadai A., Der bildsame Zustand d. Werkstoffe, B., 1927; [41] Prandtl L., Anwendungsbeispiele zu einem Henkyschen Satz über das plastische Gleichgewicht, «Ztschr. f. angew. Math. u. Mech.», B., 1923, B. 3, p. 401—06; [42] Puppe J., Ueber das Voreilen beim Walzen, «St. u. E.», 1909, B. 29, p. 161—70; [43] Puppe J., Versuche zur Ermittlung des Kraftbedarfs in Walzwerken, Düsseldorf, 1909; [44] Puppe J., Untersuchung über Walzdruck u. Kraftbedarf beim Auswalzen von Knuppeln, Winkeln u. Eisen, Düsseldorf, 1913; [45] Puppe J. u. Stauber G., Walzwerkwesen, Düsseldorf, 1929; [46] Riedel F., Ueber die Grundlagen zur Ermittlung des Arbeitsbedarfs beim Schmieden unter d. Presse, «Forschungsarbeiten aus d. Gebiete d. Ingenieurwesen», 1913, *141*; [47] Riedel F., Ueber den Walzvorgang, «St. u. E.», 1917, B. 37, p. 1133—36; [48] Rummel K., Richtlinien f. die Erforschung d. Formänderung bildsamer Körper, insbesondere des Arbeitsbedarf beim Walzen, ibid., 1919, B. 39, p. 237—43, 267—74, 285—94; [49] Saint-Venant, Differentialgleichungen d. Plastikodynamik, «CR», 1870; [50] Scheld E. M., Das Breiten beim Walzen, «St. u. E.», 1910, B. 30, p. 415—19, 766—67, 1419; [51] Sedlaczek H., Vorschläge zur Vermeidung des Rauhens d. Walzen, «St. u. E.», 1927, B. 47, p. 2627; [52] Siebel E., Grundlagen zur Berechnung des Kraft- u. Arbeitsbedarfs beim Schmieden u. Walzen, «Ber. des Walzwerkaussch. des Vereins d. Eisenhüttenleuten», Düsseldorf, 1922, *28*; «St. u. E.», 1923, B. 43, p. 1295—98; [53] Siebel E., Kräfte u. Materialfluss bei d. bildsamen Formänderung, «St. u. E.», 1925, B. 45, p. 1563—66; [54] Siebel E. u. Pomp A., Walzdruck u. Walzarbeit beim Kaltwalzen von Metallen, «Mitt. aus dem Kaiser Wilhelm Inst. f. Eisenforsch.», Düsseldorf, 1929, B. 11; [55] Tafel W., Walzen u. Walzenkalibrieren, Dortmund, 1921; [56] Tafel W., Das Greifen von Walzen, «St. u. E.», 1921, B. 41, p. 952—53; [57] Tafel W. u. Anke Fr., Zur Frage d. Breitung bei einigen Nichteisenmetallen, «Ztschr. f. Metallkunde», 1927, B. 19, p. 225—31; [58] Tafel W. u. Pajunk G., Ermittlung des Breitungsverlaufes in den wagerechten Schichten von Walzkörpern, «St. u. E.», 1927, B. 47, p. 1562—65; [59] Tafel W. u. Schneider E., Das Greifen von Walzen bei veränderlicher Walzgeschwindigkeit, ibid., 1924, B. 44, p. 305—09; [60] Tafel W. u. Sedlaczek H., Das Breiten beim Walzen, «St. u. E.», 1925, p. 190—93; [61] Tresca H., Mémoires sur l'écoulement des corps solides, P., 1865/66, Extrait des Annales du conservatoire des Arts et Métiers, t. 6; [62] Trinks W., New Theories on Hot Mill Deformations, Obtained by Experimental Rolling, «Blast Furnace», Pittsburgh, 1915, p. 276—77; [63] Walzwerkskommission des Vereine deutscher Eisenhüttenleute, verdrängtes Volumen u. Walzarbeit, «St. u. E.», 1914, B. 34, p. 1545—51, 1575—78; [64] Weiss L., Der Kaltwalz- u. Ziehvorgang u. sein Leistungverbrauch, «Zeitschrift f. Metallkunde», 1922, B. 14, p. 160—72; [65] Weiss L., Die Nutzarbeit des Walzvorganges, ibid., 1923, B. 15, p. 133—36; [66] Weiss L., Leistungsberechnung des Walzvorganges, ibid., 1925, B. 17, p. 229—32; [67] Weiss L., Die Leistungsberechnung des Walzvorganges in Abhängigkeit vom Walzendurchmesser, ibid., 1928, B. 20, p. 280—82.

II. Конструкция прокатных станов.

Первый прокатный стан для прокатки свинцовых полос был описан Леонардо да-Винчи в 1495 г., а в 1500 г. им изобретен стан для прокатки круглых стержней. Первые станы были нереверсивные, системы дуо, т. е. состояли из двух вал-

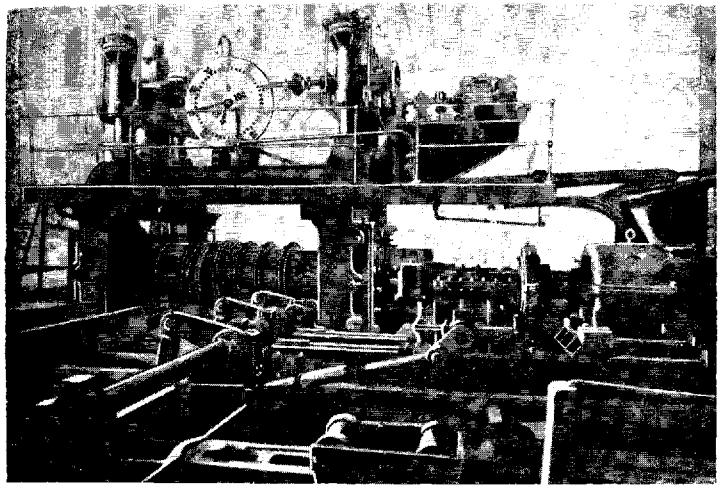
ков, направление вращения к-рых не изменялось. Распространение прокатных станов происходило медленно, вследствие отсутствия в прежнее время получения железа валовым способом. Кричный способ не давал возможности получать металл в большом количестве. Лишь с 1784 г., когда англичанин Корт изобрел способ *пудлингования* (см.), прокатка железа получила значительное распространение. Корт впервые применил прокатные валки для получения сортового железа из пудлинговых криц. Тип прокатного стана в три валка (система трио) появился первоначально в США, где он был сконструирован Фритцом. Эти станы были уже снабжены подъемными столами для подачи и передвижения прокатываемого металла. Они могли прокатывать слитки большого веса и вследствие этого получили повсеместное распространение в США. Дальнейшее развитие прокатных устройств выразилось в появлении т. н. дуо-реверсивного стана с переменным направлением вращения валков, сконструированного впервые в Англии (около 1880 г.) Рамсботомом. Эти станы оказались пригодными и для прокатки слитков до 5 *т* и более весом и получили распространение как в самой Англии, так и на континенте Европы. Последние две системы прокатных станов являются основными как для первоначального обжима слитков на заготовку, так и для чистовой прокатки тяжелых профилей. И наконец крупнейшим шагом вперед, совершившим переворот в прокатном деле, было изобретение так наз. непрерывных станов, которые за исключением трубопрокатного дела в СССР пока не применялись, но будут строиться на новых заводах.

Непрерывный стан, состоящий из 16 пар валков, впервые построенный англичанином Бедсоном в Англии в 1862 г. для прокатки проволоки, был усовершенствован америк. фирмой Моргана; таких непрерывных станов сист. Моргана в 1914 г. насчитывалось в европейских странах 27 комплектов (в Швеции, Австрии—по одному, в Англии, Франции и Бельгии—по два и в Германии — 19), в Америке же—100 комплектов. Самой существенной особенностью непрерывных станов является их громадная производительность при малом числе обслуживающих их рабочих.

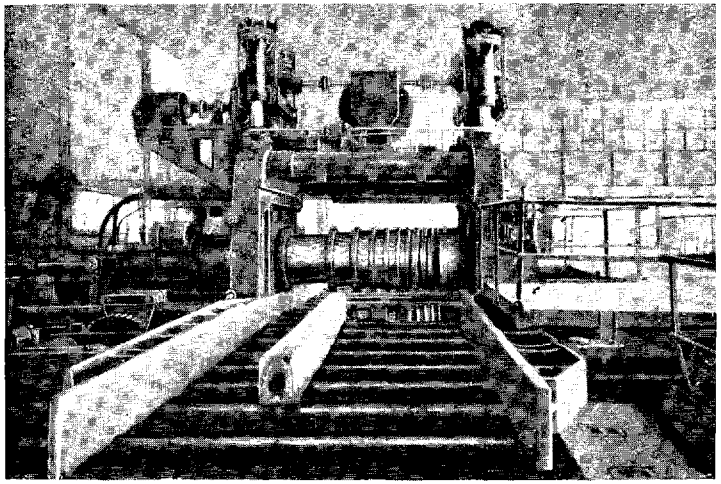
Устройство прокатных станов. Прокатный стан состоит из двух основных частей: рабочей части, на которой непосредственно осуществляется процесс прокатки, и привода, состоящего из двигателя и передачи. Обычно в состав передачи (канатной, ременной, зубчатой или фрикционной) за исключением реверсивного стана входит маховик, к-рый м. б. одновременно и шкивом. Пара станин с валками образует рабочую клеть (став). Каждый стан состоит из одной или нескольких клетей. Для передачи движения от главного вала двигателя к валкам применяются шестерни, помещаемые в специальной шестеренной клети. Шестеренная клеть обычно устанавливается в начале прокатного стана и редко посредине или в конце его для уменьшения скручивающих моментов. При прокатке кровельного железа, жести, а иногда и обручного железа верхний валок для получения гладкой поверхности изделий делается свободным (Schleppenwalzen); этот валок вращается силой трения о нижний валок или о прокатываемый металл и никаких отпечатков на последнем поэтому не оставляет. Главные условия, к-рым должен удовлетворять хороший прокатный стан, следующие: прочность, тщательность пригонки и сборки частей, большая производительность и точность в работе. Для увеличения прочности как станины, так и деталей стана их часто изготовляют из стали, что вместе с тем значительно облегчает их вес; при замене например чугунных станин стальными вес их уменьшается почти вдвое.

Классификация прокатных станов. А. По способу приведения в движение прокатные станы можно подразделить на два класса: станы с маховиком и станы без маховика. Прокатные станы с маховиком имеют постоянное направление вращения валков. Маховик служит аккумулятором энергии, воспринимая пики нагрузки во время прокатки. Для прокатки тяжелых фасонных профилей, напр. тяжелых рельсов, балок и швеллеров, употребляются почти исключительно станы без маховика—реверсивные станы. Реверсивные станы нормально имеют по два валка в клети (дуо-клети) при переменном направлении вращения валков для каждого последовательного пропуска металла.

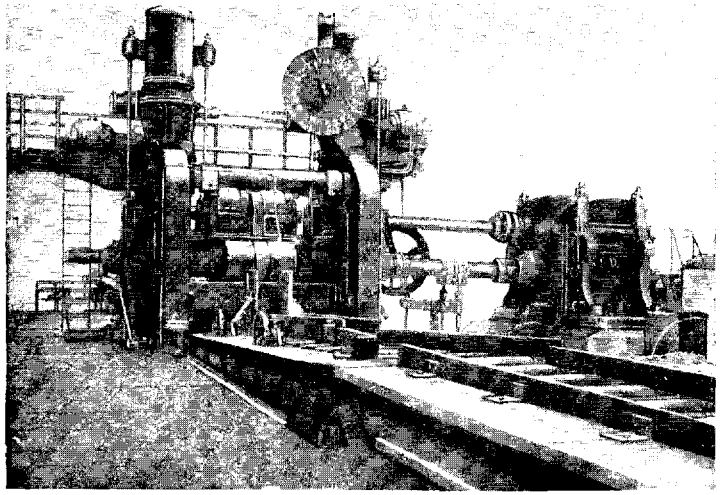
Б. По характеру продукта, прокатываемого на данном стане, прокатные станы подразделяют на следующие типы. 1) Блюминги—крупные обжимные станы для прокатки тяжелых болванок. Блюминг происходит от англ. слова «блум» (bloom) — тяжелая заготовка квадратного сечения со стороной квадрата ⩾ 200 *мм*, получаемая из крупных слитков. Блюминги бывают дуо-реверсивные с диаметром валков 850—1 350 *мм* (вкл. л., 1, 2) или трио с диам. 700—1 050 *мм*. 2) Крупносортные станы с диам. валков 600—950 *мм*, предназначенные для прокатки фасонных и сортовых профилей весом не менее 20 *кг* в *п. м*. Крупносортные станы, специально предназначенные для прокатки рельсов, называются рельсовыми, предназначенные для прокатки балок—балочными, а для рельсов и балок—рельсобалочными. Диаметр валков дуо-реверсивных рельсобалочных станов доходит до 950 *мм*, а диаметр валков балочных станов—до 850 *мм*. 3) Среднесортные станы с диам. чистовых валков 400—550 *мм*, предназначенные для прокатки фасонных и сортовых профилей не легче 12 *кг* в *п. м*. Б. ч. при таких станах имеется обжимная клеть с валками диам. 500—700 *мм*. 4) Мелкосортные станы с диам. чистовых валков 250—325 *мм*, черновых—300—375 *мм* и обжимных—450—500 *мм*, предназначенные для прокатки фасонных и сортовых профилей весом 0,2—12 *кг* в *п. м* (необходимо отметить, что во многих случаях по тем или иным причинам приходится прокатывать профили легче или тяжелее тех, к-рые указаны выше). 5) Проволочные станы с диам. чистовых валков 240—300 *мм*. 6) Листопрокатные станы, которые делятся на а) бронепрокатные станы с диам. валков 1 000—1 250 *мм* и длиной полотна 3 500—5 150 *мм*; они обыкновен-



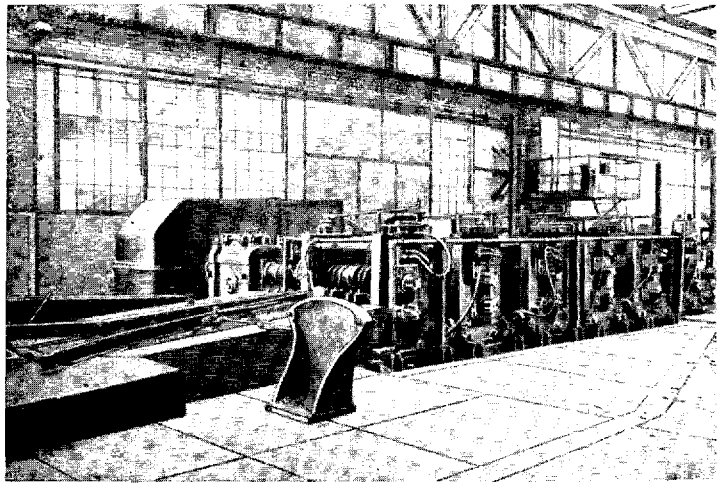
Дуо-реверсивный блюминг ⌀ 1100 мм. Вид спереди.



Дуо-реверсивный блюминг. Вид сзади.

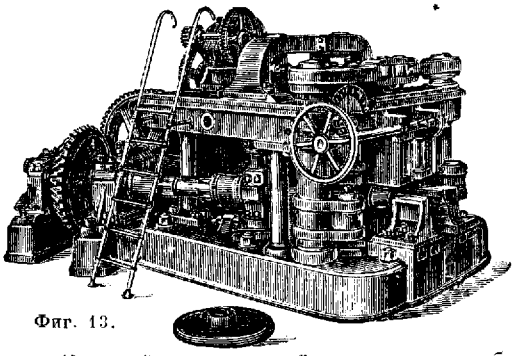


Универсальный дуо-стан.



Непрерывный стан.

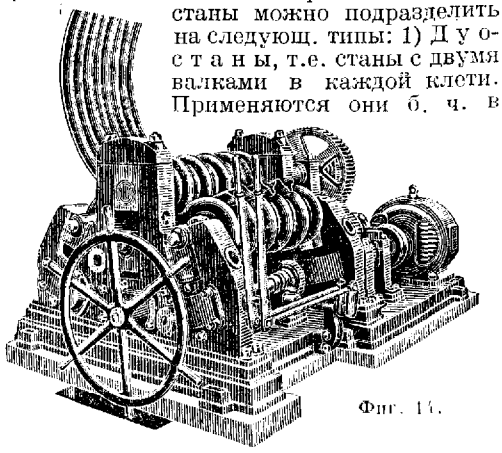
но бывают только дуо-реверсивные; б) толстолистовые станы, предназначенные для прокатки толстых листов, т. е. листов толщиной более 10 *мм*, с диам. валков 700—1 100 *мм* и длиной полотна 2 000—3 500 *мм*; обычно бывают дуо-реверсивные или трио сист. Лаута; в) среднелистовые станы, предназначенные для прокатки средних листов, т. е. листов толщиной 3—10 *мм*, с диам. валков 700—850 *мм* и длиной полотна 2 000—3 000 *мм*; почти исключительно трио сист. Лаута; г) тонколистовые станы, предназначенные для прокатки тонких листов, т. е. листов толщиной 1—3 *мм*, с диам. валков 500—700 *мм* и длиной полотна 1 000—1 500 *мм*; обыкновенно делаются дуо-нереверсивными. 7) Универсальные станы (вкл. л., *3*), станы, предназначенные для прокатки широкополосного железа, делятся на а) дуо-нереверсивные (обычно в соединении с каким-нибудь другим станом); б) дуо-реверсивные и в) трио. 8) Бандажепрокатные станы для прокатки вагонных и паровозных бандажей. 9) Трубопрокатные станы для прокатки сварных и бесшовных труб. 10) Специальные станы для прокатки дисковых колес (фиг. 13), волнистого же-



Фиг. 13.

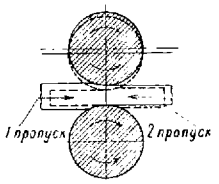
леза (фиг. 14), лопат, цепей, волнистых труб, заготовки для вил, для подков и т. д. 11) Станы для холодной прокатки.

В. По конструкции, т. е. по числу и расположению валков в рабочих клетях, станы можно подразделить на следующ. типы: 1) Дуо-станы, т. е. станы с двумя валками в каждой клети. Применяются они б. ч. в

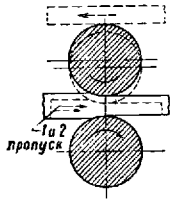


Фиг. 14.

качестве дуо-реверсивных станов, например блумингов, рельсобалочных и листовых. Схематическое расположение валков и пропусков показано на фиг. 15. Дуо-станы с постоянным направлением вращения валков применяются для прокатки тонких листов в качестве трубопрокатных непрерывных станов и станов для холодной прокатки. Для сортовой прокатки этого рода станы в наст. время выходят из употребления вследствие потери >50% времени на холостой ход. Схематич. расположение валков

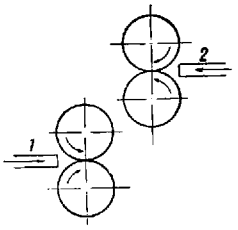


Фиг. 15.



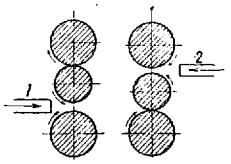
Фиг. 16.

и пропусков показано на фиг. 16. 2) Двойные дуо-станы, т. е. станы с двумя парами валков в каждой клети (фиг. 17). Обе пары расположены рядом в клети не в одной плоскости, но так, что одна пара выше другой. В системе Беккера обе пары валков расположены рядом на одном уровне, но в разных клетях. Система Беккера представляет собою наиболее ранний тип непрерывных станов, применявшийся в Германии в проволочных станах.

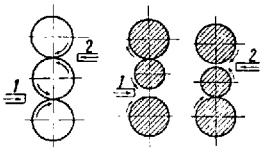


Фиг. 17.

3) Комбинированные дуо. Это название присвоено особому расположению валков в проволочных, а иногда и в мелкосортных станах, когда в клетях для трио помещаются лишь два валка, причем, если в одной клети имеются верхний и средний валки, то в соседней клети — средний и нижний валки. При подобном расположении валков прокатка производится петлями и одновременно могут работать все клети.



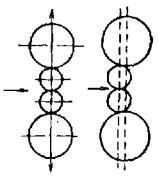
Фиг. 18.



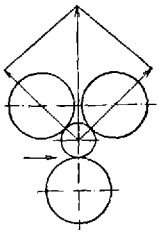
Фиг. 19.

Третий валок является напинным: вместо него употребляется либо холостой валок либо удлиненный соединительный валок, иногда квадратного сечения, проходящий сквозь всю клеть. 4) Трио-станы, т. е. станы с тремя валками в каждой клети (фиг. 18), применяются в качестве сортовых станов с ручьевыми валками, а также листовых и универсальных станов с гладкими валками. Листовые и универсальные трио-станы сист. Лаута имеют свои особенности (фиг. 19). Диам. среднего валка составляет $^2/_3$—$^3/_4$ диаметра верхнего или нижнего валка. Это соотношение имеет целью увеличить степень вытяжки и уменьшить высоту подъема как верхнего, так и среднего валка. В отличие от обычных трио-станов в стане Лаута приводными являются верхний и нижний валки. Верхний валок устанавливается после каждого пропуска, а средний перемещается вверх и вниз, получая враще-

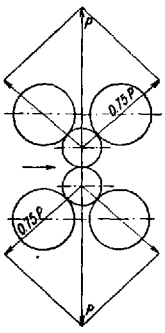
ние от трения валка о прокатываемый металл. Т. о. в трио-станах сист. Лаута передача от шестеренной клети происходит лишь на нижний и верхний валки. В трио-стане Лаута прокатка происходит попеременно между верхним и средним или между нижним и средним валками. Средний валок всегда является рабочим, но попеременно опирается на верхний или нижний валки, вследствие чего его диаметр без ущерба для его прочности выбирается менее диаметра двух других валков. 5) Кварто-станы, такие станы, в к-рых кроме двух рабочих валков имеются еще два опорных (фиг. 20). Подобная конструкция имеет целью создать жесткий рабочий валок большой длины и сравнительно малого диаметра. Соотношение диаметров рабочих и опорных валков обычно составляет в этих станах 1 : 2 или иногда 1 : 2,5. Рабочие валки изготовляют для горячей прокатки из закаленного чугуна, для холодной—из закаленной стали. Опорные же валки для горячей прокатки изготовляют из твердой высокоуглеродистой стали, а при холодной—из полутвердой углеродистой стали. Привод рабочих валков производится посредством шестерен. Опорные валки, если они снабжены роликовыми подшипниками, не требуют привода. На обыкновенных холоднопрокатных дуо-станах невозможно прокатывать широкие ленты, которые требуют большей длины валков и большего их диаметра. В виду этого до применения четырехвалковых станов бо́льшая часть железных и стальных лент, прокатываемых холодным способом, обыкновенно не превышала по ширине 150 *мм*. Более широкие ленты стало возможным получать только на станах четырех- и шестивалковых. Четырехвалковые станы кварто получили распространение лишь за последнее время с применением роликовых подшипников. Производительность станов кварто гораздо выше, чем дуо-станов. Кроме того на стане кварто лента может прокатываться значительно более тонкой, иногда без промежуточного отжига. Эти преимущества особенно сказываются при прокатке твердой стали. Так, при прокатке ленты шириною 100 *мм* (из стали с сопротивлением 80—90 *кг/мм*²) и толщиною 1,5—0,22 *мм* на обыкновенном дуо-стане требуется 11 пропусков с 5 промежуточными отжигами; на стане кварто для той же прокатки требуется всего лишь 4 пропуска без промежуточного отжига. Необходимо заметить, что благодаря большему давлению, которое м. б. получено при прокатке на стане кварто, толщина листов получается равномерной по всему сечению при большой точности сечения. Поверхность листов получается блестящей и гладкой. В стане кварто иногда считают выгодным несколько смещать рабочие валки с осевой линии со стороны подачи или же со стороны выпуска металла. Чаще всего это смещение делается приблизительно на 6 *мм* со стороны подачи металла (фиг. 21). Цель смещения рабочих валков заключается в том, чтобы они, имея нек-рую игру в подшипниках, не встали при подаче металла косо к опорному валку, а с первого же момента по всей длине придавливались бы к опорным валкам. Существует еще одна система четырехвалкового стана с опорными валками, являющаяся видоизменением трио-стана. Рабочий валок в ней вследствие очень небольшого диаметра имеет два верхних (иногда нижних) опорных валка (фиг. 22). Прокатка производится между средним (малым) и нижним (большим) валками. 6) Гнездовые станы (cluster mill), т. е. шестивалковые, представляют дальнейшее развитие четырехвалковых станов. В гнездовых станах каждый рабочий валок имеет по два опорных валка (фиг. 23) и вследствие этого настолько хорошо удерживается в правильном положении, что не нуждается в подшипниках. Давление металла на рабочий валок распределяется на два опорных валка и поэтому ему может быть дан меньший диаметр при той же производительности стана. При холодной прокатке листов шириною 900 *мм* на обыкновенном дуо-стане с диам. 750 *мм* потребовалось 40—60 пропусков, чтобы получить блестящую полированную поверхность; те же результаты на гнездовом стане получаются всего лишь при 3—4 пропусках. Гнездовый стан имеет однако следующий недостаток. Давление, приходящееся на каждый опорный валок при обыкновенном отношении диаметров рабочих и опорных валков 1 : 2 — 1 : 2,5, составляет 0,7—0,75 *P* (общего давления при прокатке). Подшипники опорных валков находятся под давлением 2,8—3 *P*, между тем как это давление в четырехвалковом, как и в дуо-стане, составляет 2*P*. Т. о. расходуемая в подшипниках работа трения в шестивалковом стане на 40—50% больше, чем в четырехвалковом стане. При обыкновенных скользящих подшипниках работа трения настолько значительна, что при этих условиях конструкция шестивалкового стана становится нерациональной. Напротив, при роликовых подшипниках потери на трение играют незначительную роль. На гнездовых станах является поэтому обязательным применение роликовых подшипников. К минусам гнездового стана необходимо отнести также относительно большую его стоимость в сравнении со станом кварто, вызываемую его сложностью и применением двойного количества роликовых подшипников. Тем не менее в тех случаях, когда необходимо применить очень большую длину валков по сравнению с диам. (напр. при $l = 1\,700$ *мм* и $d = 305$ *мм*), отдают предпочтение гнездовому стану. 7) Универсальные дуо-станы употребляются для прокатки универсального (широкополосного) мостового и судового железа. Для получения точных прямых кромок под прямым углом кроме обычных горизонтальных валков применяют в них еще вертикальные, располагаемые по одну (фиг. 24) или обе стороны горизонтальных



Фиг. 20 и 21.

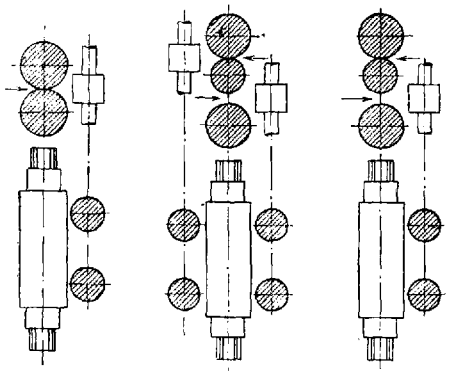


Фиг. 22.



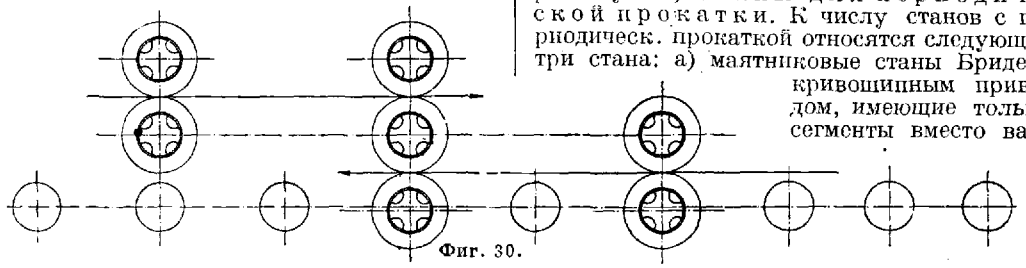
Фиг. 23.

валков. Универсальные дуо-станы делятся на станы с постоянным направлением вращения валков (одна пара вертикальных валков) и реверсивные тяжелые станы (две пары вертикальных валков). На универсальных переверсивных станах прокатывается универсальное железо средней ширины, на дуореверсивных или трио-универсальных станах—универсальное железо большой ширины до 1 200 *мм*. 8) Универсальные трио-станы, в них средний валок имеет меньший диаметр (сист. Лаута). Трио-станы с двумя парами вертикальных валков встречаются редко (фиг. 25); б. ч. они имеют одну пару таких валков, к-рые располагаются сзади нижнего пропуска (фиг. 26). Универсальные станы применялись для прокатки ряда профилей в том числе и рельсов, но широкого распространения не получили. Однако для прокатки широкополочных двутавровых балок универсальные станы системы американского инж. Грея



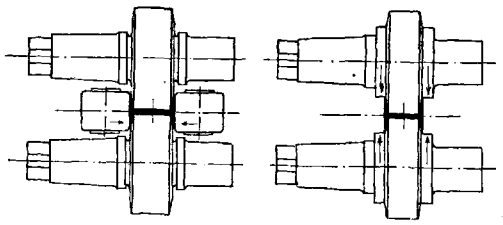
Фиг. 24. Фиг. 25. Фиг. 26.

получили распространение. В отличие от универсальных станов обычного типа в этом стане вертикальные валки расположены таким образом, что оси их лежат в одной вертикальной плоскости с осями горизонтальных валков (фиг. 27), а не так, как это имеет место в обычных универсальных станах. Универсальный стан Грея состоит из двух клетей, расположенных рядом друг за другом непрерывно, причем прокатанная на обжимном стане для двутавровой балки и вторично нагретая заготовка по-



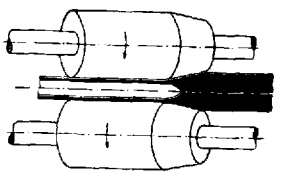
Фиг. 30.

ступает сначала в первую клеть, имеющую горизонтальные и вертикальные валки, а затем во вторую лишь с горизонтальными валками, где обравниваются края полок. Вместо обычных цапф вертикальные валки направляются особыми роликами, расположенными по сторонам шеек горизонтальных валков. 9) Дуо-станы с косорасположенными валками употребляются для прокатки труб без шва. Оси валков в подобных станах пересекаются под острым углом и имеют направление вращения вал-

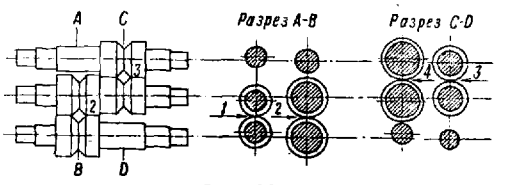


Фиг. 27.

ков в одну сторону (фиг. 28). 10) Станы со специальными клетями. Гораздо реже применяются станы с числом валков более четырех, напр. двойное трио и семивалковые станы. Двойные трио-станы имеют две рядом стоящие трио-клети с разными диаметрами валков (фиг. 29). Вследствие необходимости убрать металл, к-рый получает вытяжку в предыдущем ручье, диаметр валков последующего ручья д. б. больше, чтобы иметь бо́льшую скорость. Семивалковые станы имеют три клети. Средняя клеть, как видно из схемы (фиг. 30), трио, а две другие клети дуо, расположенные спереди и сзади клети трио. Трио-клеть должна иметь диаметр валков больший, чем у дуо-клетей, для получения большей окружной скорости валков. Оба типа прокатных станов не обладают какими-либо особыми преимуществами сравнительно со станами других, более обычных типов и вместе с тем



Фиг. 28.

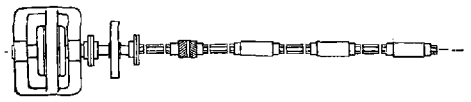


Фиг. 29.

значительно более сложны по своему устройству. 11) Станы для периодической прокатки. К числу станов с периодическ. прокаткой относятся следующие три стана: а) маятниковые станы Бриде с кривошипным приводом, имеющие только сегменты вместо валков; б) станы обычного типа с постоянным направлением вращения, но имеющие рабочий калибр лишь на части окружности валков; эта часть валка является обычно сменной; на подобных станах производится прокатка, например заготовки для вил, для подков и т. д.; в) станы пилигримовые, т. е. с попятным движением (Pilgerwalzen), употребляемые для уменьшения толщины

стенок трубы; операция прокатки на этом стане производится, как и на предыдущем стане, но не в один пропуск, а непрерывно много раз взад и вперед; при этом труба прокатывается на оправке, и вся операция получает характер постепенной расковки.

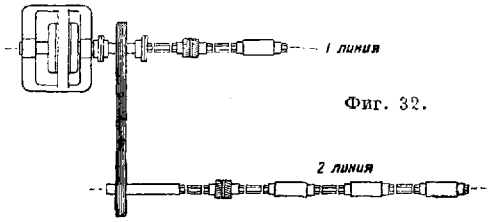
Г. По расположению клетей относительно друг друга прокатные станы разделяются на следующие системы. 1) Расположение клетей в одну линию (немецкое расположение). Все клети расположены в одну прямую линию (фиг. 31). При подобном расположении обжимная, черновая (подготовительная) и чистовая (отделочная) клети имеют одинаковое число оборотов и одинаковую скорость. Подобное расположение чрезвычайно нерационально. Если принять для стана малое число оборотов, отвечающее условиям работы обжимной клети, то производительность всего стана окажется чрезвычайно низкой. Прокатка



Фиг. 31.

на черновой и чистовой клети будет крайне затягиваться и вследствие охлаждения прокатываемой полосы потребует большего расхода энергии. Если, наоборот, допустить большое число оборотов соответственно требованиям чистовой клети, то в обжимной клети это вызвало бы далекое выбрасывание из валков короткой еще в начале прокатки болванки и замедление вследствие этого обратной подачи ее в валки. Кроме того затрудняется сама подача толстой болванки в быстро вращающиеся валки. Время на холостой ход так. обр. увеличивается и производительность стана понижается. Чтобы установить правильное расположение клетей в прокатном стане, необходимо уяснить назначение и роль каждой последовательной клети, чему очень хорошо может служить графич. метод, предложенный инж. Адамецким [1]. Назначение обжимных валков—быстро уменьшить сечение болванки, для чего употребляются валки большого диаметра, работающие с большим давлением. После энергичного обжатия раскатанную болванку необходимо передать в другую клеть (черновую) с меньшим диам. валков, но с бо́льшим числом оборотов. Необходимо помнить, что чем меньше поперечное сечение полосы, тем больше отношение поверхности полосы к ее объему, следовательно тем больше охлаждение. Поэтому следующая за обжимной черновая клеть должна обладать относительно бо́льшим числом оборотов. Черновая подготовительная клеть имеет своей задачей подготовить требуемый окончательный профиль. За черновой клетью следует отделочная, в которой прокатываемая полоса приобретает вполне точные размеры и требуемый профиль. Диаметр валков д. б. меньше, а число оборотов еще больше, чем у черновой клети. Указанное соотношение потребовало разделения прокатных станов на отдельные «линии» с разными диаметрами валков и разным числом оборотов.

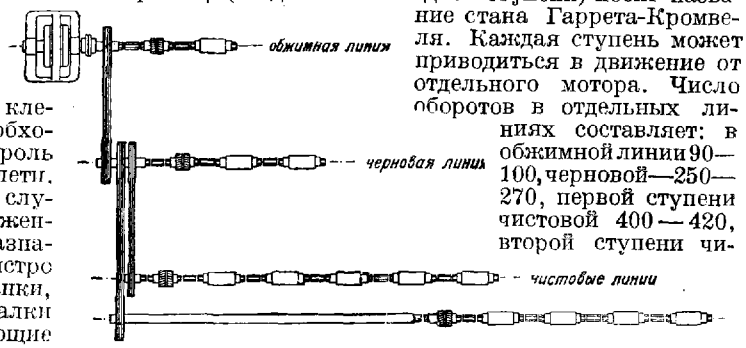
2) Бельгийское расположение отличается от немецкого выделением обжимной клети в отдельную линию (фиг. 32).



Фиг. 32.

Двигатель б. ч. общий, причем движение от одной линии к другой передается при посредстве ременной или канатной передачи. Число оборотов у каждой линии различное: если у обжимной линии их 80—90, то у черновой и чистовой может быть 200—270. Подобное расположение значительно повышает производительность стана, т. к. прокатка производится независимо на каждой линии при различных скоростях.

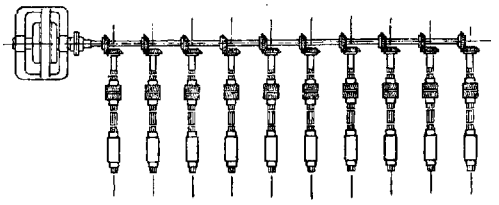
3) Ступенчатое расположение. При все более и более увеличивающейся скорости вращения валков в чистовой линии при прокатке проволоки явилась необходимость разбить чистовую линию на две, а в последнее время даже на три и четыре линии с целью более равномерного увеличения числа оборотов в каждой линии (фиг. 33). Ступенчатое расположение впервые было применено Гарретом, а потому вся установка носит название стана Гаррета. Тип стана, имеющий в чистовой линии четыре ступени (по две клети в одной ступени) носит название стана Гаррета-Кромвеля. Каждая ступень может приводиться в движение от отдельного мотора. Число оборотов в отдельных линиях составляет: в обжимной линии 90—100, черновой—250—270, первой ступени чистовой 400—420, второй ступени чистовой 550—600 об/м. Станы первых трех групп носят название периодических в отличие от непрерывных.



Фиг. 33.

4) Непрерывное расположение. Непрерывные станы состоят из ряда дуоклетей, расположенных одна позади другой на одном уровне (фиг. 34). Число клетей иногда достигает 16 и более. Каждая рабочая клеть имеет свою шестеренную клеть, приводимую в движение при помощи конической или ременной передачи от общего двигателя. Общий вид непрерывного стана показан на вкл. л., 4. Совокупности клетей непрерывных станов, отвечающие линиям периодических станов, называются группами. Непрерывные станы применяются б. ч. в качестве заготовочных, черновых и отделочных групп. Скорость валков от первой кле-

ти и до последней постепенно увеличивается с постоянным уменьшением поперечного сечения прокатываемой полосы. В виду того, что конструкция непрерывных станов была улучшена американской фирмой Моргана,

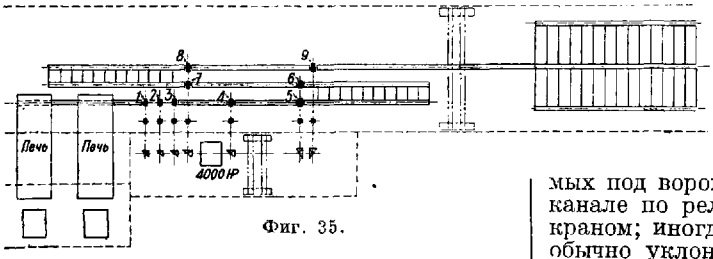


Фиг. 34.

они получили название станов Моргана в отличие от станов Гаррета.

5) Полунепрерывное расположение станов состоит из непрерывной обжимной или черновой группы, соединенной с чистовой линией обычного типа.

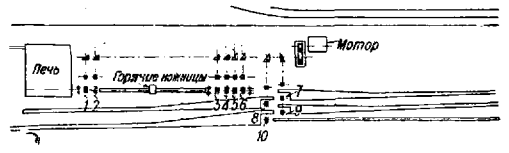
6) Зигзагообразное расположение полунепрерывных сортовых станов называется «кросс-контри». Прокатка на этих станах происходит с движением полосы по ломаной зигзагообразной линии, причем периодически полоса при обратном движении проходит параллельно прежнему движению. Вследствие того, что прокатка происходит в двух или трех параллельных группах полунепрерывного стана, вместо одной непрерывной группы получается возможность при той же производительности значительно уменьшить длину всей прокатной мастерской. Иногда в полу-



Фиг. 35.

непрерывных станах этого типа имеется наличие трио-клетей помимо обычных дуо. Передача прокатываемой полосы от одной линии к другой происходит посредством рольгангов с косо расположенными роликами или при помощи шлепперов (фиг. 35).

7) Шахматное расположение клетей получило в последнее время большое распространение и применяется как в

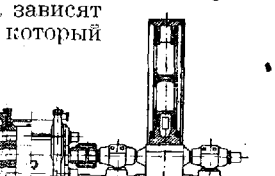


Фиг. 36.

чистовых, так и в черновых линиях. При этом расположении подача прокатываемой полосы из одной клети в другую происходит автоматически благодаря косому расположению роликов в передней части рольганга (фиг. 36).

Все рассмотренные типы станов предназначены исключительно для продольной прокатки, т. е. при вытяжке металла в направлении вращения валков. Существует еще гелликоидальная и поперечная прокатки. Гелликоидальная прокатка применяется при прокатке труб по способу Маннесмана и Штифеля, поперечная — при раскатке бандажей и колесных дисков.

Фундамент и его части. Фундамент стана. Фундамент для стана имеет особо важное значение и потому д. б. особо прочным. Клети д. б. хорошо связаны с фундаментом. Станины д. б. установлены настолько прочно, чтобы не происходило никаких смещений во время прокатки. В фундаменте устраивают два канала *е* и *б* (фиг. 37 и 38); нижний служит для доступа к анкерным болтам *а*, иногда требующим смены. Попадать в него можно через вертикальный канал *эс*, который устраивается в конце фундамента. Во избежание ржавления анкерных болтов и плит нижний канал перекрывается сводом, исключающим проникание воды из верхнего канала. Верхний открытый канал *б* служит для стока охлаждающей воды, а также скопления и удаления проваливающейся окалины. В нем же помещаются иногда противовесы или гидравлич. цилиндры, служащие для уравновешивания валков. При больших установках удаление окалины иногда производится при помощи вагонеток или транспортеров, устанавливаемых под воронкой. Вагонетки двигаются в канале по рельсам и поднимаются наружу краном; иногда в конце канала, имеющего обычно уклон 1 : 50, устраивается углубление, улавливающее окалину, откуда она периодически удаляется при помощи крана. Размеры фундамента зависят от размеров стана, который



Фиг. 37.

Фиг. 38.

обычно характеризуется диаметром валков. Расчетной глубиной фундамента считается длина анкерного болта *в*, которая, как и ширина фундамента *г*, изменяется в зависимости от диаметра валков. Как видно из

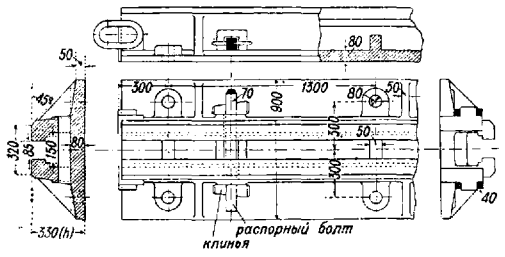
табл. 1 расчетная глубина фундамента в зависимости от типа стана изменяется в пределах от 2 до 4,2 *м*, а ширина от 2,2 до 6,2 *м*.

Табл. 1.—Размеры фундаментов для прокатных станов по Hütte (в *мм*).

Диам. валков	Ширина	Глубина	Ширина канала, *e*
220— 300	2 200—2 300	2 000—2 200	600
300— 400	2 400—2 900	2 200—2 500	600
450— 550	3 100—3 400	2 500—2 700	600
600— 800	3 600—4 400	2 800—3 200	700— 800
800—1 150	4 700—5 000	3 200—3 800	800—1 000
1 250	5 500—6 200	3 800—4 200	1 000—1 200

После монтажа прокатного стана выкладывают боковые стенки *д*, *д* до уровня пола мастерской. Расстояние от уровня пола до верхнего края нижнего валка *h* при ручной подаче прокатываемого металла делается равным 250—300 *мм*, а при механической (рольганг)—50 *мм*. При постройке не следует упускать основного правила: анкерные плиты должны располагаться на одном уровне. Для сообщения бетонному фундаменту водонепроницаемости в раствор бетона добавляется растворимое стекло. При кирпичном и бутовом фундаменте применяется в качестве изолирующего материала церезит. Церезитно-цементный раствор обычно употребляется следующего состава: цемент и песок 1 : 3 и затем церезитовая эмульсия 1 : 10 (церезит и вода).

Фундаментная рама, или плитовина, служит основанием для рабочих и шестеренных клетей, а также в качестве подставок для уравновешивания соединительных валков и для подшипника главного вала. Плитовины применяются двух типов: раздельные (фиг. 39) и сплошные



Фиг. 39.

(фиг. 40); сплошные уже устарели и применяются изредка. Плитовины по длине соединяются между собой стяжными коваными кольцами, надеваемыми в горячем состоянии. Для соединения плит стяжными кольцами они по концам отливаются с фланцами. Определение размеров раздельных плитовин можно произвести, пользуясь табл. 2, составленной на основании практич. данных,

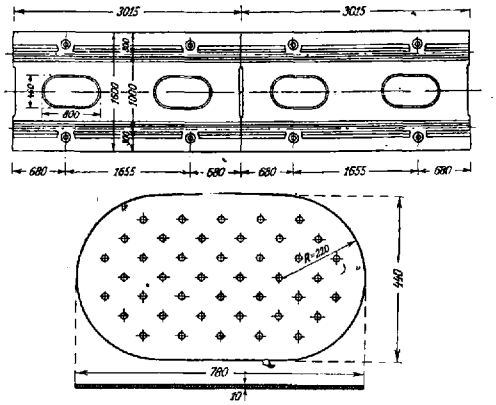
Табл. 2.—Размеры раздельных плитовин.

Диам. валков, *мм*	450—550	550—700	700—850	850— 1 000	1 000— 1 200
Высота рамы, *мм* . .	300	350	400	450	500
Ширина рамы, *мм* . .	800	900	1 000	1 100	1 200
Диам. анк. болтов, *мм*	65	70	76	89	102

выражающих зависимость размера фундаментных рам от диаметра валков.

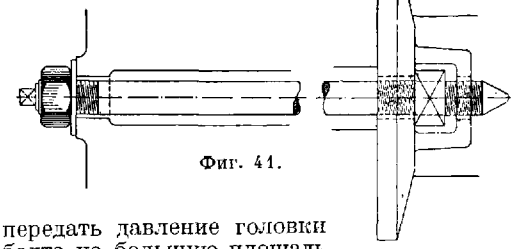
Размеры цельных сплошных плитовин колеблются в следующих пределах: высота 150—250 *мм*, ширина 1 200—2 000 *мм*, диам. анкерных болтов 50—76 *мм*.

Фундаментные (анкерные) болты и плиты. Для скрепления плитовин с фундаментом применяют фундаментные болты и плиты. Разновидность болтов—см. *Анкерные болты*. В болтах различают две группы: короткие (глухие) и длинные. Короткие (глухие) применяют для механизмов, работающих без сотрясений и устанавливаемых поэтому на небольшом фундаменте.



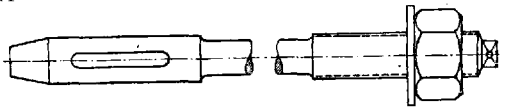
Фиг. 40.

Их закладывают при сборке в заготовленные в кладке углубления и затем заливают цементом. Длинные фундаментные болты обычно употребляют при механизмах, работающих с сотрясением, т. е. с ударами и толчками, для ослабления к-рых дают фундаменту бо́льшие размеры и вес. В целях усиления связи плитовины с фундаментом болты д. б. пропущены глубоко в кладку фундамента, что и обусловливает их длину. Для того, чтобы



Фиг. 41.

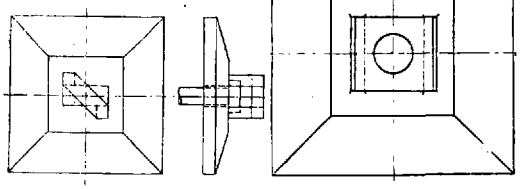
передать давление головки болта на большую площадь кладки, применяют фундаментные (анкерные) плиты. Болты для фундаментов прокатных станов употребляются трех типов: с прямоугольной тавровой головкой, с гайкой на нижнем конце (фиг. 41), с чекой (фиг. 42). Каждому типу анкерных болтов



Фиг. 42.

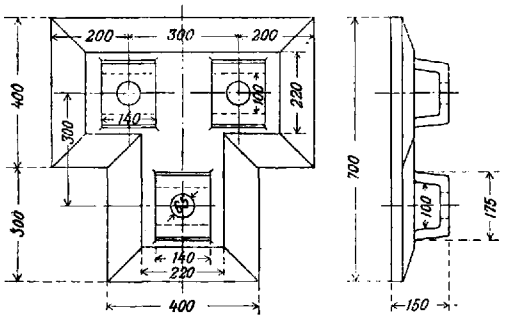
соответствуют типы анкерных плит. Для болтов с головкой применяется плита, показанная на фиг. 43, у к-рой внизу имеется перекладина, соединяющая обе сережки и предохраняющая болт от проскакивания. Се-

режки служат упорами при завинчивании верхней гайки. Для болтов с гайкой применяется плита, показанная на фиг. 44. Нижняя перекладина имеет отверстие для нижнего конца болта. Если болты располагаются слишком близ-



Фиг. 43. Фиг. 44.

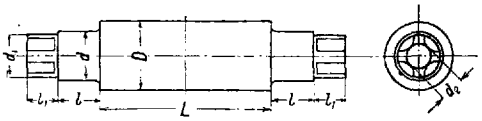
ко друг к другу, то в таких условиях применяется одна общая анкерная плита для



Фиг. 45.

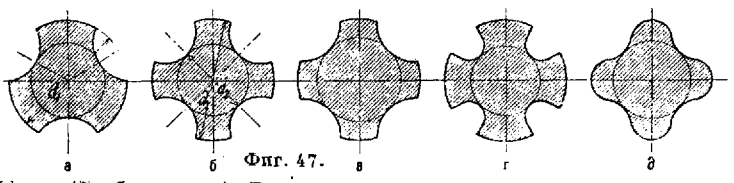
двух-трех болтов (фиг. 45). Анкерные болты поверх фундаментной плиты затягиваются гайкой и контргайкой.

Детали прокатных станов. Прокатный валок. В прокатных валках различают три части: 1) среднюю, или рабочую, часть валка (фиг. 46) с диам. D (иначе называемую



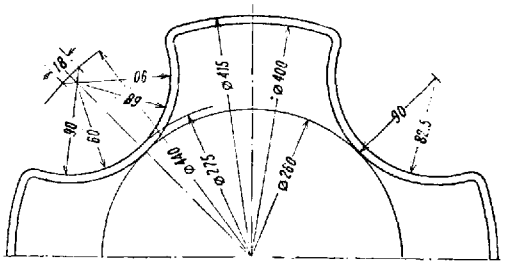
Фиг. 46.

«тело» валка или «бочка» валка), 2) шейку валка с диам. d, 3) треф с диам. d_1. Первоначальная форма трефа напоминала трилистник (trefle), откуда и происходит название. Данная форма имеет то преимущество, что давление от муфты передается всегда в трех точках, между тем как в трефах квадратной формы давление сосредоточивается лишь в двух противоположных точках. Квадратная форма трефа, быстро изнашивающаяся, заменяется теперь трефом с четырьмя, пятью и даже шестью выступами



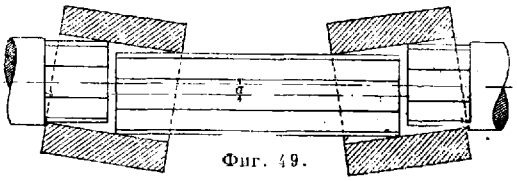
Фиг. 47.

(фиг. 47, б, в, г, д). Внутреннее очертание муфты, соединяющей прокатный валок с соединительным валком, должно соответствовать очертанию трефа с некоторым зазором (фиг. 48), величина к-рого в зависимости от величины валков д. б. 5—10 *мм*. Но эта величина теоретическая: практически она всегда больше. К сожалению этот зазор создает много хлопот, осложнений и неприятностей. Когда в муфтах получается большой зазор, то соединительный валок опускается на некоторую величину a (фиг. 49), тем бо́льшую, чем больше этот зазор. Муфты вследствие этого перекашиваются и при вращении начинают бить и хлябать, а углы трефа срабатываются и ломаются. Тогда при-



Фиг. 48.

ходится заменять не только соединительный, но и прокатный валок, несмотря на годность самого валка. Кроме того хлябающая муфта своим обращенным к клети ре-



Фиг. 49.

бром истирает подушку и также может привести ее в негодность.

Размеры шеек у валков находятся в зависимости от величины действующих

Табл. 3.—Размеры шейки и трефа прокатных валков (по Hütte).

Тип прокатных станов	Шейка		Треф*
	диам. d	длина l	диам. d_1
Котельный (толстолистовой)	0,66D	0,8d	0,94—0,95d
Кровельный (тонколистовой)	0,72D	0,8d	0,94—0,95d
Проволочный и мелкосортный	0,53—0,55D	d+20	0,92—0,93d
Валки с различными ручьями	0,54—0,58D	0,9d+20	0,91—0,96d

* Длина трефа l_1 для всех указанных типов станов равна 0,5 d+40 *мм*.

усилий и числа оборотов. Медленно вращающиеся валки (листовые, кровельные и т. д.) имеют шейки более толстые и более короткие, чем валки, вращающиеся быстро. На американских мелкосортных и проволочных станах длину шейки часто делают равной двойному диам. шейки. Диам. шейки и ее длина имеют большое значение для прочности валка. Практика выработала следующие размеры для шеек и трефов в зависимости от типа стана и диам. D валка (табл. 3).

Радиус r заточки «галтель», т. е. переход от шейки к телу валка, делается равным $^1/_{10}\,d$. Диаметр трефа d_1 берется равным 0,92—0,96 d для того, чтобы муфта, к-рая насаживается на треф, не срабатывала шейки и подушки. Длина трефа l_1 берется равной $0{,}5\,d+40$ *мм*. Для вычерчивания трефа необходимы еще следующие данные: а) внутренний диам. трефа d_2, к-рый делается равным 0,66 диам. шейки d, б) радиус выемки ϱ, принимаемый равным 0,3 диаметра шейки $d+10$ *мм*. Метод расчета диам. валка предложен проф. А. П. Гавриленко [2]. В табл. 4 приведены (по Пуппе) пределы диаметров валков и их длины, применяемые в различных типах прокатных станов.

Табл. 4.—Диаметры и длина валков у различных прокатных станов (в *мм*).

Прокатные станы	Диаметр валков	Длина валков
Блюминги и обжимные		
Дуо-реверсивные	600—1 350	2 500—3 200
Трио	600—1 160	1 800—2 600
Для прокатки тяжелых профилей и заготовки		
Дуо-реверсивные	600— 950	1 800—2 500
Трио	600— 850	2 000—2 500
Универсальные		
Дуо-реверсивные	600— 900	до 2 050
Трио Лаута: верхн. и нижн. валок	700— 750	1 400—1 500
средний валок	560— 620	
Среднесортные		
Расположенные в одну линию (трио)	450— 470	1 200—1 400
Расположен. ступенями: черновая клеть (трио)	550— 650	~1 800
чистовые клети (трио)	400— 500	~1 100
Полунепрерывные: непрерывная подготовительная линия	~450	1 080—1 140
чистовая линия	~450	1 200— 800
Непрерывные	254— 356	—
Мелкосортные		
Расположенные ступенями: черновая клеть (в большинстве трио)	450— 550	800—1 800
чистовые клети (двойное дуо или трио)	220— 350	600—1 000
Полунепрерывные: непрерывная подготовительная линия	360— 450	800—1 000
чистовые клети (в одну или неск. линий)	320— 350	330— 800
Непрерывные	~230	—
Для прокатки обручного железа и стрипсов		
Полунепрерыв. и расположенные в одну линию (европейск. станы) для полос шириной: до 45 *мм*	220— 250	450— 550
45÷100 *мм*	280— 320	500— 600
100÷220 *мм*	350— 400	600— 700
220÷500 *мм*	450— 500	700— 800
Непрерывные (америк.) для полос шириной: до 85 *мм*	370— 250	—
152÷610 *мм*	~500	—
Проволочные		
Полунепрерывные: непрерыв. черн. линия	325— 420	800— 900
ступенчатая чистовая линия	240— 305	800— 900
Непрерывные: черновая линия	300— 425	700—1 000
подготовительная линия	250— 350	700— 850
чистовая линия	250— 400	700— 800

(Продолжение табл. 4).

Прокатные станы	Диаметр валков	Длина валков
Листовые		
Толстолистовые и бронепрокатные: дуо-реверсивные	950—1 250	3 000—4 500
трио-Лаута: верхний и нижний валок	800—1 100	2 000—3 500
средний валок	500— 875	
Средне истовые: трио-Лаута: верхний и нижний валок	650— 780	1 800—2 300
средний валок	475— 550	
Тонколистовые: дуо-клети, рядом стоящие	560— 820	730—2 000
Непрерывные тонколистовые американского типа	760	1 473
Для прокатки труб		
Косые валки Маннесманна	350—1 300*1	250—1 000
Конические валки Штифеля	до 1 000	350
Грибовидн. валки Штифеля	до 900	100*2
Валки для пилигриммового стана	200—1 250	200— 850
Шведский дуо-стан	400— 750	до 2 000
Валки для непрерывной прокатки	до 450	» 500
Гиперболоидные валки для правильн. станов	300—1 200*3	» 4 000
Редуцирующие валки	300— 400	» 250
Калибровочные валки	до 900	» 600
Правильные валки	» 800	» 600
Валки для снятия трубы с пробки	» 600	» 500
Правильные валки для правки круглых тел	» 650	» 300
Для прокатки кольцеобразных и дискообразных тел		
Валки для прокатки малых бандажей для городских ж. д.	350— 400	Ширина профиля 75—125
Валки для прокатки нормальных бандажей паровозов и вагонов	600	140
Валки для прокатки больших бандажей	750	до 500
Валки для прокатки колесных дисков	375	210

*1 Для медных труб диам. от 200 *мм*. *2 Толщина. *3 На конце валка.

Длина тела валка, называемая просто длиной валка, зависит от ширины прокатываемых листов и делается на $^1/_{10}$ больше ширины листа. В среднем для котельных листов длина валка составляет 2 200—2 500 *мм* и редко 3 200—3 500 *мм*. Иногда длина валков для листовых станов доходит до 4 000—5 000 *мм*. Для прокатки кровельного железа валки имеют длину ок. 900 *мм*. Длина рабочего полотна у обжимных валков зависит от калибровки и колеблется в общем от 2 000 *мм* для легких болванок до 2 900 *мм* для тяжелых. В ручьевых валках (при прокатке балок) длина валка в 2,4—2,7 раза больше его диаметра. В валках с неглубокими ручьями длина валка больше диаметра в 2,9—3,2 раза, напр. у валков с диаметром 800 *мм* для прокатки балок длина валка будет от $2{,}4\cdot 800 = 1\,920$ *мм* до $2{,}7\cdot 800 = 2\,160$ *мм*. Самые малые валки мелко-

сортного и проволочного стана имеют длину 900—750—650 *мм*. Вес валков, обычно колеблющийся в пределах 0,25—0,33 *т* у проволочных валков, доходит до 26,5 *т* для блумингов и до 40 *т* для броневых валков. Для свободной усадки после отливки или же для работы с охлаждением валки отливаются иногда пустотелыми. Диам. внутренней полой части принимают равным $\frac{D}{5}-\frac{D}{4}$.

Материал валков. Валки отливаются из чугуна и стали. Чугунные валки бывают мягкие, полутвердые (полузакаленные) и твердые (закаленные); стальные—литые и кованые. Мягкие чугунные валки отливаются с ручьями в составленной из двух половин опоке в глине. Употребляют их в качестве черновых (подготовительных) для крупного сортового и фасонного, а также для полосового железа. Полутвердые (полузакаленные) отливаются в *кокили* (см.) с обмазкой глиной. Шейки отливают в отдельной опоке. Полутвердые валки употребляют в качестве ручьевых для среднесортных станов и для черновых линий мелкосортных и проволочных станов. Твердые (закаленные) валки отливают в точеные железные изложницы (кокили) для получения твердого закаленного слоя толщиной 25—55 *мм*. Однако слишком большая толщина слоя закалки ведет к увеличению хрупкости валка. Продолжительность службы закаленных валков зависит, с одной стороны, от толщины закалки, т. к. чем толще слой, тем дольше его можно перетачивать по мере износа его поверхности, с другой,—от сопротивления валка излому. Оба эти условия взаимно исключают друг друга. Так. обр. только при исключительно тщательной отливке и не менее осторожной прокатке можно пользоваться валками с большой толщиной слоя закалки. Валки из закаленного чугуна употребляют для П. тонких сортов, напр. проволоки, обручного железа, тонких стальных листов, кровельного железа, жести и пр. Валки закаленного чугуна бывают ручьевые и гладкие. Гладкие валки применяют иногда в последней клети сортовых станов в качестве полировочных валков (гладилок). Ручьевые валки закаленного чугуна применяют на чистовых линиях мелкосортных и проволочных станов. Валки из литой стали употребляют для блумингов и для П. тяжелого профильного железа. В виду того, что ширина бурта на стальных валках м. б. меньше, тело валка используется лучше, так как на нем может поместиться большее количество ручьев. Кроме того стальные валки допускают в один пропуск бо́льшую величину обжатия. Срок их службы значительно больше, чем у чугунных валков. Недостаток же их состоит в том, что они изнашиваются быстрее чугунных и требуют более частой переточки. Для уменьшения износа валки начали изготовлять легированными, прибавляя никель, хром и молибден. При соответствующей термической обработке прочность подобных валков достигает 110 *кг/мм*^{2} при 10—15% удлинения. Валки из кованой стали употребляют лишь в редких случаях, когда глубина ручья слишком велика и обыкновенный металл не дает необходимой прочности.

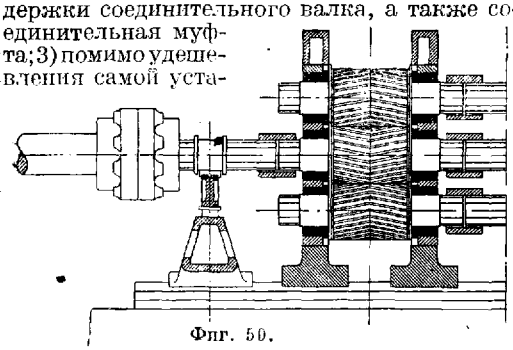
Переточка валков. Во время работы валки изнашиваются, но не равномерно и потому периодически поступают на токарный станок в переточку. При переточке снимается слой 2—5 *мм* в зависимости от диаметра и назначения валка (листовой и сортовой). Валки для тонколистовых станов перетачивают иногда на шлифовальных станках с наждачными кругами. При повторяющихся периодически переточках снимается значительный слой металла, и валки с закаленной поверхностью, теряя слой закалки, приходят в негодность. У валков с незакаленной поверхностью может быть снят большой слой, но до определенного предела, ниже к-рого диам. валка уменьшать нельзя. Практика выработала следующие величины уменьшения диаметра валков при переточках (табл. 5).

Табл. 5.—Допускаемое уменьшение диаметра валка при переточках (по Hütte).

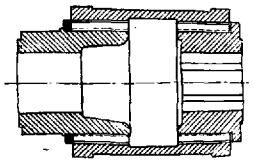
Система стана	Диам. валка в *мм*	Допускаемое уменьшение диам. валка	
		в *мм*	в % диам.
Блуминг	1 100	165	15
Крупносортный	900—950	135—180	15—20
»	650—800	90—135	12—18
Среднесортный	500—550	50—75	10—15
»	350—360	35—50	10—15
Мелкосортный и провол. . .	260	26—30	10—12
Листовой реверсивный	1 100	100—110	9—10
Листовой Лаута	800/560/800	40 80	Закал. 5 Незакал. 10
Тонколистовой	650	30—45	4 5—7

Главная соединительная муфта. Передача движения от вала двигателя к прокатному стану совершается при помощи главной соединительной муфты, которая допускает возможность разобщать стан от двигателя. Главная муфта передает всю работу двигателя и воспринимает все удары и толчки стана. Правильно сконструированная муфта должна отвечать следующим требованиям: 1) передавать работу полностью, без потерь, а также обладать достаточным сопротивлением скручивающим и изгибающим моментам, срезывающим и действующим вдоль вала усилиям; 2) при возможно меньшем весе быть хорошо центрированной во избежание вредного действия центробежной силы; 3) легко разобщаться и не иметь выступающих частей; 4) быть достаточно эластичной при соединении с электромоторами. В старых установках вал двигателя или вал привода соединяется с шестеренным валком при посредстве главной муфты соединительного валка и вспомогательной муфты (фиг. 50). В современных же установках это соединение производится без посредства соединительного валка. Вал двигателя или привода с шестеренным валком соединяется непосредственно при помощи главной муфты. Идея эта возникла у Ортмана, который предложил для выполнения ее особую конструкцию главной муфты. Преимущества муфты Ортмана, получившей широкое распространение, состоят в следующем: 1) расстояние между концом главного вала и трефом шестерни значительно сокращается, что уменьшает длину стана и его фундамента;

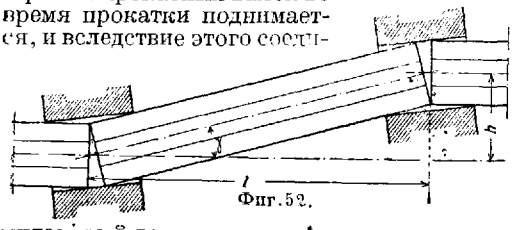
2) становятся излишними соединительный валок между главным валом и шестеренной клетью, подставка с подшипником для поддержки соединительного валка, а также соединительная муфта; 3) помимо удешевления самой установки уменьшается количество трущихся частей, т. е. износ установки.


Фиг. 50.

Муфта Ортмана (фиг. 51) состоит из двух половин и общей части. Одна половина, имеющая 6 или даже 8 зубцов (выступов), насаживается на вал двигателя, другая (также с зубцами) насаживается на треф шестеренного валка и наконец третья часть со впадинами свободно надевается, соединяя обе половины и удерживаясь от сползания кольцом, скрепляемым при помощи болта. При освобождении кольца и передвижении верхней части влево (на вал) муфта разобщается. Другие типы главных муфт—см. *Муфты*.

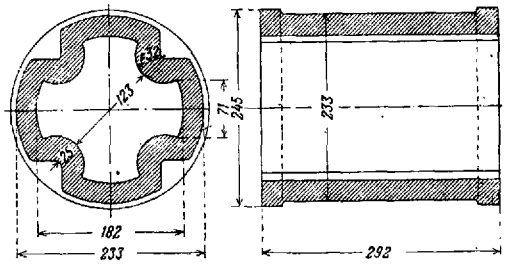

Фиг. 51.

Соединительные валки (обычно чугунные или стальные) имеют такое же сечение, как и треф у прокатных валков. Иногда для облегчения веса их делают пустотелыми. В случае большого веса их подпирают и тогда они имеют шейку. Длину соединительных валков стараются делать возможно меньшей, чтобы, с одной стороны, уменьшить вес движущихся частей стана, а с другой стороны — уменьшить длину всей линии стана, а следовательно и длину фундамента. Наименьшая длина соединительного валка обусловливается необходимостью поместить на нем две муфты, посредством к-рых соединяются трефы валков двух соседних клетей. Т. о. наименьшая возможная длина соединительных валков должна быть равной 4 длинам трефа, т. к. длина каждой муфты равна двойной длине трефа. Для целей сборки и разборки между трефом валка и соединительным валком оставляют зазор в 5—10 *мм*. В станах дуо-реверсивных и трио сист. Лаута верхний прокатный валок во время прокатки поднимается, и вследствие этого соединительный валок получает косое положение, как это видно на фиг. 52. Если не учитывать этой особенности на практике, получается быстрый износ, а иногда и поломка трефов прокатных валков, что может повлечь за собой остановку стана. Для предупреждения этих явлений концы соединительных валков делают шарообразно закругленными или шарнирными и сами валки делают в этом случае значительно длиннее обыкновенных. Так, если подъем валка h большой (600—900 *мм*), то длина соединительных валков l в 7—8 раз больше величины подъема верхнего валка, если же подъем мал (200—350 *мм*), то длина их больше подъема в 10—12 раз. Для правильного действия наибольший уклон соединительного валка γ не должен превосходить 12°. Обычно $\gamma = 3 \div 6°$. Делать $\gamma > 7°$ не следует. В таком случае имеем: при γ, равном 3, 7 и 12°, $\operatorname{ctg}\gamma \left(= \frac{h}{l}\right)$ соответственно равен 20, 8 и 5.



Фиг. 52.

Соединительные валки и вспомогательные муфты. Движение от шестеренной клети к валкам и от валков одной клети к валкам другой передается при помощи соединительных валков и соединительных (промежуточных) муфт. Размеры соединительных муфт на основании практики определяют след. образом. Длину соединительной муфты берут равной двойной длине трефа +15÷30 *мм*. Толщина стенок муфты



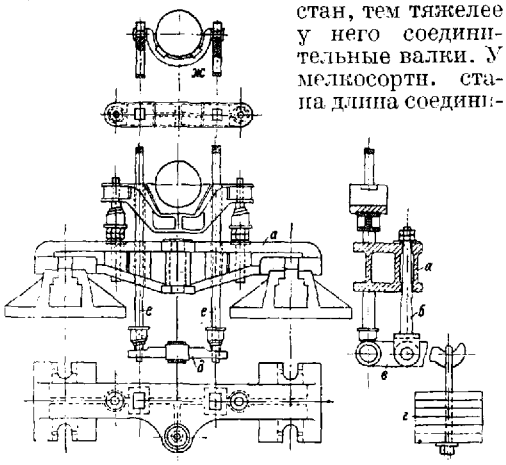
Фиг. 54.

делается различной в зависимости от системы стана и материала муфты: а) в мелкосортных и среднесортных станах она равна $^1/_4\ d_1$ трефа, б) в крупносортных станах— $^1/_3\ d_1$ трефа +15 *мм*, в) в листовых и универсальных станах— $^1/_5\ d_1$ трефа. Муфты играют роль предохранительных частей на случай перегрузки стана. Толщину муфт поэтому подбирают с таким расчетом, чтобы во время перегрузки стана она ломалась раньше (как дешевая и легко заменяемая часть), чем ответственные части стана. Для облегчения веса ее делают иногда фигурной (фиг. 53). Для соединения шестеренных валков с соединительными валками иногда употребляют переходные редукционные муфты (фиг. 54). Их отливают из чугуна или стали или же изготовляют из кованой стали. Иногда в качестве соединительных валков применяется

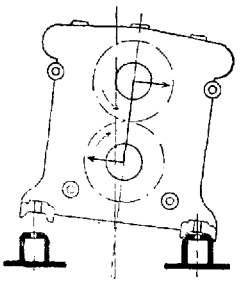
Фиг. 53.

квадратная заготовка, к-рая после износа краев поступает в прокатку. Вполне точное соединение осей валков различных клетей не всегда возможно, особенно когда средний или верхний валок испытывает вертикальное перемещение. Для устранения поломок соединения муфтами должны обладать известной гибкостью, что достигается зазором в 5—10 *мм* между муфтами и соединительными валками. Наиболее совершенным соединением являются гибкие сопряжения, обеспечивающие спокойное действие. При зазорах же неизбежен стук и хлябание муфт, что проявляется особенно сильно при холостом ходе. Гибкие сопряжения осуществляются в виде шарнирных (универсальных) муфт, широко применяемых в США и частью в Европе. Шарнирные муфты применяют в виде главных муфт, а также при соединительных валках. При шарнирных муфтах соединительные и прокатные валки имеют вместо трефов вилкообразные концы.

Уравновешивание соединительных валков. Чем крупнее стан, тем тяжелее у него соединительные валки. У мелкосортн. стана длина соединительного валка около 500 *мм*, вес этого комплекта составляет всего ок. 32 *кг*. В крупносортных станах длина составляет $1^1/_2$—2 *м*, а иногда, при подъемном верхнем валке, достигает 5—6 *м*. Соединительные валки тяжелых станов обыкновенно уравновешиваются посредством пружин, противовесов или гидравлич. устройств, воспринимающих удары и сотрясения. При смене прокатных валков соединительн. валки с надвинутыми муфтами остаются на уравновешивающих подставках, между тем как без этих подставок соединительные валки необходимо было бы удалять. На фиг. 55 показано уравновешивание верхнего валка посредством противовеса. В подставке *а*, служащей для уравновешивания нижнего валка, укреплен болт *б*, поддерживающий двуплечный рычаг *в*. На одном плече рычага подвешен груз *г*, на другом расположена

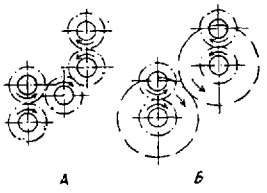


Фиг. 55.

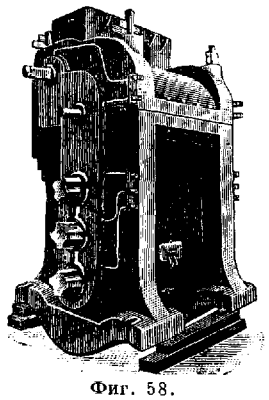

Фиг. 56.

поперечина *д*, в к-рую упираются два стержня *е*, поддерживающие в свою очередь хомут *ж*. Хомут обычно делают из литой стали и заливают белым металлом.

Шестеренная клеть. Чтобы уяснить себе роль и значение каждой части шестеренной клети, необходимо предварительно ознакомиться с действующими в ней усилиями. Сила двигателя в шестеренной клети производит давление на зубцы шестерен. Давление же это через подушки передается станинам и производит опрокидывающее действие. Вращение главного вала, передаваемое шестерням, стремится опрокинуть станину около одной из ее лап: момент кручения переходит в опрокидывающий момент (фиг. 56). В рабочей клети опрокидывающего усилия нет, так как вертикальные усилия уничтожаются внутри самой клети. Шестеренные станины должны поэтому укрепляться на фундаментных плитах особо прочно, и основания их делают более широкими, чем у рабочих станин. В двойном дуо движение к прокатным валкам от двигателя передается двумя способами: либо шестью шестернями (фиг. 57, Б) в двух шестеренных клетях, из которых первая клеть имеет 2 больших шестерни, а вторая—четыре малых, либо пятью шестернями, располагаемыми в одной клети (фиг. 57, А). Шестеренная клеть универсального стана содержит в себе пять шестерен (фиг. 58). Необходимо еще отметить, что в станах для прокатки тонких листов (кровельное железо и жесть) шестеренные клети отсутствуют; верхний валок вращается вхолостую трением о нижн. валок.

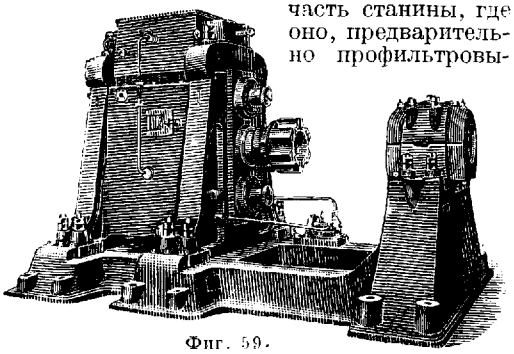


Фиг. 57.


Фиг. 58.

Станины шестеренной клети д. б. достаточно устойчивы. Конструкция шестеренной клети должна допускать удобную смазку шестерен и их шеек, а сами шестерни должны давать постоянное зацепление. При отсутствии этих условий неизбежны быстрое изнашивание шестерен, частые поломки их и большая потеря энергии на вредные сопротивления. В современных шестеренных станинах закрытого типа обращено внимание на подушки и смазку; показанная на фиг. 59 шестеренная станина имеет шестерни с диам. 450 *мм*; на правой стороне фигуры—на подставке подшипник для главного вала. Такие шестерни в настоящее время применяют с хорошо обработанными зубьями и достаточно длинными шейками. Подушки делают достаточной длины с цельными вкладышами, заливаемыми белым металлом, и устанавливают в станинах вполне точно без зазоров. Наливаемое в верхнюю часть станины масло по отдельным каналам

стекает к каждой шейке шестерни. Излишек масла собирается в нижней части станины, имеющей форму корыта. Помимо этого масло вбрызгивается внутрь клети в местах зацепления шестерен с передней и задней стороны клети. Все собирающееся в нижней части станины масло перекачивается специальным масляным насосом в верхнюю часть станины, где оно, предварительно профильтровы-



Фиг. 59.

ваясь через сетку и через сукно, попадает в масляный резервуар и оттуда опять растекается по всем каналам. Так. обр. происходит постоянная, непрерывная, вполне автоматическая циркуляция смазки. Иногда станины делают пустотелыми и в них циркулирует вода для охлаждения. Шестеренные клети закрытой конструкции сыграли громадную роль в деле улучшения конструкции прокатных станов. Расход энергии на трение значительно понизился, работа шестерен стала спокойной и бесшумной. Эксплоатационные расходы значительно сократились, т. к. износ зубьев стал ничтожным и поломка их, вызывающая простои, совершенно прекратилась.

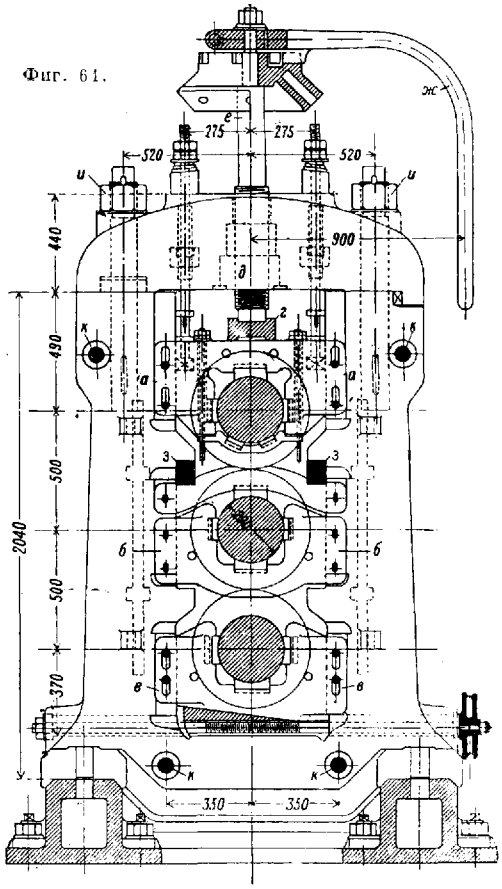
Ш е с т е р н и. Шестерни изготовляются фрезеровкой почти исключительно из литой или кованой стали. Крупные шестерни с большими диаметрами большей частью состоят из отлитого зубчатого венца, насаженного в горячем состоянии на вал из кованой стали. Зубцы шестерен делают прямыми, чаще же угловыми, иначе называемыми стрельчатыми или шевронными. Двушевронные шестерни (фиг. 60 создают наибольшую плавность зацепления. Шестерни с прямыми зубьями иногда конструируют т. о., что зубцы одной половины сдвинуты на полшага по отношению к зубцам другой. Т. о. получаются ступенчатые шестерни, имеющие более плавный ход и обеспечивающие более плотное зацепление. Шестерни со ступенчатыми фрезерованными зубцами начинают вытеснять обычные шестерни с угловыми зубцами. Зубья шевронных шестерен, изготовляемых из кованой стали, иногда подвергают закалке. Америк. заводы предпочитают вообще шестерни с прямыми зубьями, особенно для реверсивных станов, имея в виду правильность работы шевронных шестерен только при работе в одну сторону. Шевронные шестерни имеют однако следующие преимущества по сравнению с шестернями с прямыми зубцами: 1) более продолжительное соприкосновение между зубьями, 2) отсутствие зазора или мертвого хода между зубьями, 3) уменьшение плеча изгиба зубьев и уменьшение их износа. Кпд шестеренной передачи при правильной установке зависит также от состояния поверхности работающих профилей зубьев. Потери на трение в шестеренных клетях трио больше, чем в дуо; при малых нагрузках трение больше, чем при средних; трение увеличивается с увеличением числа оборотов и уменьшается с гладкостью зуба. При горизонтальном расположении соединительных валков (уклон $> 2°$) потери на трение меньше, чем при косом их расположении (уклон 6°). Пределы бесшумных скоростей принимают для стали 12 *м/сек*, что не является однако препятствием для применения стальных шестерен для непрерывных станов, работающих иногда со скоростью 17 *м/сек*.



Фиг. 60.

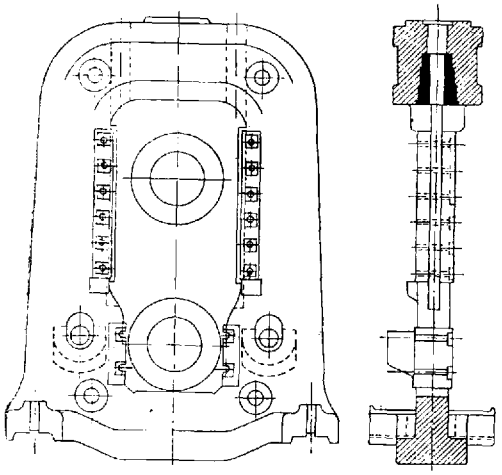
Р а б о ч а я к л е т ь представляет собою рабочий орган всякого прокатного стана, а потому она является наиболее ответственной и наиболее ценной частью стана. Каждая клеть состоит из двух станин. Станинам для валков дают возможно простую форму. Нижняя часть станины имеет вид двух лап. Этими лапами она становится на плитовины и укрепляется на них короткими болтами. У каждой станины (фиг. 61) необходимой принадлежностью являются по-

Фиг. 61.



душки с вкладышами: верхняя—*а*, средняя—*б* и нижняя—*в*, затем предохранительный стакан *г*, гайка *д* с нажимным винтом *е*, ключ для поворачивания нажимного винта *ж*, установочные болты для подушек и наконец клинья *з* для регулирования верхней части средней подушки. Подушки обычно состоят из нескольких частей и в зависимости от характера и назначения стана бывают разнообразной конструкции. В случае открытой станины крышка прикрепляется двумя болтами *и*. Для соединения двух станин в одну клеть служат стяжные болты *к*. Станины укрепляются на фундаментной плите посредством 4 установочных болтов с контргайками, в реверсивных же станах посредством 8 установочных болтов.

Все станины можно разделить на две группы: закрытые станины и открытые станины; первые отливаются цельными (фиг. 62),

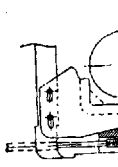


Фиг. 62.

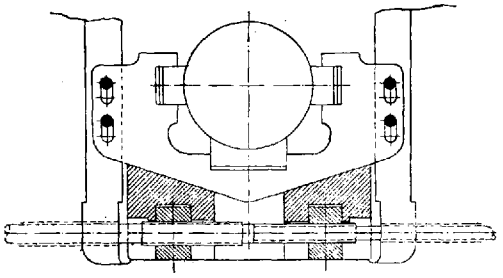
а вторые имеют отдельную крышку, которая крепится на обеих стойках станины. Размеры станин зависят от диаметра валков и высоты их подъема. По назначению рабочие станины можно разделить на блюминговые, крупносортные, средне- и мелкосортные, кровельные, двойные-дуо, универсальные и специального назначения. При закрытых станинах (фиг. 62) валки во время смены вынимаются и закладываются через пролет станины. Иногда бывает возможным вынимать валки вверх, наклонив их предварительно до выхода шейки из одной станины. Вследствие этого закрытые станины применяются лишь в тех случаях, когда смена валков бывает нечастая, например в обжимных, листовых и универсальных станах. При частой смене валков, например в сортовых станах, употребляют станины со съемной крышкой; валки в таком случае вынимаются кверху. Нек-рым улучшением типа открытых станин является конструкция, в которой крышка не снимается, а лишь поворачивается вокруг болта, которым она скреплена с нижней частью станины. В последнее время начали применять станины, у к-рых болты, укрепляющие крышку станины, не вынимают, а лишь откидывают в сторону. В Америке при открытых станинах применяют общую крышку на обе станины. Преимущество этой конструкции состоит в том, что соединение станины получается более жестким и становится более удобной установка передач к нажимным винтам, а также верхнее уравновешивание валков, если таковое предпочитается нижнему. Кроме того при общей крышке на станинах можно производить смену целиком всей клети, как это делают в Зап. Европе и в США при среднесортных и даже крупносортных станах, что отнимает значительно меньше времени, чем смена валков. Отливают станины сплошными или ребристыми из чугуна или стали. Стальные станины, как вообще всякое стальное литье, д. б. хорошо отожжены; применяют их б. ч. для листовых обжимных станов и блумингов.

П о д у ш к и. Основное назначение подушек — поддерживать валки. Кроме того они имеют назначение воспринимать и передавать усилия, возникающие при прокатке, как станинам (верхней, нижней и боковой части), так и нажимным винтам. Подушки должны быть очень прочны. Материалом для подушек служат чугун и литая или кованая сталь. Последняя применяется лишь в очень редких случаях. Подушки бывают трех типов и резко отличаются по конструкциям в зависимости от того, для какого валка они предназначаются: верхнего, среднего или нижнего (фиг. 61). Во многих листовых, универсальных, обжимных и во всех станах дуо нижней подушки не имеется и ее заменяют вкладыши, вставляемые в пазы станины. Для укрепления подушек в станинах применяют три способа. Первый способ состоит в следующем: наружный край таких подушек отливают с ребрами (ушами), которые входят в наружные пазы станины и укрепляются установочными болтами, имеющими с другого конца клинья или квадратные головки. Наружные отверстия в подушках для болтов делают продолговатыми (сверху вниз), чтобы иметь возможность переставлять подушки вверх и вниз в зависимости от износа вкладышей или уменьшения диаметра валка вследствие переточки. Для передвигания подушки в станине в горизонтальной плоскости между краями (ушами) подушек и станиной оставляется зазор в 15—20 *мм*. Края (уши) подушек имеют обычно солидные размеры. Установочных болтов у каждой подушки обычно бывает по 4 штуки и только у нижней подушки по 2. Второй способ укрепления подушек в станинах состоит в применении скоб, к-рые при помощи установочных болтов упираются одним концом в подушку, а другим в станину. Третий способ укрепления подушек применяется в тех случаях, когда верхний или средний валок во время прокатки передвигается вверх и вниз, например в дуо-реверсивных и листовых станах системы Лаута. Подушки делают в таких случаях гладкими без краев, к-рые удерживаются двумя планками, укрепленными болтами с наружной стороны станины. Планки эти делают стальными, иногда коваными, толщиной ок. 30 *мм* и шириной 150—200 *мм*. Длина их зависит от величины подъема валков. При подъеме лишь верхнего валка длина планки м. б. ~1 000 *мм*, при подъеме одновременно верхнего и среднего—длина планок может быть 2 500 *мм*. По мере изнашивания подушек или самих планок перестановка планок производится или особыми упорными винтами или клинь-

ями, вставляемыми между планкой и станиной. Что касается нижней подушки, то ее установка также производится несколькими способами. Чаще всего применяется продольный клин, на котором лежит подушка (фиг. 63). В продольный клин вставлена гайка; перемещая винтом клин, можно поднимать или опускать подушку. Иногда продольный клин заменяют двумя клиньями, в которых гайки имеют нарезку, одна — левую, другая — правую (фиг. 64). Последняя установка является наилучшей. Кроме того установка нижней подушки производится посредством двух поперечных клиньев. Наконец установка нижней подушки производится посредством нижнего нажимного винта (фиг. 65). Применение нижнего нажимного винта в станинах трио давно известно и встречается довольно часто на американских и реже на европейских з-дах. Нажимной винт (как верхний, так и нижний) может исполнять двоякое назначение: 1) устанавливать до начала прокатки определенное и неизменное расстояние между валками, 2) изменять во время прокатки после каждого пропуска расстояние между валками. Подшипники прокатных валков состоят из подушек и вкладышей, изготовляемых из бронзы и антифрикционного сплава (баббита). Верхняя и средняя подушки у тяжелых станов имеют обычно 4 вкладыша: один верхний, один нижний и два боковых. Длина вкладышей д. б. равна длине шейки. Ширина вкладышей верхнего и нижнего делается больше, чем у боковых, так как они подвергаются бо́льшим усилиям и воспринимают бо́льшие давления. Ширина их б. ч.



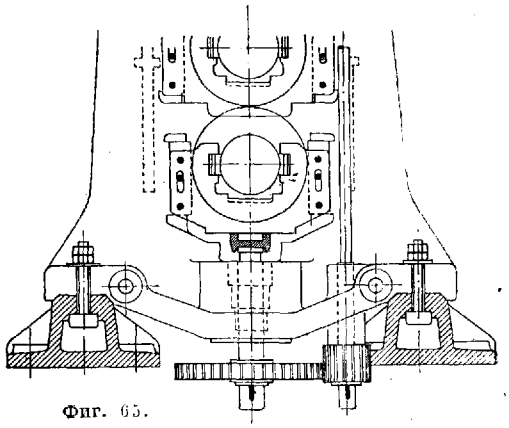
Фиг. 63.



Фиг. 64.

составляет 0,5—0,6 ⌀ шейки. Ширина боковых вкладышей составляет ок. $^1/_3$ ⌀ шейки. В нек-рых станах нижний вкладыш верхней и средней подушки часто разделяют на два более узких вкладыша, причем общая их ширина в сумме должна составлять нормальную ширину нижнего вкладыша, т. е. $^1/_4$ ⌀ шейки. Т. о. вкладыши не обхватывают всей шейки валка. Это делается для того чтобы дать возможность лучшего охлаждения шейкам и иметь свободное место для помещения смазочных материалов.

Самым простым до настоящего времени смазочным материалом для шеек прокатных валков является сырое сало, которым и обкладывают шейки прокатных валков в промежутках между вкладышами. В тех случаях, когда прокатка производится без применения охлаждения шеек, как это иногда имеет место при прокатке жести и кровельного железа, вместо сала применяют гудрон ($t°_{всп.}$ 230°) или полугудрон ($t°_{всп.}$ 140°), т. к. сало в этом случае расплавляется и горит. В виду большой густоты и вязкости гудрона к нему примешивают топленое сало. Все эти смазочные материалы являются однако мало подходящими для смазки шеек прокатных валков, а при плохой смазке шейки портятся и их приходится перетачивать. Кроме того применяются консистентные смазочные материалы, как например ксилит или калипсол с $t°_{пл.}$ около 140°. Они находили применение в шестеренных клетях для смазки шеек. Для прокатных же валков эта смазка дорога по цене и также



Фиг. 65.

смывается водой, как мазут и топленое сало. Затем появилась за границей смазка в виде брикетов, состоящая из смеси смолы, сала и гудрона. Деревянные подшипники в смазке не нуждаются и подвергаются только поливке водой. За последнее время получают распространение различные системы штауферной смазки и смазки под давлением, в к-рых смазочное вещество в виде жидкой или полужидкой смазки поступает под давлением в специальные подшипники закрытой конструкции. Отработанное масло фильтруется и снова идет в дело. Нормы расхода смазочных материалов (в Германии до войны 1914—18 гг.) на одну клеть в одну смену при нормальной производительности указаны в табл. 6.

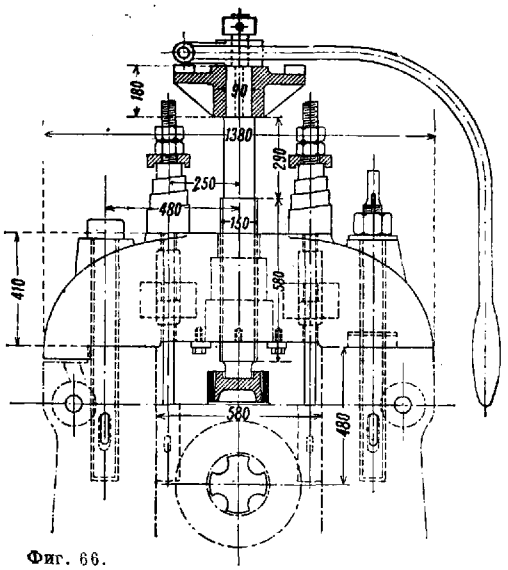
Табл. 6.—Расход смазочных материалов на прокатных станах (по Hütte).

Система прокатного стана	Средний ⌀ валка в *мм*	Производит. в 11-ч. смену в *т*	Расход смазочных материалов в *кг*
Блуминг дуо . . .	1 100	750	6
Крупносортн. дуо .	750—950	300—400	5
Крупносортн. трио	500—650	100—300	5
Среднесортн. »	350—360	50	Черн. 4,0 Чист. 1,25
Мелкосортн. »	260	40—50	Черн. 1,5 Чист. 1,0
Проволочн. комб. дуо	260	25—30	Черн. 2,2 Чист. 1,4
Листовой дуо . . .	1 100	120	3—4
Листовой трио . .	800/560/800	80	4—5
Тонколист. дуо .	650	—	6—8

В последнее время начали применять в прокатных станах роликовые подшипники, к-рые на америк. и европ. з-дах дали очень

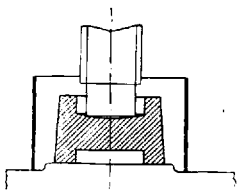
хорошие результаты. Помимо экономии в расходе энергии при прокатке, в среднем 40, при холостом ходе до 70%, эти подшипники дают следующие преимущества: 1) настройка производится очень точно и во время работы не требует регулировки; 2) даже при самой интенсивной работе роликовые подшипники не подвергаются нагреванию; 3) профиль при прокатке получается точнее, чем при обыкновенных подшипниках, и потому допуски м. б. уменьшены; 4) смазки почти не требуется и расход ее самый ничтожный. Приспособление роликовых подшипников к существующим станам сложнее, чем при изготовлении новых станов.

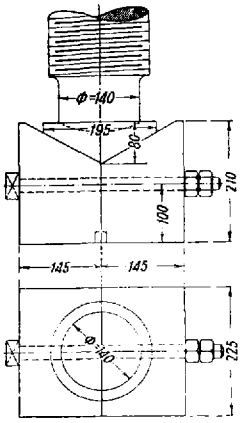
Нажимной винт и гайка. Из нажимных приспособлений для верхнего валка главное место занимает винт (фиг. 66). Горизонтальный клин над верхним валком употребляется лишь в нек-рых кровельных и непрерывных станах. Нажимные винты изготовляют из лучшей кованой стали. Резьба на винтах (см. *Нарезки*) делается большей частью трапецоидальной или квадратной. Квадратная нарезка применяется в станах с редко переставляемыми валками, а трапецоидальная при частых перестановках валков. В станах для кровельного железа, где нажимной винт работает непрерывно, нарезку иногда делают закругленной (полукруглой). Винты и гайки при этой нарезке, как показала практика, снашиваются меньше. Нажимные винты делают обычно одноходовыми (в одну нитку), но в дуо-реверсивных станах (блумингах) для ускорения подъема и опускания винтов нарезка делается иногда в две нитки. Нажимные винты при действии на них усилия снизу не должны развинчиваться, т. е. винт должен удовлетворять условию самоторможения. Это условие достигается тем, что угол подъема винта берут очень небольшим 2—5°. Диаметр (внутренний) нажимного винта в листопрокатных станах принимается равным $^1/_3$ ⌀ валков, а в остальных станах $^1/_4$ ⌀ валков. Гайки изготовляют из твердой бронзы или хорошо прокованной стали. Гайка плотно вгоняется в гнездо верхней части станины,



Фиг. 66.

причем чтобы обеспечить ее от проворачивания в станине снизу загоняется шпонка. Предохранение гайки от выпадания достигается несколькими способами. Применяют болты, пропускаемые через станину и край гайки, или же сверху гайки навинчивают кольцо, которое и удерживает гайку. Форма гайки обычно цилиндрическая (круглая) с уступами, упирающимися в соответствующие выступы в станине. Число уступов на гайке не д. б. более трех, т. к. при большем числе труднее достигается их одновременное прилегание к выступам станины. Высота гайки 2—3 ⌀ нажимного винта. Зазор между предохранительной коробкой и нижним краем гайки при крайнем верхнем положении прокатного валка не д. б. слишком большим. Обычно этот зазор составляет 30—100 *мм*, так как при нижнем положении валка нажимной винт будет излишне выступать из гайки.


Фиг. 67.

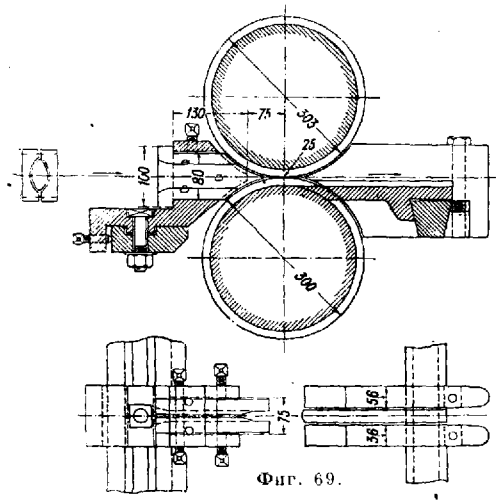


Фиг. 68.

Предохранительные коробки (стаканы). Для предохранения станин и валков от поломки на верхние подушки под нажимные винты устанавливают чугунные предохранительн. коробки (стаканы). Обычная их форма показана на фиг. 67. Предохранительная коробка д. б. рассчитана таким образом, чтобы она ломалась раньше, чем наступит момент перегрузки станины. Чтобы предохранить опасное разлетание осколков при поломке, предохранительную коробку закрывают коротким жестяным цилиндром. У листовых станов в последнее время предохранительные коробки делают из фосфористой бронзы толщиной 80—100 *мм*. Иногда же нажимные винты заедает и они не м. б. сдвинуты ни вверх (валки плотно прилегают друг к другу) ни вниз. Такая же картина наблюдается, когда между валками металл защемляется и для освобождения винта приходится применять громадные усилия. В подобных случаях полезным приспособлением является иногда применяемое клиновое приспособление; при выдвинутом клине и опущенной предохранительной коробке нажимной винт получает возможность движения вверх и вниз. Для этой цели может служить предохранительная коробка, состоящая из двух полукругов и стянутая тонким железным обручем. При заедании винта обруч разрубается, и обе половинки коробки могут разъединиться, освобождая при этом винт. Иногда вместо круга из двух половин употребляют два клина, стянутые болтами и сверху покрытые третьим клином, имеющим обратные наклонные поверхности (фиг. 68). В случае заедания нажим-

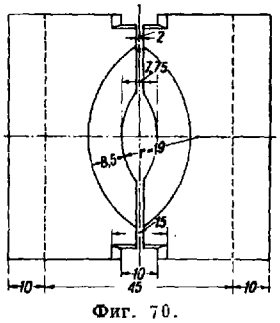
ного винта гайки ослабляются и нижние поверхности разъединяются.

Проводки. Одна настройка валков еще не гарантирует правильной прокатки. Необходимо обеспечить правильный вход прокатываемой полосы в ручей (прием ручья) и правильный выход. При прокатке крупных болванок, броневых плит или толстых листов на стане дуо не требуется никаких специальных направляющих устройств для ввода металла в валки. Во всех же остальных случаях применяют проводки, т. е. направляющие приспособления, подводящие к ручью или к валку и отводящие от него прокатываемую полосу. Проводки очень разнообразны по конструкции и делятся на вводные и выводные. Укрепляются проводки на опорных брусьях, которые обыкновенно имеют прямоугольное сечение. Опорные брусья укрепляются в пазах станины посредством клиньев и идут от одной станины к другой. Иногда проводки вставляют в закрытые с четырех сторон обоймы, к-рые носят название коробок (фиг. 69). Коробки для установки в них проводок при-



Фиг. 69.

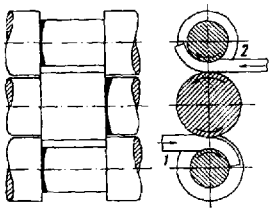
меняются для полос квадратного, круглого, ромбического, стрельчатого и овального сечений во избежание поворачивания полосы в ручье. В виду того, что проводки должны подходить к буртам (гребням) валков вплотную, концы их очерчиваются по радиусам валков, находящихся сверху и снизу проводок. Для более сложных профилей проводки иногда отливаются заодно с опорными брусьями для всего ряда ручьев и образуют скамейку с проводками. Проводки при сортовых станах направляют полосу в ручей и облегчают работу вальцовщику, к-рому при тяжелой болванке бывает трудно сразу задать болванку прямо в ручей. С другой стороны, проводка предохраняет от опасных случаев попадания прокатываемой болванки между буртами валков. Такие случаи большей частью оканчиваются поломкою валков. При прокатке круглого железа или проволоки обычно чередуются квадраты и овалы. В то время как квадрат задается в ручей плашмя, овал необходимо задавать на ребро. Овал, поставленный на ребро, естественно стремится повернуться и лечь плашмя. Чтобы поддерживать овал в вертикальном положении, употребляют длинные проводки, называемые иногда линейками (фиг. 69 и 70). Отливаются они обычно из закаленного чугуна и состоят из двух половин с канавкой, соответствующей различным сечениям овала. Овал задается в проводку вручную.



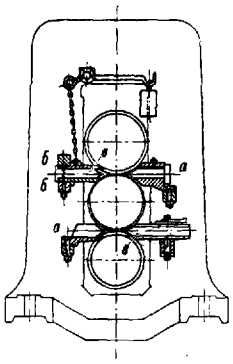
Фиг. 70.

Зев проводки должен иметь не слишком глубокое и не слишком большое уширение, чтобы в него не мог попадать клюв клещей, увлекаемый прокатываемой полосой. Внутреннее сечение проводки д. б. лишь немного больше сечения овала, к-рое в проводке должно занимать вертикальное положение. Коробку, в которую вставляют проводки, делают из литой стали или бронзы. Бронза, хотя она и дороже, имеет то преимущество, что установочные винты в ней не ржавеют и не заедаются. Все винты следует делать с квадратной головкой для одинаковой ширины ключа и просверливать в головках небольшие отверстия, чтобы и без ключа, вставив штифт, можно было быстро отвинтить винты. Коробки удобнее всего укреплять на опорном брусе без прореза, так как тогда можно быстрее и удобнее отодвигать и продвигать коробки, наклонять их, подкладывать прокладки и пр. Прикрепление коробок к брусьям посредством клиньев менее удобно, чем посредством болтов. Отверстия для болтов д. б. продолговатыми в направлении, перпендикулярном к валкам.

Выводные проводки. При одинаковых диаметрах валков прокатываемая полоса должна выходить из ручья по прямому направлению, не стремясь ни вверх ни вниз. При различных же диаметрах валков прокатываемая полоса по выходе из ручья будет загибаться к тому валку, ди-



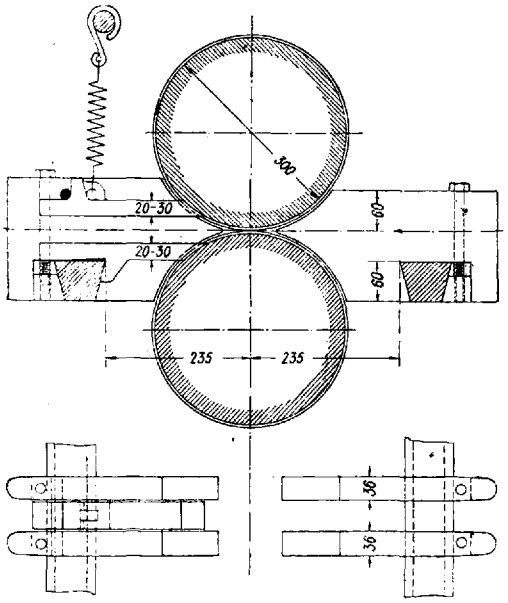
Фиг. 71.



Фиг. 72.

аметр которого меньше (фиг. 71). Полоса, загибаясь к валку, может обмотаться вокруг него, в результате чего получится оковка валка, что может привести к поломке валка, а иногда и станины. Чтобы наперед знать, на какой валок будет стремиться навиваться полоса, один из валков заранее делают несколько большего диаметра. Для предотвращения же навивания полосы на валок устанавливают особые плоские выводные проводки, которые носят название ножей. Изготовляют ножи из кованой стали и прикрепляют к опорным брускам. На

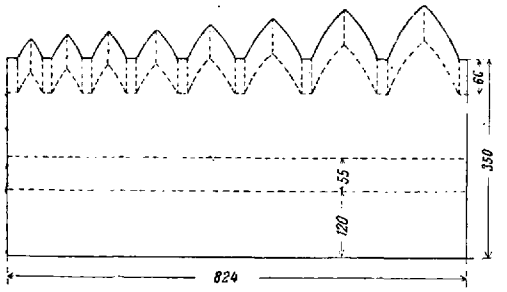
фиг. 72 представлены в разрезе валки, где *а* изображает вводные проводки, *б*—опорные брусья и *в*—выводные проводки (ножи). Ножи, предотвращающие навивание на верхний валок, прижимаются к валу противовесами, а иногда пружинами (фиг. 73). Иногда ножи вырезываются из листового



Фиг. 73.

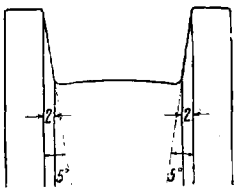
железа для всего валка или отливаются целой серией и носят название проводковой, или приемной доски (фиг. 74). Подвижные ножи прикрепляют или к валику, специально укрепленному в верхней части станины, или к болту, стягивающему обе станины.

Оковка валка может происходить и по другой причине. Трение прокатываемого металла о боковые стенки ручья и защемление его буртами (гребнями) ручья также могут вызвать оковку валка. Боковые стенки ручья должны иметь уклон, как изображено на фиг. 75. Если этого уклона не будет и стенки ручья будут прямыми, т. е. ручей будет врезан под прямым углом к оси валка, то чтобы задать полосу в валки, надо



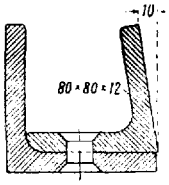
Фиг. 74.

точно направить ее в ручей. При малейшей ошибке полоса пойдет на бурт (гребень), т. к. «прием» ручья имеет точную ширину полосы. Напротив, в валках с наклонными стенками прием ручья шире дна ручья и шире полосы, поэтому подача полосы облегчается. Неправильно или небрежно заданная полоса сама собой центрируется буртами (гребнями) валков и попадает точно на нужное место. Благодаря этому манипуляции при задаче полосы облегчаются и время их значительно сокращается. Иногда конец полосы, выходящей из валков, делается шире ручья, его выпустившего; получается полоса с «рыбьими хвостами». Задать такую полосу в валки с прямыми стенками представляет большие трудности, ибо можно задать на бурты. В ручье с наклонными стенками ручей раскрывается, делается шире, и прокатываемая полоса сама собой выходит из ручья, так как связь между поверхностью бурта и полосы сама собой нарушается. В ручьях же с прямыми стенками стенки бурта продолжают крепко держать полосу даже и тогда, когда она уже вышла из валков, что может создать оковку валка.

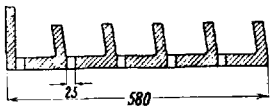


Фиг. 75.

Автоматические проводки. Аппараты, подающие полосу из одного ручья в другой ручей одной и той же клети, называются автоматическими проводками в отличие от автоматических аппаратов, подающих полосу из одной клети в другую. Автоматические аппараты имеют вид, показанный на фиг. 76а. Полоса после

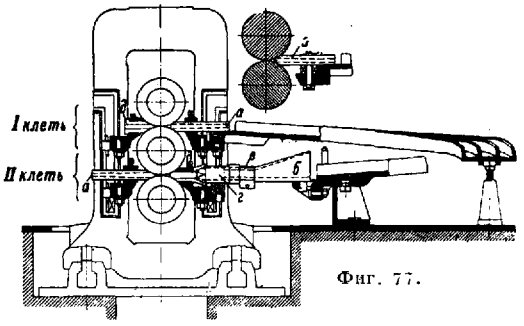


Фиг. 76а.



Фиг. 76б.

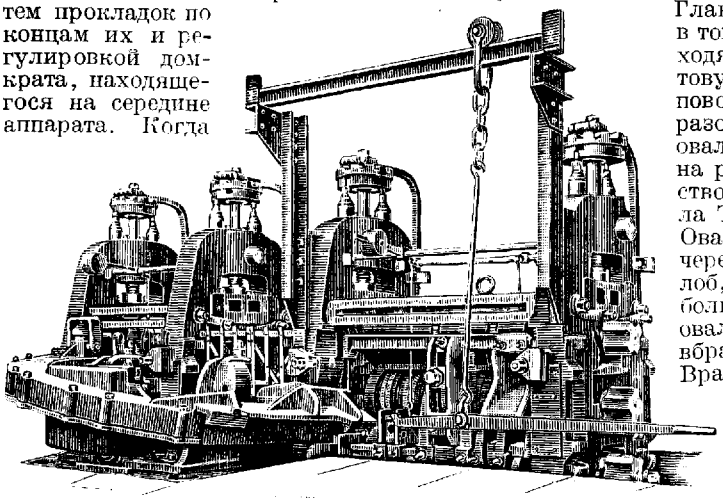
выхода из квадратного или овального ручья направляется выводной проводкой в аппарат и автоматически попадает в овальный или квадратный ручей соседней клети. Автоматич. подача полосы в ручей совершает-



Фиг. 77.

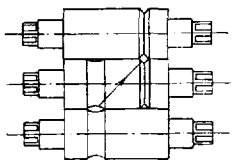
ся обычно из верхней пары валков одной клети в нижнюю пару соседней клети. Ручная же подача совершается, наоборот, из нижнего ручья в верхний, так как при выпрямленном положении туловища вальцовщика ему легче сделать подачу овала в ручей. Автоматич. аппараты, когда они располагаются рядом два и более (до 6), отливаются из чугуна (фиг. 76б). Аппараты для квадрата д.б. сконструированы так. обр., чтобы полосы всегда шли по их дну и чтобы падение и подъем составляли плавную винтовую линию. На дне делают отверстия размерами 25×250 *мм* для удаления окалины. Конец

аппарата, примыкающий к выходу, опирается или на тот же опорный брусок, что и проводки (фиг. 77), или же на особую подставку, установленную на фундаментных плитах между станинами. Точность установки автоматич. аппарата достигается путем прокладок по концам их и регулировкой домкрата, находящегося на середине аппарата. Когда



Фиг. 78.

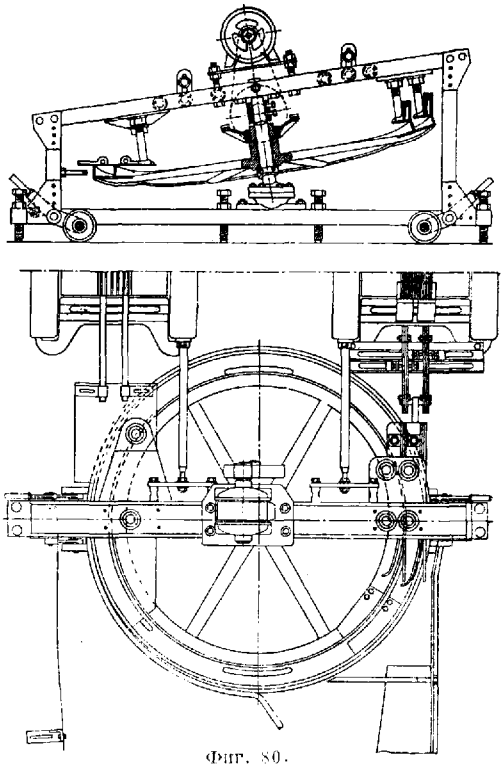
квадрат захвачен валками, то вскоре аппарат не может вместить всей поступающей полосы, и она перепрыгивает через край аппарата и образует петлю. Для выпуска квадрата употребляют чугунные трубки *а* со слабою пирамидальностью. Круглые газовые трубки менее практичны. Трубки укрепляются посредством установочного винта и коробки, которые прикрепляются к брусу посредством болта. Иногда укрепление трубки производят посредством хомута и клина, вбиваемого под хомут. Вводная (впускная) проводка служит дополнением к автоматическому аппарату. Все составные части такой проводки разбираются и собираются очень легко. При правильной установке, вследствие их вполне замкнутой конструкции, отказа в действии проводок быть не может. Если образуется узел, то он застрянет в воронкообразной части *б*. В этом случае необходимо лишь снять хомут *в* и отодвинуть втулку *г* назад; тогда между втулкой и линейками *д* получится столько свободного места, чтобы проволоку возможно было отрезать ножницами или отрубить. Размеры воронки *б* выбирают такими, чтобы наибольший прокатываемый квадрат мог свободно пройти на ребро. Размеры же линеек *д* выбираются для каждого квадрата отдельно на 2—3 *мм* больше. Коробки для квадратов отливают по той же модели, как и для овала. Долгое время овал задавался вручную, но в 1910 г. Шепф изобрел автоматич. проводку для черновой линии, а Тобер для чистовой. В то время как автоматич. проводки Шепфа получили самое широкое распространение не только в мелкосортных и проволочных, но и в среднесортных станах, автоматич. проводки Тобера



Фиг. 79.

из-за сложности конструкции распространения не получили. На фиг. 78 представлен автоматич. аппарат Шепфа в применении к трио-клети для автоматич. передачи овала от одной клети к другой. Для укрепления проводок необходима специальная клеть. Главная идея Шепфа выражается в том, что овал или квадрат, проходя по жолобу, имеющему винтовую внутреннюю поверхность, поворачивается на 90°. Таким образом, выходя из ручья плашмя, овал вступает в следующий ручей на ребро (фиг. 79). Общее устройство автоматич. проводок для овала Тобера показано на фиг. 80. Овал, выйдя из ручья, попадает через подводящую трубку на жолоб, вращающийся со скоростью большей, чем скорость выхода овала из ручья, увлекается им и вбрасывается в следующий ручей. Вращение сообщается жолобу от электромотора в 0,5 HP, расположенного на той же раме, что и вращающийся жолоб. Уклон плоскости жолоба можно изменять в соответствии с разницей высот выпуска и впуска металла.

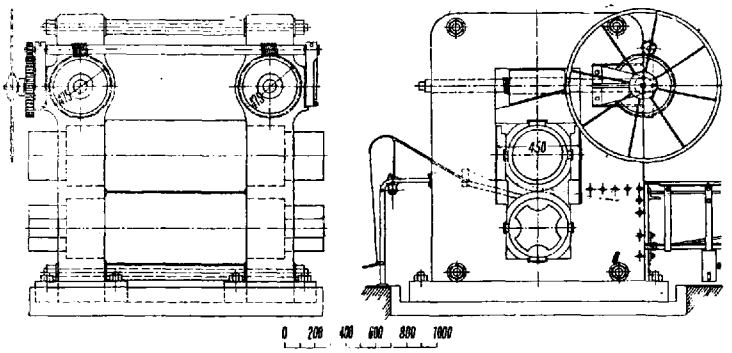
Установка нажимных винтов. Давление верхнего валка на металл воспринимается станиной через нажимные винты, к-рые служат для регулирования расстоя-



Фиг. 80.

ния между валками. Регулирование установки валков производится вручную или же механически (гидравлич. либо электрич. путем). В станах, работающих во время самой прокатки без изменения расстояния

между валками, установка нажимных винтов производится ручным способом и для каждой станины отдельно. Простейшим прибором для поворачивания нажимных винтов является обыкновенный съемный ключ с закрытой головкой и с загнутой вверх или

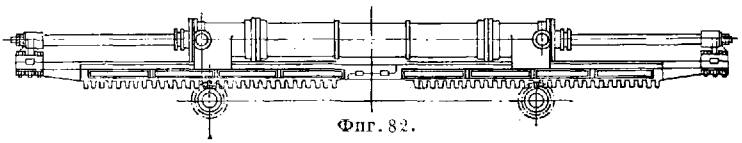


Фиг. 81.

вниз ручкой. В тех случаях, когда производится одновременное поворачивание нажимных винтов, употребляют три типа установочных приспособлений. Передача вращения нажимным винтам может происходить посредством конических или цилиндрических зубчатых колес или посредством червячной передачи. Все три типа установочных приспособлений применяют при ручном пользовании лишь при станах для прокатки тонких листов: кровельного железа, жести и др. Помимо нажимных винтов, как уже говорилось выше, для перемещения верхнего валка во время прокатки применяют иногда еще клиновой нажим. Главной частью клинового нажима является клин, который помещается между верхней частью станины и подушкой верхнего валка, имеющего уклон, соответствующий клину. Клин перемещается посредством винта с гайкой, помещаемой либо в боковой части станины (фиг. 81) либо в самом клине. Для одновременного перемещения обоих клиновых нажимов применяют червячную или коническую передачу, как это видно на фиг. 81 и 83. Клиновой нажим представляет устройство лучше винта: работа штурвальщика легче и удобнее. При прокатке жести, где требуется особая точность, употребляют станины с двумя нажимными винтами. Клиновой нажим держит валки плотно, что важно при окончательной чистовой прокатке. Указанные клиновые нажимы пока употребляют в СССР только на двух уральских з-дах—Алапаевском и Нытвенском. Недостатком их является быстрая разработка гайки и большой мертвый ход, что однако м. б. устранено изменением их конструкций и подбором соответствующего качества материала. В тех же случаях, когда (например в обжимных или котельных станах) требуется быстрое вращение нажимных винтов после каждого пропуска, применяют двигатели в виде паровой машины, что теперь встречается редко, а б. ч. электромотор или гидравлич. цилиндры.

В случае применения механических приспособлений кроме перечисленных трех типов установочн. приспособлений, применяемых при ручной установке нажимных винтов, употребляют еще четвертый тип передачи: зубчатую рейку и шестерни, надетые на нажимные винты (фиг. 82). Этот тип применяют гл. обр. при гидравлич. цилиндрах. Гидравлич. приспособление для установки валков состоит из двух расположенных друг против друга гидравлич. цилиндров, укрепленных на верхней части станины. К штокам нырял (плунжерам) прикрепляют зубчатые рейки, сцепляющиеся с зубчатыми шестернями, насаженными на нажимные винты. Вследствие того, что нажимной винт поднимается и опускается, насаженная на его оси шестерня должна иметь высоту, равную высоте рейки плюс наибольшая высота подъема валка. Это обстоятельство служит недостатком гидравлических приспособлений, так как может применяться для подъема валка лишь до 250 *мм*. Электрическое приспособление имеет, наоборот, неограниченный подъем, поэтому оно быстро вытесняет гидравлическое. Конструкция его состоит в следующем. На четырехгранный конец каждого нажимного винта насаживается червячное колесо с ободом из фосфористой бронзы. С этим колесом сцепляется стальной червяк, движущийся на шариках. Здесь этот механизм заключен в масляную ванну. Оба червяка нажимных винтов соединяются посредством вала с муфтами, с мотором же соединяются посредством дисковой муфты, которая одновременно служит частью ленточного тормоза. При постоянном токе тормозным замыкателем служат электромагниты, а при переменном токе ставится особый тормозной мотор.

Необходимую принадлежность всякого устройства для установки валков составляет указатель высоты положения верхнего валка или, иначе говоря, величины подъема валка. Для обжимных станов чаще всего употребляют циферблат с подвижной стрелкой (вкл. л., *3*). При большом подъеме валка ставят две стрелки: большую, отмечающую каждый *мм*, и малую, отмечающую лишь каждые 100 *мм*. Большая стрелка приводится в движение при помощи червячной передачи от валика, приводящего в движение

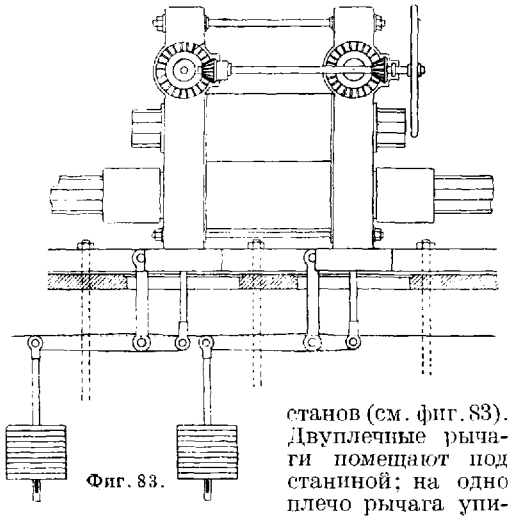


Фиг. 82.

нажимные винты. Валик, действующий на оба нажимных винта, должен всегда иметь муфту, допускающую независимую установку каждого нажимного винта.

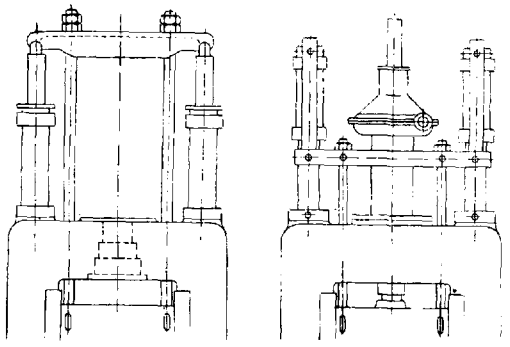
Уравновешивание и подъем валков. Для изменения расстояния между валками при помощи нажимных винтов необходимо, чтобы верхний валок при подъеме нажимного винта поднимался и прижимался к винту. Достигается это тем, что к подушкам верхнего валка прилагаются

усилия, которые действуют вверх и с избытком уравновешивают вес валка и вес подушек. Уравновешивание верхнего валка аналогично рассмотренному выше уравновешиванию соединительных валков и совершается двумя способами: посредством противовесов и посредством гидравлич. цилиндров. Уравновешивание противовесами употребляют б. ч. при средней величине подъема верхнего валка и при этом у небольших



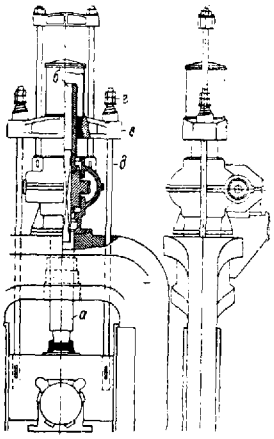
Фиг. 83.

станов (см. фиг. 83). Двуплечные рычаги помещают под станиной; на одно плечо рычага упирается штанга, поддерживающая подушки, а на другом—противовесы (грузы). Отношение плеч рычагов 1 : 2 — 1 : 3. Уравновешивание с противовесами имеет свои неудобства: грузы при значительных размахах приобретают большую инерцию, последствием чего являются поломки тяг и расшатывание всей конструкции. Наоборот, гидравлические приспособления действуют на подушки плавно и равномерно, так как гидравлич. цилиндры все время соединены с аккумулятором. Единственным неудобством гидравлического способа является необходимость принимать меры против замерзания трубопроводов в зимнее время. Для осуществления нужного напора вблизи стана должен быть гидравлич. аккумулятор. В станах сист. Лаута есть нек-рая особенность—средний валок попеременно после каждого

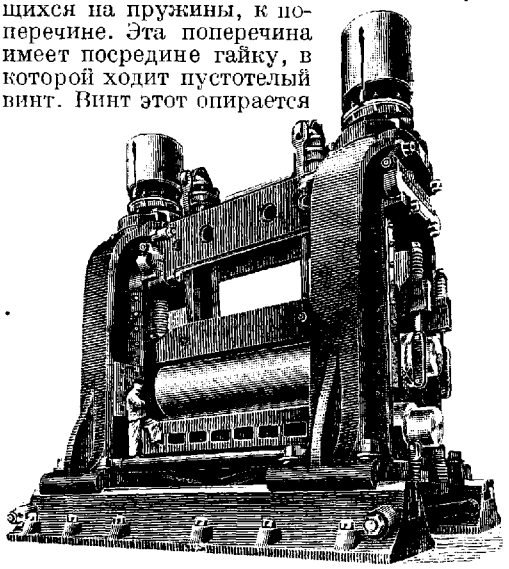


Фиг. 84.

пропуска должен то подниматься то опускаться, и для этого д. б. устроено соответствующее приспособление, действующее на подушки среднего валка. Обычно для этой цели служит гидравлич. цилиндр, который при помощи особого гидравлич. золотника соединяется попеременно то с аккумулятором то с атмосферой, вследствие чего ныряло цилиндра, штанги, подушки и валок после каждого пропуска то поднимаются, то опускаются. В последнее время встречается также электрич. подъем и опускание среднего валка; для этого при помощи электромотора груз, уравновешивающий валок, передвигается то в одну то в другую сторону. Гидравлическ. цилиндры, расположенные под станинами, трудно доступны для ремонта, перемены, набивки сальников и пр., а потому теперь их располагают над станинами (фиг. 84). В последнее время применяют конструкцию, соединяющую подъем и опускание верхнего валка. Подушки верхнего валка посредством тяг подвешены к поперечине, связанной с нажимным винтом. При условии такой связи двигатель, поднимающий и опускающий нажимн. винт, очевидно будет поднимать и опускать и верхний валок (фиг. 85). Подушки верхнего валка подвешены посредством тяг, опирающихся на пружины, к поперечине. Эта поперечина имеет посредине гайку, в которой ходит пустотелый винт. Винт этот опирается



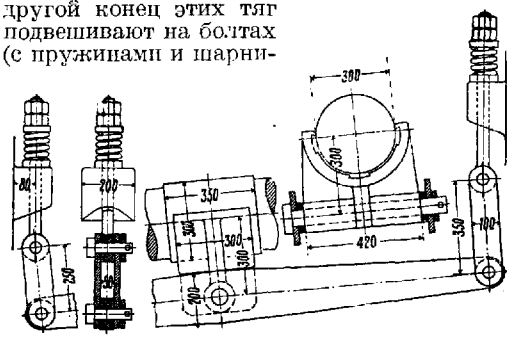
Фиг. 85.



Фиг. 86.

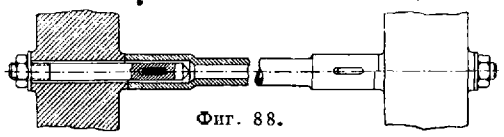
на червячное колесо, насаженное на квадрат нажимного винта. Последний наглухо соединен с червячным колесом и вращается поэтому вместе с ним. Т. к. оба винта (нажимной *а* и пустотелый *б*) снабжены одинаковой, но противоположной нарезкой, то при вращении червячного колеса и соединенного с ним винта *б* нажимной винт *а* и поперечина *в*, а с нею и верхний валок поднимаются или опускаются одинаково. Посредством гаек *г* на тягах *д* подушки плотно прижимаются к нажимному винту, что устраняет удары во время подачи ме-

талла в валки. На фиг. 86 показана америк. конструкция для подъема верхнего валка в тяжелых станах. Подушки верхнего валка соединены двумя траверсами, подвешенными к гидравлич. цилиндрам. Цилиндры же расположены на поперечных балках, скрепляющих станины. Этой же конструкцией предусмотрен и подъем верхнего соединительного валка. Осуществляется это след. обр.: на концах траверс подвешены на пружинах болты с шарнирами; к этим шарнирам подвешивают поперечные тяги, поддерживающие соединительный валок (фиг. 87); другой конец этих тяг подвешивают на болтах (с пружинами и шарнирами), укрепляемых на приливах шестеренной клети. Нижний соединительный валок также поддерживается траверсами, опирающимися на болты с пружинами.

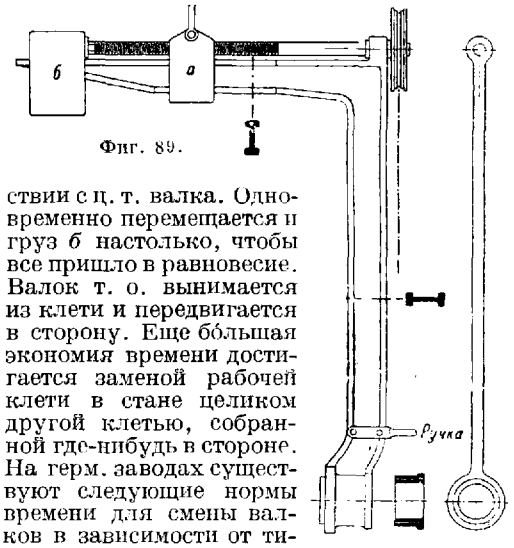


Фиг. 87.

Скрепление станин. С целью сообщения прокатной клети необходимой жесткости и устойчивости применяют особые скрепляющие части. Простейшими являются стяжные (распорные) болты, скрепляющие две станины между собою. Нормальное число стяжных болтов четыре: два вверху и два внизу станин. Для мелкосортных и среднесортных клетей обычно употребляют распорные болты круглого сечения. С обеих сторон каждой станины на болтах имеются распорные гайки, а с внутренней стороны также гайка или клин. Конструкция эта очень неудобна, т. к. во время смены валков болты мешают, а вытащить их не позволяют соседние клети. Гораздо лучшая конструкция показана на фиг. 88, где между станинами вставляют стальные распорные трубы, соединяемые с короткими болтами посредством клиньев. Ослабив гайку и вынув чеку, трубы легко убрать. В крупносортных станах обычно применяют в виде распорных болтов литые или сварные трубы. Нижние болты в виду близости плитовин м. б. без распорных труб; доступ к ним д. б. свободен и они не должны мешать другим, расположенным внизу частям стана. В тяжелых станах (обжимных, реверсивных или броневых) станины соединяют между собой литыми солидными поперечными балками. Станины в таких случаях представляют как бы одно целое и не допускают никаких боковых передвижений.


Фиг. 88.

Смена валков является весьма хлопотливой операцией, замедляющей прокатное производство, в особенности на сортовых станах. Операцию эту всегда старались механизировать. На нек-рых заводах еще до настоящего времени применяют ручной труд, затрачивая на смену валков до 6—8 час., а иногда и более. Для смены валков иногда применяют краны на козлах или мостовые краны ручного действия, устроенные над станами. На южных и других заводах смену валков производят при помощи электрич. мостовых кранов, обслуживающих прокатную мастерскую. В Зап. Европе и Америке для ускорения смены валков применяют разного рода механич. приспособления. Одно из таких приспособлений, подвешиваемое к мостовому крану, показано на фиг. 89. Оно состоит в следующем: нижнее отверстие надевается на треф вала, и кран посредством цепного блока поднимает валок немного вверх; обойма *а* передвигается в соответствии с ц. т. валка. Одновременно перемещается и груз *б* настолько, чтобы все пришло в равновесие. Валок т. о. вынимается из клети и передвигается в сторону. Еще бо́льшая экономия времени достигается заменой рабочей клети в стане целиком другой клетью, собранной где-нибудь в стороне. На герм. заводах существуют следующие нормы времени для смены валков в зависимости от типа стана и способа смены: путем ли замены одних валков другими или заменой всей клети другой клетью (табл. 7).



Фиг. 89.

Табл. 7.—Норма времени для смены валков для одного стана (по Hütte).

Система стана	Диам. валков в мм	Нормы времени в часах: замена другими валками	Нормы времени в часах: замена другой клетью
Обжимной (блуминг) дуо	1 100	3	*1
Крупносортн. дуо	800—950	1 1/2	3/4
» трио	650—750	1 1/2	3/4
Среднесортн. трио	500—550	1	1/2
Мелкосортн. трио	260—360	1*2 1/2*3	1/4
Листовой дуо	1 100	4	*1
» трио	800/560/800	3	3/4
Тонколистовой дуо	650	1 1/2	1/2

*1 Не применяется. *2 Черновой. *3 Чистовой.

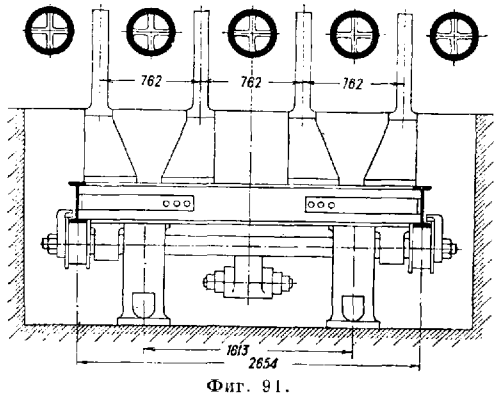
Вспомогательные механизмы при прокатных станах. Опрокидыватели. В тех случаях, когда для нагрева тяжелых болванок служат колодцы, болванку при подаче к стану приходится из вертикального положения приводить в горизонтальное. Для того, чтобы положить болванку на *рольганг* (см.), ее необходимо опрокинуть, для чего служат механизмы, называемые опроки-

дывателями. Имеется довольно много систем опрокидывателей. Наиболее типичный представлен на фиг. 90. Болванка, доставленная краном, ставится на стул, у которого одна из стенок имеет вырез, соответствующий очертанию ролика; болванка ложится нижним концом на первый, верхним же на второй ролик рольганга; при наклонно расположенных холостых роликах болванка может скатываться под влиянием собственного веса. Затем болванка поступает на приводной рабочий рольганг, к-рый составляет непосредственное продолжение наклонного рольганга, а оттуда уже в валки. Опрокидыватель приводится в движение чаще всего посредством гидравлич. цилиндра. Для поворачивания опрокидывателя служит зубчатый сектор, насаженный на ось стула, и зубчатая рейка, передвигаемая гидравлич. цилиндром. Поворачивание опрокидывателя кроме гидравлическ. цилиндров производится также посредством электромотора. Передача движения производится посредством червячной и кривошипной передачи. Если кран не может подходить к рольгангу, то применяют передвижные опрокидыватели, помещаемые на тележке. Тележка с болванкой подкатывается к рольгангу, стул опрокидывается и болванка ложится на рольганг.



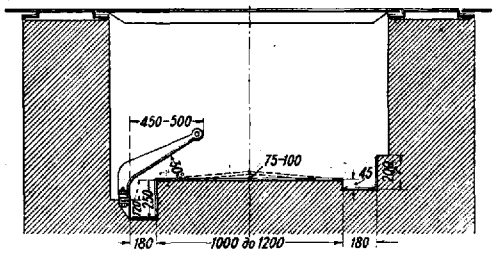
Фиг. 90.

Кантовальный аппарат. Во время прокатки бывает необходимо повернуть болванку на 90°, поставить «на ребро» или, как говорят, кантовать болванку. Кантование легких болванок производится вручную клещами. Для кантования тяжелых болванок служат особые приспособления, которые носят названия кантовальных аппаратов. Эти аппараты выполняют еще и другую работу: они передвигают болванку по рольгангу вдоль валка от одного ручья к другому. Наиболее простой кантовальный аппарат для обжимного стана показан на фиг. 91. Он состоит из



Фиг. 91.

3—4 пальцев, расположенных между роликами рольганга и укрепленных на помосте; помост перемещается по рельсам и приводится в движение гидравлическим цилиндром. Пальцы приводятся в движение от другого гидравлич. цилиндра при помощи цилиндрических колес и зубчатых реек, насаженных на нижний конец пальцев. Кантование болванки производится след. обр.: пальцы, поднимаясь вверх, упираются снизу вблизи одного из нижних ребер болванки и, поворачивая болванку около второго нижнего ребра, ставят ее на ребро; эти же пальцы передвигают болванку и устанавливают ее против соответствующего ручья. В обжимных подготовительных трио с подъемными столами применяется иногда автоматическое кантование, которое состоит из ряда направляющих, укрепленных в особых подставках. Болванка после выхода из 2, 4, 6, 8 и 10 ручьев попадает на наклонную поверхность направляющих, кантуется своим собственным весом и падает вниз против ручьев 3, 5, 7, 9 и 11 уже повернутой на ребро. Эти приспособления годятся лишь в том случае, когда каждый ручей работает только один раз. Особого внимания заслуживает кантовальный аппарат с направляющими линейками и крючками для кантования. Этот кантовальный аппарат применяют в настоящее время при всех блумингах. С задней стороны валков находится вторая пара линеек, соединенных попарно с линейками, расположенными впереди валков;



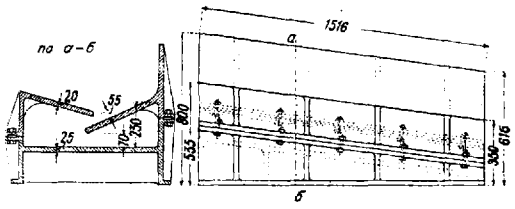
Фиг. 92.

привод электрический; мощность мотора 120 HP. Благодаря усовершенствованию кантовального аппарата и линеек, сделалось возможным значительно ускорить прокатку, например слиток весом в 4,5 *т* сечением 550 × 550 *мм* прокатывается на сечение 200 × 200 *мм* в течение 1,5 мин.

Вспомогательные приспособления и механизмы, применяемые при проволочных и мелкосортных станах. Рядом с увеличением производительности прокатных станов возникали все новые и новые вспомогательные приспособления. С увеличением напр. скорости прокатки ручная работа во многих случаях становилась угрожающей для жизни рабочих, и необходимость перехода на механические и часто автоматич. способы работы сделалась очевидной. Стремление прокатывать возможно более тяжелые болванки за один нагрев имеет последствием значительное повышение длины готовых полос металла и вызывает необходимость применения приспособлений, позволяющих экономить место. Чтобы не загромождать заводского пола, уменьшить охлаждение металла во время прокатки и устранить спутывание при одновременной прокатке нескольких полос, употребляют каналы под полом. Каналы эти, куда прячется в виде петли прокатываемая полоса, носят название карманов. Разрез кармана при П. проволоки изображен на фиг. 92, где с одной стороны видно сечение направляющего жолоба для входящей в карман полосы,

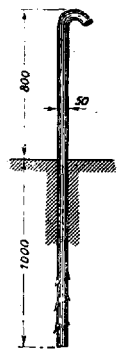
а с другой—для выходящей полосы. Уклон карманов обычно делают равным от 1 : 7 до 1 : 10.

Для предохранения вальцовщиков от несчастных случаев у чистовой линии мелкосортного или проволочного стана, делающего до 600 об/м., устанавливают следующие приспособления: ударная коробка, гребенка и предохранительный защитный столб. Ударная коробка (фиг. 93) имеет



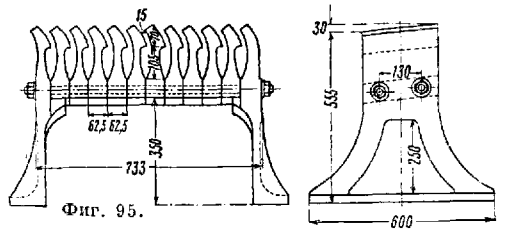
Фиг. 93.

задачей умерить движение прокатываемой полосы, в особенности ее заднего конца, который при скорости полосы 6—8 *мм/сек* настолько сильно бьет, что может быть опасным для вальцовщика и вызвать спутывание петель или застревание в коробке. При прокатке петлями для защиты вальцовщика от захватывания его проволокой впереди клетей устанавливается защитный столб (фиг. 94), изготовляемый в виде крюка из круглого железа $\varnothing = 75 \div 100$ *мм*. При подаче от руки овала в квадратный ручей вальцовщик забрасывает петлю за столб, затем закидывает полосу в ударную коробку и, направив ее через гребенку, задает в ручей. Гребенку (фиг. 95) б. ч. изготовляют из отдельных частей; она служит для отделения одной полосы от другой при поступлении в ручьи. Иногда же гребенку изготовляют цельной, как показано на фиг. 96.



Фиг. 94.

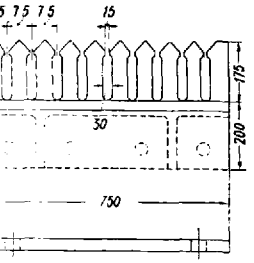
Мотовила. Для наматывания проволоки в бунты (круги, мотки) $\varnothing = 700$—800 *мм* применяют мотовила различной конструкции. Приводятся они в движение б. ч.



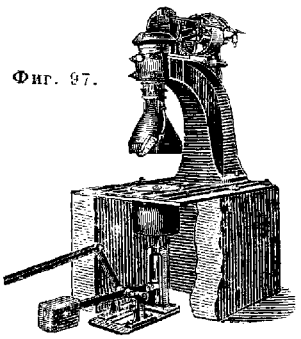
Фиг. 95.

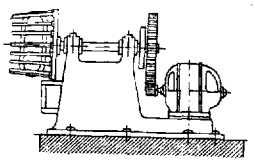
посредством передачи от чистовой линии, чтобы согласовать окружную скорость вращения валков и мотовила. Передачу устраивают над полом или иногда под полом. Мотовило Эденборна (фиг. 97) употребляют для наматывания проволоки диам. до 8 *мм*. Вследствие того, что во время действия мотовило закручивает проволоку вокруг себя на 360°, оно пригодно лишь для круглой проволоки. Барабан, вокруг которого навивается проволока, может спускаться вниз (под пол), и бунт проволоки, освобожденный, остается на уровне пола.

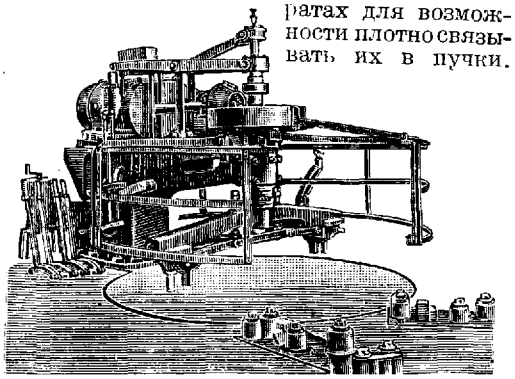
Для приведения в движение мотовила требуется ок. 5 Л. С. В мотовиле Гарретта закручивание устранено, и потому оно пригодно как для круглой, так и для квадратной проволоки. Проволока ложится на вращающуюся систему спиц, которые по окончании навивки втягиваются во внутренний барабан, и бунт проволоки падает на пол или на транспортн. ленту. Мотовило для недокатов (фиг. 98) употребляют для наматывания получающегося при П. недоката и брака. Для наматывания проволоки в нагретом состоянии затрачивается до 7 Л. С., а в холодном состоянии 15 Л. С. Мотовила для наматывания обручн. железа употребляют вертикальные или горизонтальные. На них можно наматывать обручное железо либо в продолговатые мотки длиною от 1 200—2 000 *мм* либо в круглые диаметром в 600—1 000 *мм*. Круглые мотки обычно идут в дальнейшую холодную прокатку на более тонкие номера. Приводятся в движение мотовила чаще всего от отдельного электромотора. Вертикальное мотовило для обручного железа употребляют передвижное и неподвижное. Горизонтальн. мотовило для обручного железа употребляют с нижним приводом, располагаемым под полом, или с верхним приводом (фиг. 99). Обручное железо после намотки в продолговатые мотки сдавливается в особых аппаратах для возможности плотно связывать их в пучки.



Фиг. 96.

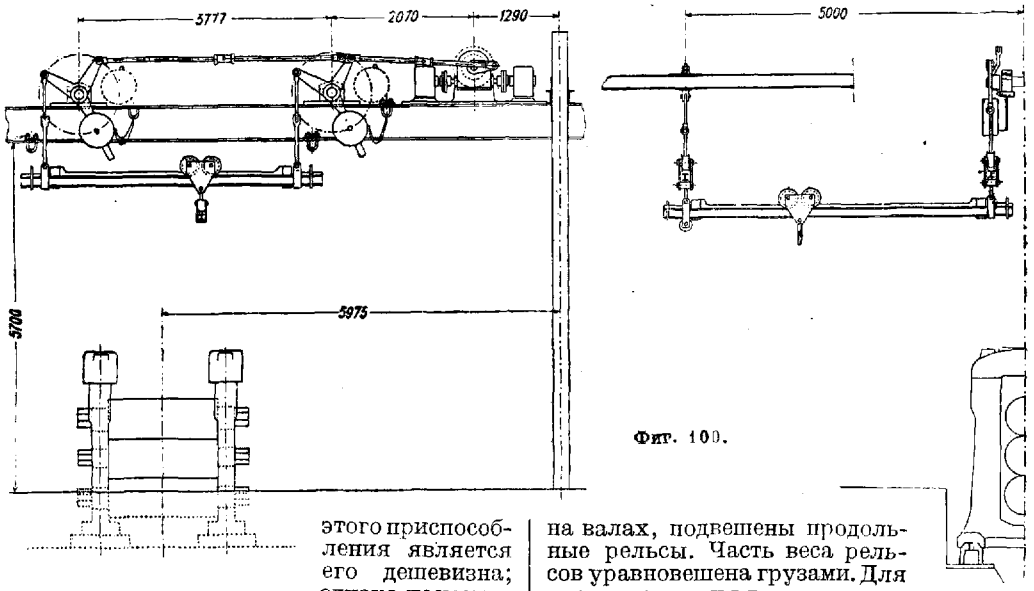

Фиг. 97.


Фиг. 98.


Фиг. 99.

Крышевые подъемы. Ручной подъем металла во время прокатки в трио-станах или в нереверсивных дуо-станах для пере-

дачи металла через верхний валок возможен лишь при легких болванках. При более тяжелых болванках становятся необходимыми вспомогательные механич. приспособления. Наиболее простым приспособлением является так назыв. к р ы ш е в о й п о д ъ е м. Крышевые подъемы дают возможность не только поднимать и опускать прокатываемые полосы, но также передвигать их как по направлению к клети, так и вдоль клети или всей прокатной линии, т. е. для передачи полосы от одной клети к другой. Т. о. крышевые подъемы могут обслуживать несколько клетей. Крышевые подъемы устраивают либо с обеих сторон стана либо только с задней стороны, именно той, где полоса входит в верхний ручей; с другой стороны полоса, выйдя из ручья, падает на чугунный пол или на ролики, при посредстве которых подается в нижний ручей. Преимуществом

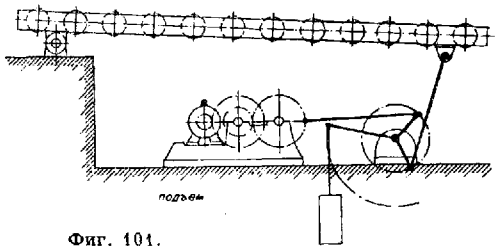


Фиг. 100.

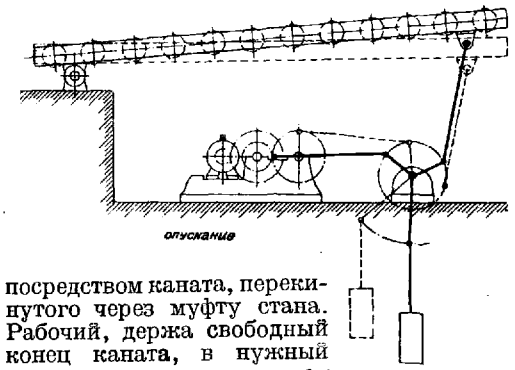
этого приспособления является его дешевизна; однако несмотря на дешевизну оно в настоящее время применяется редко и, т. к. требует опытных и сильных вальцовщиков, является не совсем безопасным для рабочих и встречается только на старых з-дах. Типичный крышевой подъем представлен на фиг. 100. Все это устройство подвешивалось первоначально к стропилам крыши (откуда и получило свое название), а затем начали укреплять на особых колоннах и балках. Устройство крышевого подъема заключается в том, что по рельсам, расположенным перпендикулярно (поперек) к стану или клети, двигаются ролики с обоймами, к которым на цепях подвешены крючья. Сами же рельсы, будучи в свою очередь подвешены, могут при посредстве роликов передвигаться по другим рельсам, расположенным вдоль стана. Механизм этот приводится в движение от парового или гидравлич. цилиндра, расположенного на полу мастерской. Расход пара очень велик, и потому паровой цилиндр в крышевом подъеме вышел из употребления. Для предохранения от падения подвешенных частей в случае поломки или ослабления болтов они снабжаются предохранительными цепями. Работа при крышевом подъеме ведется след. образом. Полоса, выходящая из нижнего ручья, подхватывается обоими крючьями. Когда вся она выйдет из ручья, концы рельсов, расположенных ближе к стану, поднимаются, а вместе с ними поднимается и полоса, после чего она подается в верхний ручей. В это самое время рабочие с передней стороны подхватывают выходящую из верхнего ручья полосу на приподнятых крючьях. Когда необходимо передать полосу от одной клети к другой, то вальцовщики, поддерживая полосу на весу на крючьях и налегая на них, перекатывают поперечные рельсы по продольным рельсам. Крышевой подъем в последнее время обслуживается электромотором, который при посредстве червячной и кривошипной передач производит подъем и опускание. На фиг. 100 представлена конструкция с приводом от электромотора. К рычагам, заклиненным на валах, подвешены продольные рельсы. Часть веса рельсов уравновешена грузами. Для предупреждения толчков электромоторы снабжаются электромагнитными тормозами. При более солидном устройстве рельсы заменяют балками, поверх которых укрепляют рельсы. При валках с $\varnothing = 500 \div 600$ *мм* крышевые подъемы б. ч. устраивают с одной стороны.

П о д ъ е м н ы е с т о л ы. При прокатке листов крышевые подъемы становятся непригодными, и в таком случае применяют подъемные столы, употребляющиеся также и при прокатке тяжелых слитков для сортового металла. Основных типов подъемных столов два: подъемные столы, поднимающиеся и опускающиеся параллельно самим себе горизонтально, и столы, качающиеся около горизонтальной оси, принимающие при подъеме наклонное положение (фиг. 101). Первый тип столов употребляется при прокатке коротких изделий, так как при коротком качающемся столе получился бы слишком большой уклон стола. При длинных листах или полосах удобнее применять качающиеся столы, так как для подъема длинных и громоздких параллельных столов требуется гораздо более энергии, чем для подъема качающихся столов. Легкие подъемные столы б. ч. устраивают с одной стороны клети.

Поднимают легкие столы вручную посредством каната, перекинутого через блок, и подвешенного для уравновешивания стола груза. Иногда легкие столы поднимаются



Фиг. 101.

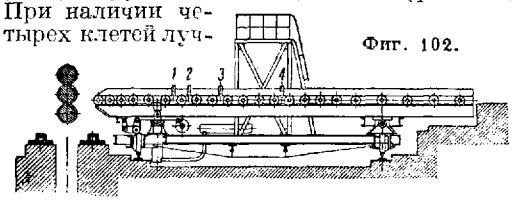


посредством каната, перекинутого через муфту стана. Рабочий, держа свободный конец каната, в нужный момент натягивает его, чем вызывает трение между канатом и муфтой; благодаря трению происходит захват каната и подъем стола.

Тяжелые столы располагают с обеих сторон прокатной клети. Для приведения в движение столов устанавливается один общий двигатель. Столы приводятся в движение от гидравлических цилиндров, реверсивных паровых машин или от электромоторов. Для уменьшения расхода энергии при подъеме столов вес столов в значительной части уравновешивается при помощи противовесов или у больших столов при помощи гидравлических цилиндров. Уравновешивающее приспособление делается общим для обоих столов. Подъемные столы представляют собой две рамы, на которых помещаются ролики. Рамы отливают из стали или же изготовляют из широкополочных балок. Иногда рамы делают клепаными, но они менее надежны, т. к. быстро расшатываются в соединениях и требуют частого ремонта. Ролики у легких столов делаются холостыми, у более тяжелых—приводными от электромотора. Длина приводных роликов равна ширине подъемного стола. Подъемный стол с приводными роликами, изобретенный американцем Фритцем более 50 лет тому назад, был громадным шагом вперед в смысле улучшения прокатных станов. С небольшими видоизменениями подъемный стол Фритца быстро был введен на лучших заводах Европы и в настоящее время является необходимейшим механическим приспособлением при листовых станах и крупносортных трио. Холостые ролики обычно делают короткими, узкими и небольшого диаметра. Чтобы болванка не попадала в промежутки между роликами, более длинные ролики чередуют в шахматном порядке с более короткими. Общая ширина столов равна рабочей длине валков. Передача к роликам, как и у рольганга, применяется коническая, цилиндрическая или кривошипно-шатунная. Мощность двигателей для роликов в виду тяжелых условий д. б. на 20% больше, чем у роликов рольганга. Время подъема столов 1,5—2,5 сек.

Все подъемные столы имеют направляющие, прикрепляемые обычно к станинам. В тяжелых столах, перемещающихся параллельно самим себе, этих направляющих бывает недостаточно, и тогда столы имеют еще направляющие, укрепляемые на фундаменте у задних концов стола. Столы покоятся на особых подставках с деревянными или резиновыми подкладками, исполняющими роль буферов при опускании столов. Качающиеся столы в большинстве случаев делаются длиннее подъемных и доходят до 12 *м*. Длина стола выбирается так, чтобы уклон его был не более 1 : 10 или 1 : 12; иначе, как показывает опыт, прокатываемые листы не могут скатываться по роликам к валкам. Ролики качающихся столов б. ч. бывают холостыми. Приводные ролики получают вращение от электродвигателя, причем передача применяется кривошипно-шатунная. Качающиеся столы для универсальных станов снабжают передвижными боковыми направляющими для прокатываемых полос. Для удобства передачи листов к правильным прессам, ножницам и т. д. задний конец стола может подниматься и опускаться. Необходимо обратить внимание на выбор места для управления всеми движениями подъемных столов во время хода прокатки. Ради сбережения рабочих рук все управление различн. аппаратами должно быть сконцентрировано в одном месте. Площадка для машиниста, где д. б. сосредоточены реостаты, управление распределительными золотниками для гидравлических цилиндров и т. д., должна устраиваться на особом помосте над столами или сбоку стола. В том и другом случае машинист должен иметь возможность следить за ходом прокатки и за указаниями вальцовщиков.

Передвижные столы применяются взамен рабочих рольгангов, исполняя одновременно роль шлеперов при дуо-станах и подъемных столов при трио-станах. Передвижные столы представляют собою рольганги на колесах или качающиеся столы на особых тележках, передвигающихся и в том и в другом случае вдоль линии клетей. При небольшом числе клетей достаточно иметь два таких стола: один впереди, а другой стол позади стана (фиг. 102). При наличии четырех клетей лучше иметь по два стола с каждой стороны. Преимущества этих столов заключаются в сокращении расходов по эксплоатации, в меньшем штате рабочих, дешевизне установки, простоте и дешевизне фундаментов и пр.; при четырех столах один стол может заме-



Фиг. 102.

нять другой. Главное преимущество передвижных столов состоит в том, что ролики их м. б. значительно короче роликов рольганга и подъемных столов. Вместо обычной длины 1 500—2 000 *мм* и выше ролики передвижных столов имеют длину 600—800 *мм*. Диаметры роликов, а также их вес будут меньше, что значительно облегчает передачу и понижает мощность двигателя. Рамы таких столов делают клепаными или из широкополочных балок Грея высотой 600 *мм*. Передвижение столов по рельсам и вращение роликов всегда производится при помощи электромоторов. Площадка машиниста, чтобы он мог хорошо видеть путь, располагается на высоте 2 *м* и на расстоянии 10 *м* от прокатных валков. Полный ход такому столу дается лишь при порожнем ходе без груза от последней клети к первой. Моторы снабжают электромагнитными тормозами. Передвижные столы снабжают боковыми направляющими из универсального железа и иногда кантовальными приспособлениями с угольниками из кованого железа. Удобства перемещения металла от ручья к ручью, от стана к стану, вперед и назад, вверх и вниз находятся всецело на стороне передвижных столов. На сборку и установку готовых передвижных столов требуется гораздо меньше времени, чем для постоянных рольгангов или подъемных столов. Несмотря однако на все перечисленные преимущества передвижных столов, область их применения ограничивается исключительно крупносортными станами для прокатки тяжелых профилей. Для обжимных, листовых или универсальных станов они не могут дать каких-либо преимуществ. Расстояние между рельсами для передвижения столов составляет 5—6 *м*. Длина столов доходит до 18 *м*, поэтому движение столов производится по двум или по четырем рельсам. Расстояние между роликами 1—2 *м*, ширина стола ~1 *м*.

Лит.: [1]) Адамецкий К., Графич. метод организации работ в прокатном цехе, «Вестник металлопромышленности», М., 1924, *4—6*, стр. 75; [2]) Гавриленко А. П., Механич. технология металлов, ч. 3, Обработка металлов давлением, 3 изд., М., 1925.—Тиме И. А., Справочная книга для горных инженеров и техников, 2 изд., СПБ, 1910; Верещагин Н. С., Универсальные прокатные станы, СПБ, 1910; его же, Непрерывные прокатные станы, СПБ, 1913; его же, Альбомы детальных чертежей прокатных станов, СПБ, 1915; его же, Двигатели при прокатных станах, СПБ, 1908; его же, Выбор двигателей при прокатных станах в зависимости от их эксплоатации, СПБ, 1910; его же, Рациональное использование силовой энергии на доменных и прокатных з-дах, СПБ, 1914; Виноградов А., Основы калибровки прокатных валков, Екатеринослав, 1925; Воскресенский Н., Производство стальных труб без шва, П., 1922; Ледебур А., Ковка, прессовка, прокатка и волочение, пер. с немецкого, СПБ, 1900; Бергман О., Горячая обработка металлов, пер. с шведского, М.—Л., 1928—29; Жев Л., Ковка и прокатка, пер. с франц., ч. 2, Л., 1928; его же, Калибровка валков, пер. с франц., Л., 1929; Кодрон С., Горячая обработка металлов, пер. с франц., т. 1, Москва, 1929; Гольферштейд А., Прокатные станы, пер. с нем., Берлин, 1926; Щировский В., Конструкция прокатных станов и их оборудование, М., 1930; Леобнер Г., О маннесмановском способе прокатных труб, СПБ, 1898; Справочная книга Hütte для металлургов, пер. с нем., М.—Л., 1927; Jordan S., Album du cours de métallurgie, P., 1875; Nevcu F. et Henry L., Manuel pratique de laminage du fer, P., 1881; Geuze L., Le forgeage et le laminage, P., 1922; Geuze L., Traité théorique et pratique de laminage du fer et de l'acier, 2 éd., P., 1921; Geurgeot M., Fabrication du fer blanc, 2 éd., Paris, 1907; Codron C., Procédés de forgeage dans l'industrie, 2 éd., t. 1—3, P., 1926; Dürre E., Die Anlage u. der Betrieb d. Eisenhütten, B. 1—3, Lpz., 1882—92; Bousse A., Die Fabrikation nahtloser Stahlrohre, Hannover, 1908; Peter F., Die Kupplungen d. Walzwerke, Halle, 1914; Dencer F., Detailing a. Fabricating Structural Steel, N. Y., 1924; Harbor F. a. Hall J., The Metallurgy of Steel, 7 ed., L., 1923. Периодические издания: «Вестник металлопромышленности», М.; «Технико-экономический вестник», М.; «Вестник технологов», СПБ.; «ГЖ»; «Техника и производство», М.; «Уголь и железо», Харьков; «Металлургия», Л.; «Z. d. VDI»; «GC»; «Revue de Métallurgie», P.; «Engineer», L.; «Engineering», L.; «The Iron Age», N. Y.; «The Blast Furnace a. Steel Plant», Pittsburgh; «Iron a. Coal Trades Review», L.

III. Прокатка черных металлов.

П. сортового железа. Удешевление катаных изделий достигается путем механизации процессов П. и увеличения производительности прокатных станов, их специализации и приспособления к массовому производству. Деление прокатных станов по прокатываемому продукту приведено выше, см. «Конструкция прокатных станов», ст. 18. Указанная специализация заграницей охватывает часто целые заводы: один завод прокатывает крупносортное железо, балки, швеллеры, рельсы, другой — мелкосортное железо и проволоку, третий—листовое железо, четвертый — кровельное железо или жесть; наконец отдельные з-ды прокатывают исключительно трубы, или бандажи, колесные диски и т. д. П. больших тяжелых слитков имеет следующие преимущества: слитки медленнее остывают, увеличивается производительность прокатных станов, вследствие большего обжатия улучшается качество металла; к недостаткам следует отнести повышение веса слитков, увеличение их неоднородности, увеличение усадочной раковины и повышение количества обрезков. Иногда вместо крупной заготовки выгоднее применять слитки малого веса. Вес и сечение тяжелых слитков при длине 1,2÷2,25 *м* обычно составляют:

Вес в *т*	Сечение в *мм*	Вес в *т*	Сечение в *мм*
2,5	450×500	7,0	655×735
3,0	450×550		700×700
4,0	530×530	8,0	575×875
5,0	530×600		800×1000
6,5	600×700		

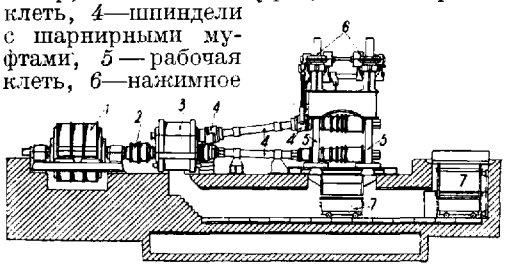
Более легкие слитки имеют значительно меньшее сечение:

Вес в *т*	Сечение в *мм*	Вес в *т*	Сечение в *мм*
1,0	350×350	0,25	200×200
0,5	250×250	0,15	150×150

Заготовка. Обычно стремятся прокатывать полосу нужного профиля с одного нагрева; при этом может получиться полоса слишком большой длины, поэтому выгоднее, прокатывая тяжелые слитки, получать так наз. заготовку, т. е. такой полуфабрикат, из к-рого можно на другом стане прокатать нужное изделие. Обычно заготовка прокатывается квадратной, но иногда и прямоугольной формы. Крупная заготовка (блумы), получаемая с блуминга, имеет размеры 250×250 *мм*, 200×200 *мм* или 150×150 *мм*. Длина крупной заготовки варьирует 1÷4,5 *м*. На заводах США крупная заготовка б. ч. раскатывается на непрерывных станах в более мелкую, сначала до 100×100 *мм* и затем, на второй линии непрерывного заготовочного стана, до 38×38 *мм*; мелкая квадратная заготовка варьирует в пределах в 89—77—63—51—44—38 *мм*. Наиболее ходовой для мелкосортных станов яв-

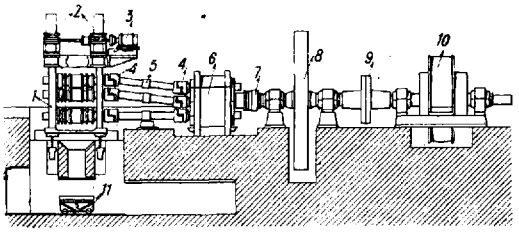
ляется заготовка в 38 и 44 *мм* и наименьшая заготовка, применяемая (как исключение) в США для мелкосортных станов,—это квадратная заготовка в 35 *мм*. Длина мелкой заготовки в США стандартизована и составляет 9 *м*. Иногда 9-*м* заготовка у сортопрокатных станов разрезается в холодном состоянии на части длиной 4,5 — 1 *м*. На европ. блумингах крупная заготовка прокатывается до размера 100 × 100 *мм* и очень редко до 90 × 90 *мм*. Разрезается крупная заготовка обычно на части длиной 3 — 1 *м*. Более мелкая заготовка раскатывается на обжимных станах. Минимальный размер мелкой заготовки на европ. заводах составляет 50 × 50 *мм*, очень редко 45 × 45 *мм*.

Блуминги. Тяжелые слитки в настоящее время обычно прокатывают на специальных обжимных станах, называемых блумингами. На фиг. 103 изображен дуореверсивный блуминг, где *1* — реверсивный мотор, *2*—главная муфта, *3*—шестеренная клеть, *4*—шпиндели с шарнирными муфтами, *5* — рабочая клеть, *6*—нажимное



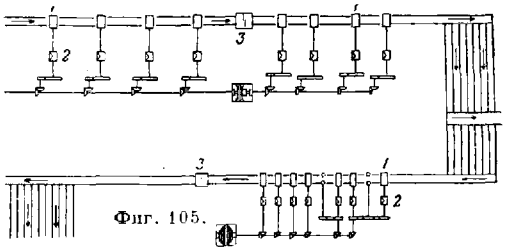
Фиг. 103.

устройство для нажима валков с приводом от электромотора, *7* — вагонетки для окалины с приспособлением для подъема; на таком блуминге прокатывают слитки весом 4—8 *т* в блумы 130 × 130 *мм* и в слябы шириной до 1 100 *мм*. На фиг. 104 изображен трио-блуминг, где *1*—рабочая клеть, *2*—нажимное устройство, *3*—электромотор для нажимного устройства, *4*—шарнирные муфты, *5*—шпиндели, *6*—шестеренная клеть, *7*—главная муфта, *8*—маховик, *9*—упругая муфта,



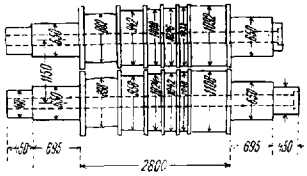
Фиг. 104.

10—электромотор, *11*—вагонетка для окалины. На таких блумингах с подъемным средним и верхним валком прокатывают слитки весом 1—2 *т* в блумы от 100 × 100 *мм* до 180 × 180 *мм* и слябы шириной до 550 *мм*. Дуо-реверсивные блуминги имеют диаметр валков 900—1 150 *мм* (в США диам. валков достигает до 1 350 *мм*), а трио 700—850 *мм* (в США бывают до 1 150 *мм*). Длина валков колеблется от 2 000 до 2 800 *мм*. Большинство блумингов состоит из одной клети. Блуминги в несколько клетей встречаются мало; это б. ч. блуминги специального назначения; напр. в США имеются 4 непрерывных блуминга, один из к-рых (на заводе Форда в Детройте) имеет 8 клетей, из них 4 клети 1 067 *мм* и 4 клети 813 *мм* (фиг. 105, где *1*—рабочая клеть, *2*—шестеренная клеть, *3*—ножницы). Единственный образец непре-

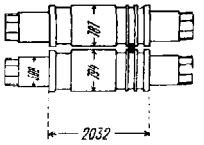


Фиг. 105.

рывной прокатки тяжелой болванки (5 *т*) в мелкую заготовку сечением до 50 × 50 *мм* представляет установка из блуминга (на заводе Гэрри в США), состоящего из 9 клетей дуо; валки первой группы (из 4 клетей) имеют диам. 1 016 *мм*; валки второй группы (из 5 клетей) — 813 *мм*; за блумингом расположены 2 непрерывных заготовочных стана с диаметром валков в 610 и 457 *мм*. Различают две системы калибровки валков блумингов: немецкие и американские. При нем. системе калибровки слиток раскатывают на блуминге до заготовки 100 × 100 *мм*, иногда до 90 × 90 *мм*. Валки подобного блуминга при длине до 2 800 *мм* (фиг. 106) имеют 6—7 ручьев. При американской системе калибровки (фиг. 107) слиток раскатывают до 200 × 200 *мм* и редко до 150 × 150 *мм*; ручьев всего лишь два или три, однако на средней части валка имеется гладкая часть, на которой можно прокатывать слябы. Валки американских



Фиг. 106.



Фиг. 107.

блумингов имеют длину 2 000—2 600 *мм*. Слиток раскатывают на гладкой части и когда он достаточно обжат, его пускают в ручей. Благодаря полной механизации блуминга не требуется рабочих и прокатка происходит автоматически. Все управление работой блуминга (реверсирование валков, подъем верхнего валка, работа манипулятора и кантовального аппарата, рольгангов, нажим верхнего валка) централизовано. Вся установка обычно обслуживается двумя машинистами. Последовательность операций следующая. Слитки, нагретые в нагревательных колодцах (см. *Печи*) специальным краном подаются на опрокидыватель, расположенный у начала рольганга, который приводит слитки из вертикального положения в горизонтальное. Иногда слиток подается при помощи особой тележки с опрокидывателем, двигающимся вдоль колодцев. После опрокидывания слитка приводится в движение рольганг, к-рый подводит слиток к валкам. В это время пускается в ход двигатель и слиток, захваченный валками, прокатывается и переходит на заднюю сторону. Для дальнейшей П. слитка рольганг и двигатель реверсируют. Слиток, захваченный валками, прокатывается вторично. При каждом

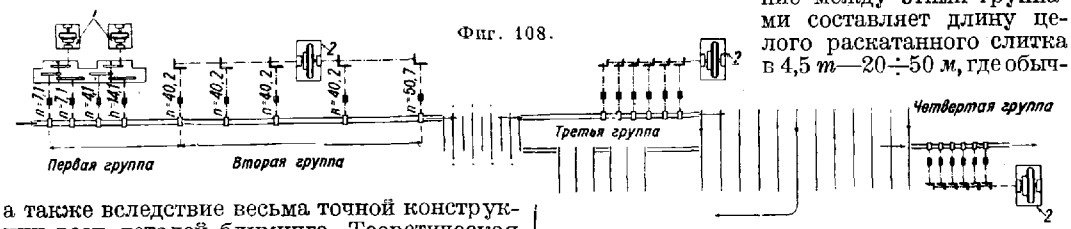
пропуске слитка происходит опускание верхнего валка особым приспособлением, действующим от мотора. Подъем верхнего валка продолжается 14—18 ск. при полной высоте подъема до 900—1 000 *мм*. В валки слиток направляется при помощи манипулятора. Манипулятор расположен с обеих сторон блуминга и служит для направления слитка в соответствующий ручей и для выпрямления его, в случае если он согнулся при прокатке. Манипулятор представляет собой две линейки, между которыми зажимается слиток. Один из манипуляторов имеет кантовальный аппарат с крючками для кантования слитка. Линейки манипулятора передвигаются поперек рольганга помощью зубчатых реек, приводимых в движение гидравлическим или электрическим мотором. После нескольких пропусков, когда слиток получает прямоугольное сечение, его кантуют на 90°, что производится при помощи крючков кантовальным аппаратом. Слиток опять принимает квадратную форму и прокатывается снова до тех пор, пока не примет прямоугольного сечения, после чего опять кантуется, если не имеется в виду прокатывать слябы, т. е. плоские заготовки. Все эти операции повторяются до тех пор, пока слиток не примет необходимого сечения. В табл. 8 приведены данные прокатки слитка в 4,5 *т* (по американск. калибровке).

Табл. 8.—Последовательное изменение сечения слитка весом 4,5 *т* и потребное время при прокатке на блуминге.

Пропуск	Поперечное сечение в *мм*	Длина в *мм*	Время в ск.		Пропуск	Поперечное сечение в *мм*	Длина в *мм*	Время в ск.	
			пропуск	пауза				пропуск	пауза
—	610×533	2 060	—	—	9	254×305	7 825	3,05	2,5
1	533×533	2 230	1,51	2	10	203×305	9 780	3,65	5
2	470×533	2 065	1,66	3	11	267×203	11 180	3,84	3
3	457×470	2 820	1,60	2	12	229×203	13 030	4,34	3,0
5	406×470	3 175	2,14	2	13	203×203	14 680	4,98	3,5
4	356×470	3 630	1,82	2	14	152×203	19 560	5,14	5
6	305×470	4 240	2,07	5	15	152×152	26 085	6,28	4
7	394×305	5 055	2,50	2,5	16	127×152	31 340	7,05	6
8	330×305	6 020	2,85	2,5	17	127×127	37 590	7,35	10
						Итого		60,33	63

Полученный блум (длиною 37 590 *мм*) разрезают на полосы длиною ≯ 3—4 *м*. Быстрота работы происходит гл. обр. вследствие весьма точной и быстрой работы манипулятора, а также вследствие весьма точной конструкции всех деталей блуминга. Теоретическая производительность подобного блуминга при прокатке блумов 150×150 *мм* составляет около 900 000 *т* в год. Средняя производительность современного блуминга при прокатке блумов сечением 200×200 *мм* составляет 1 200 000 *т* в год. Если же на блуминге будет прокатываться заготовка до 100×100 *мм*, как это делается на герм. заводах, то его производительность резко понижается и составляет лишь около 300 000—400 000 *т* в год. Для приведения в движение указанных выше блумингов применяют исключительно моторы постоянного тока с агрегатом Ильгнера. Почти у всех тяжелых блумингов США моторы имеют мощность по 7 000 HP (крутящий момент равен 300 метро-тонн). Агрегат Ильгнера обычно состоит из мотора трехфазного тока, мощностью около 5 000 HP с маховиками, регулятором скольжения и 2 генераторами постоянного тока 3 000 HP. Для разрезки прокатанного блума ставят ножницы с режущей способностью 400×400 *мм*÷200×200 *мм*. Расстояние от конца заднего рабочего рольганга до ножниц равно длине прокатанной полосы как для крупных, так и для меньших встречающихся сечений. Расстояние между валком блуминга и первым роликом рабочего рольганга берут ок. 600 *мм*. Расстояния между роликами подводящего переднего рольганга—700 *мм*, что определяется возможностью прокатывать самые короткие слитки, которые иногда имеют длину 1 200 *мм*. Диам. роликов около 450 *мм*. Окружная скорость роликов 1,8—2,2 *м/ск*. Выход годного при прокатке на блуминге для металла торгового качества составляет ок. 90%, для стали специального качества 85÷70%. Америк. тяжелые блумминги отличаются от немецких тем, что слиток на блуминге прокатывается в крупную заготовку, к-рая затем раскатывается в более мелкую заготовку на непрерывных заготовочных станах.

Непрерывные заготовочные станы ставятся на продолжении оси рольганга за ножницами блуминга. Непрерывные станы служат для производства заготовки для сортовых станов, стрипсов для сварных труб и полосового железа для строительных целей. На старых заводах за блумингом расположен непрерывный заготовочный стан с 8—10 клетями 475 — 500 *мм*, а в станах новой конструкции эти клети разбиты на две последовательно расположенных группы (3-я и 4-я группы на фиг. 108; *1*—моторы по 2 000 HP, *2*—моторы по 6 000 HP): одна (3-я группа) из 4—6 клетей ⌀ 525—600 *мм*, другая (4-я) 5—6 клетей ⌀ 450 — 475 *мм*; расстояние между этими группами составляет длину целого раскатанного слитка в 4,5 *т*—20÷50 *м*, где обычно устанавливают ножницы для обрезки растрепанных концов, для разрезки недоката и разрезки заготовки на части. При старом расположении заготовка должна проходить все 8—10 клетей, независимо от того, какого сечения требуется заготовка. Во втором расположении часть заготовки после первых 4—6 клетей м. б. передана на другие сортовые станы; кроме того разбивкой стана на 2 группы облегчается настройка ста-



Фиг. 108.

на. В первой группе блумы обжимаются от сечения 200×200 *мм* до 100×100 *мм*, а во второй группе—от 100×100 *мм* до 44×44 *мм* и даже до 38×38 *мм*. Так как на этих непрерывных станах катают много полосового железа (стрипсы и широкополосное), то обычно кроме горизонтальных валков имеются еще отдельные клети с вертикальными валками (эджеры), назначение которых только дать точный размер ширины полосы и правильную кромку. Обжатие этими валками производится весьма незначительное в отличие от специальных станов, имеющих прочные вертикальные валки, приводимые отдельными моторами, напр. в станах для прокатки балок с широкими фланцами. Вертикальных валков б. ч. устанавливается 3 пары: одна пара в первой группе и 2 пары во второй, иногда же все 3 пары во второй группе или только 2 пары во второй группе. Привод вертикальных валков—от самостоятельных моторов или от приводного вала соседней шестеренной клети. Вторая группа имеет такое же расположение, если не считать клетей с вертикальными валками, к-рые располагаются между клетями с горизонтальными валками. Все шестеренные клети закрытой конструкции. Рабочие клети связываются общими крышками. Валки имеют несколько ручьев, но одновременно прокатывается только одна полоса. Диаметры валков увеличиваются от первой пары к последней на 25—50 *мм*. Обжатия даются нормальные, как и при обыкновенном способе прокатки. Калибровка применяется как обычная, с поворачиванием заготовки на 90°, так и по системе квадрат-овала. Обычно каждая группа имеет отдельный мотор, причем имеется возможность менять число оборотов. За второй группой располагаются летучие ножницы, имеющие приспособление для разрезки заготовки на определенную длину. После разрезки квадратная заготовка отвозится при помощи рольганга. Полосы или стрипсы после разрезки автоматически ложатся одна на другую в стопку, и каждая стопка, полученная от разрезки одной прокатанной заготовки, убирается мостовым краном на склад. Стелюги располагают по обе стороны отводящего рольганга. За стелюгами находятся склады холодной заготовки. На складе, если требуется, вся заготовка осматривается и сортируется. Вся сталь специального назначения (автомобильная, для с.-х. машин) подвергается очистке пневматич. зубилами. При одновременной работе с блумингом непрерывно-заготовочные станы могут пропустить все, что дает им блуминг, но в течение месяца или года их производительность меньше таковой блуминга, т. к. последний может иметь меньше простоев.

Сортовые станы. На сортовых станах прокатывают следующий основной сортамент сортового, профильного железа и стали:

Круглое с диаметром	8—300 *мм*
Квадратное со стороною квадрата	8—250 »
Полосовое шириной	12—400 »
Шинное шириной	40— 65 »
Обручное шириной	12—300 »
Угловое высотой полки	20—200 »
Швеллерное высотой полки	50—300 »
Двутавровое высотой	80—500 »
Тавровое высотой	15—140 »
Тавровое низкое высотой	38—200 »
Железо Зоре высотой	120—240 »
Квадрантное для колонн со стороной квадранта	50—150 »
Трамвайные рельсы высотой	88—210 »
Ж.-д. рельсы (в 1 *п. м*)	3— 70 *кг*

Кроме перечисленного основного сортамента прокатывается ряд других профилей, которые можно найти в Общесоюзном стандарте (ОСТ) на черные прокатные металлы. Программа П. дана в табл. 9.

Табл. 9.—Программа П. сортовых и фасоннопрофильных станов (по Hütte).

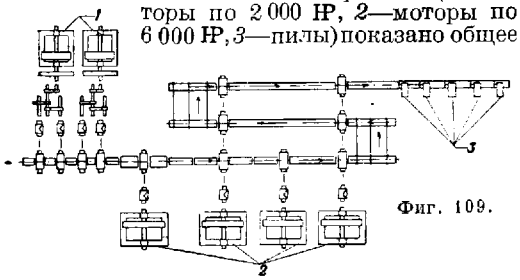
Диам. валков, *мм*	*1	*2						*3	*4				
900—950	—	—	100—250	100—300	130—200	200—300	300—500	—	—	—	—	30—70	—
800—850	230—400	—	90—180	90—220	130—200	180—280	250—400	—	—	180—240	100—150	25—50	100—210
700—750	150—275	—	80—150	80—170	90—180	140—220	150—260	110—140	120—200	140—200	75—100	16—35	88—100
600—650	110—200	130—300	60—120	60—120	80—130	90—160	110—180	80—120	90—160	120—140	50	12—22	—
500—550	80—150	80—200	50—80	50—80	60—110	65—120	80—140	50—90	80—100	—	—	7—15	—
400—450	50—100	50—100	30—50	30—55	40—70	40—80	80—100	35—60	60—80	—	—	3—7	—
350	35—70	35—90	20—40	20—45	30—50	30—60	—	30—50	38—60	—	—	—	—
300	20—40	25—80	10—30	10—35	15—35	30	—	15—40	—	—	—	—	—
250	10—30	8—50	8—20	8—25	15—30	—	—	15—25	—	—	—	—	—

*1 Полосовое. *2 Шинное и обручное. *3 $b=h$. *4 $b=2h$.

Балочные станы для прокатки тяжелых профилей балок до № 50 имеют 3 клети дуо с диам. валков 850—900 *мм* при длине их в отделочных клетях 2 100—2 200 *мм* и в подготовительных клетях—2 200—2 400 *мм*. Первая клеть с установкой для восьми пропусков в четыре ручья, во второй и третьей клети в шести закрытых ручьях—прокатка начисто. Стан имеет реверсивн. двигатель с 50—140 об/мин., рольганг со шлеппера ми или передвижные столы. Наибольшая длина прокатываемых балок 60—75 *м*. Для профилей балок № 40 и реже для рельсов применяют иногда стан с 4 клетями, из них 1—2 с установкой верхнего валка, если нет специального обжимного стана, 17—19 пропусков, а остальные—клети-дуо или трио; диаметры валков—750—830 *мм*, реверсивный двигатель с 50—140 об/мин. При расположении трио применяют либо 2 подъемных стола с кантовальным аппаратом впереди валков у первой клети, а у остальных клетей по одному качающемуся столу позади валков, либо все клети обслуживаются передвижными подъемными столами. При расположении дуо применяют рольганг со шлеппера ми или передвижные столы с роликами. Длина прокатываемых балок 70—90 *м*; окружная скорость роликов 1,8—2,4 *м/сек*. Для разрезки применяют пилы.

Рельсовые станы. Общее расположение—как у балочных станов; диам. валков

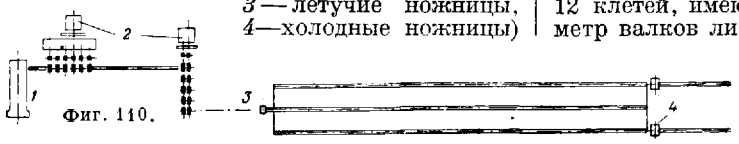
650—750 *мм*. Последняя клеть имеет только отделочные калибры для рельсов и в нее м. б. вставлены добавочные ролики для прокатки трамвайных рельсов. Длина прокатываемых рельсов 60—72 *м* (4 рельса по 15 или 18 *м*), длина шпал до 80 *м*. Для разрезки рельсов применяют пилы, а для разрезки шпал—ножницы. При станах имеются стелюги со шлеппе́рами и отделочная мастерская с большим количеством станков для правки, фрезеровки концов и сверления дыр в рельсах. Америк. специальные рельсопрокатные станы производят 500—600 *т* в 1 смену, работая почти автоматически. На фиг. 109 (*1*—моторы по 2 000 HP, *2*—моторы по 6 000 HP, *3*—пилы) показано общее



Фиг. 109.

расположение американск. рельсового стана на з-де Гэрри. На этом стане слиток весом 3,7 *т* и сечением 500×610 *мм* прокатывается на рельсы весом 42,4 *кг/п. м* в 18 пропусков. Производительность этого стана около 1 200 000 *т* в год.

Среднесортные станы разделяются на обыкновенные (одна черновая клеть 600—650 *мм* и 3 или 4 чистовые клети 400—500 *мм*), непрерывные и полунепрерывные, причем последние состоят из 2 групп клетей. Первая группа клетей полунепрерывных станов (фиг. 110: *1*—печь, *2*—моторы, *3*—летучие ножницы, *4*—холодные ножницы)

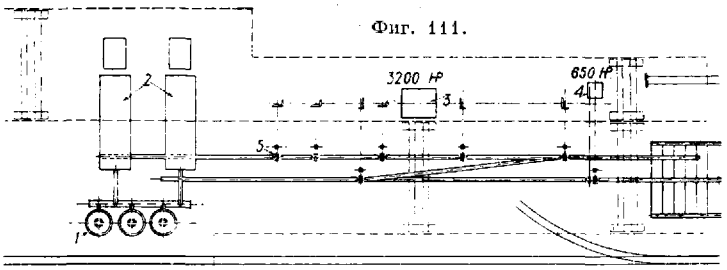


Фиг. 110.

служит для непрерывной П. заготовки и заменяет черновую линию обыкновенных станов; вторая же группа клетей является чистовой линией для периодич. П. Непрерывную заготовочную группу клетей применяют в настоящее время б. ч. во всех сортовых станах как европ., так и америк. заводов. Диам. валков непрерывной группы клетей полунепрерывного среднесортного стана, состоящего из 4—6 клетей дуо, имеет 450 *мм*. Диам. валков чистовой линии, состоящей из 3—4 клетей трио, имеет 400 *мм*. Обслуживание среднесортного стана производится посредством крышевых подъемов и рольгангов, а также подъемных столов. Между непрерывной группой и чистовой линией устанавливают б. ч. ножницы; позади чистовой линии—рольганг с пилами. Длина прокатываемого материала около 50—60 *м*. Для охлаждения прокатанных полос применяют механические стелюги с холодными ножницами. Последнее время среднесортные станы стали изготовлять типа кросс-контри, как показано на фиг. 111, на которой изображен среднесортный стан 450 *мм* (завода Гэрри), где *1*—газогенераторы, *2*—печи, *3*—мотор в 3 200 HP, *4*—мотор в 650 HP, *5*—рабочая клеть (всего 7 рабочих клетей).

Для правки нек-рых профилей, в особенности стали, в последнее время начали применять роликовые правильные станки, причем одновременно правится до 5 полос. За ножницами иногда имеются автоматич. весы для взвешивания каждой полосы пачки. Производительность полунепрерывных станов 400—600 *т* в сутки. Выход годного составляет в среднем 82%. Непрерывные среднесортные станы для прокатки сортового и профильного железа и стали пока мало распространены даже в США за исключением непрерывных станов для прокатки широких полос. Полосовое железо, прокатываемое на этих станах в значительных количествах, служит заготовкой для тонколистовых, кровельных (сутунка) и трубопрокатных (стрипсы) станов. При прокатке на непрерывных станах профильного железа встречаются затруднения со стороны калибровки. Располагать клети на таком расстоянии друг от друга, чтобы происходила последовательная П. с перерывами, неудобно, т. к. пришлось бы слишком удлинять прокатную мастерскую. Выходом из этого положения является особая система стана, кросс-контри или зигзагообразная (см. выше «Конструкция прокатных станов»). При прокатке широкополосного железа точность профиля по ширине достигается установкой нескольких пар вертикальных валков. Непрерывные станы для прокатки широкополосного железа имеют обыкновенно следующее расположение: 10—12 клетей, имеющих либо одинаковый диаметр валков либо (чаще) клети разбиты на 2 группы: первая с валками диам. 450—700 *мм* и вторая 350—500 *мм* с 2—3 парами вертикальных валков. Расстояние между клетями постепенно увеличивается, примерно до 5—15 *м*, иногда до 45 *м*. На таких станах катают полосы шириной до 1 200—1 350 *мм*. Средняя производительность новейших непрерывных станов 30 000—60 000 *т* и более в месяц. Выход годного 90—94%. В Германии для проката широких полос применяют также трио-станы с диаметром валков от 600 до 800 *мм* с двумя или одной клетью,

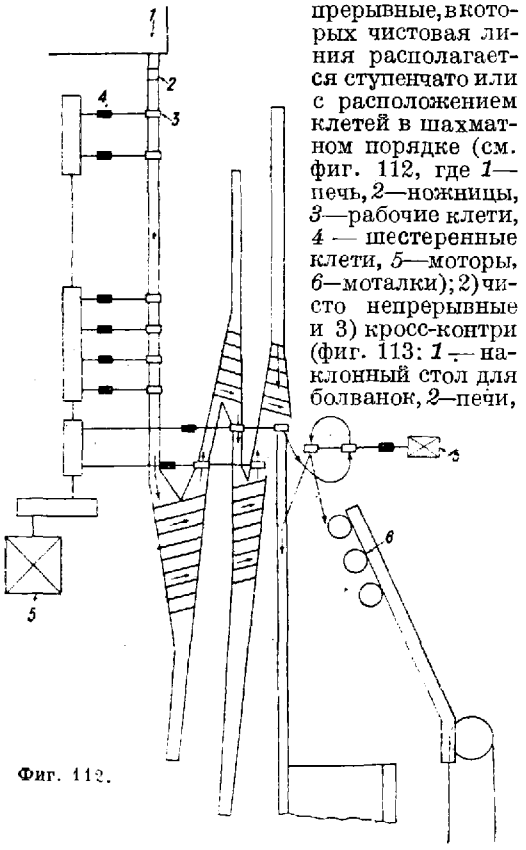
Фиг. 111.



с присоединением обыкновенно специальной полировочной клети.

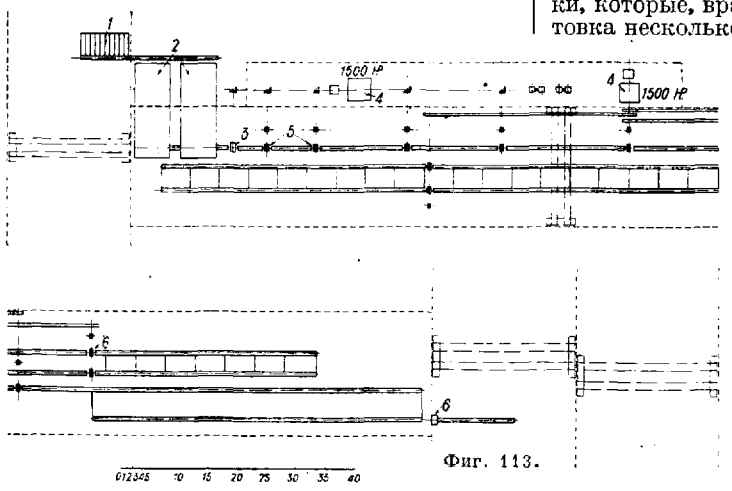
Мелкосортные станы в Европе представляют большое разнообразие как по расположению клетей, так и в особенности

по диам. валков. Америк. же мелкосортные станы стандартизированы как по диам. валков, так и по расположению клетей. По расположению клетей америк. мелкосортные станы разбиваются на группы: 1) полунепрерывные, в которых чистовая линия располагается ступенчато или с расположением клетей в шахматном порядке (см. фиг. 112, где *1*—печь, *2*—ножницы, *3*—рабочие клети, *4* — шестеренные клети, *5*—моторы, *6*—моталки); 2) чисто непрерывные и 3) кросс-контри (фиг. 113: *1* — наклонный стол для болванок, *2*—печи,



Фиг. 112.

3—горячие ножницы, *4*—моторы по 1 500 HP, *5*—рабочие клети, *6*—холодные ножницы), иногда с комбинированным расположением



Фиг. 113.

кросс-контри и шахматным расположением клетей (фиг. 114: *а*—печи, *б*—горячие ножницы, *в*—мотор в 1 500 HP, *г*—мотор в 2 000 HP, *1—12*—рабочие клети). По диаметру валков мелкосортные станы разбиваются на станы с диаметром валков 300 *мм* (I), 250 *мм* (II) и 200 *мм* (III). В табл. 10 приведены америк. полунепрерывные мелкосортные станы с указанием диам. валков и числа клетей.

Табл. 10.—Американские полунепрерывные мелкосортные станы (Ришарм).

Станы		Группы клетей		
		непрер. обжимн.	черновая	чистовая
I	⌀ валка в *мм*	400—450	350—400	300
	Число клетей	4—6	4	2—4
II	⌀ валка в *мм*	350—400	300	250
	Число клетей	4	4	2—4
III	⌀ валка в *мм*	300—350	250	200
	Число клетей	4	4—6	2

Непрерывная обжимная группа имеет обычно 4—6, но иногда 8—10 клетей, к-рые делятся на 2 группы, напр. 6 и 2 или 4 и 2 клети. Однако и такое расположение клетей является для сортового железа недостаточно гибким и группу обжимных клетей подразделяют по 3 или 2, а иногда при 4 клетях все 4 клети устанавливают на нек-ром расстоянии друг от друга. Черновая и чистовая линии для прокатки петлями имеют 8, 6 или 4 клети, расположенные ступенчато в разных комбинациях, для получения небольших петель при переходе полосы из одной клети в другую. Соответствующие комбинации представляют:

4 + 4	= 8 клетей	2 + 2 + 1 + 1	= 6 клетей
2 + 2 + 2 + 2	= 8 »	2 + 2	= 4 клети
2 + 2 + 2	= 6 »	3 + 1	= 4 »

Применяемая для прокатки заготовка имеет размеры от 50 × 50 *мм* до 100 × 100 *мм* и длиной 5÷9 *м*; при более мелких сортах применяется заготовка сечением 44 × × 44 *мм*. Станы обслуживаются одной или двумя печами морганов ского типа. При выдаче длинной заготовки через боковое окно первая клеть непрерывной группы валков в новых станах располагается на расстоянии 2—2½ *м* от печи. Между печью и клетью устанавливают особые гофрированные ролики, которые, вращаясь после того как заготовка несколько вытолкнута из печи, вытаскивают ее из печи и направляют к первой клети. Одновременно здесь происходит удаление окалины. При прокатке мелких размеров перед первой клетью нередко устанавливают ножницы для разрезки заготовки на части. В новых станах непрерывная группа клетей имеет отдельный мотор, а остальные клети обслуживаются одним или двумя моторами. Общая мощность моторов колеблется в пределах 2 500÷5 000 HP. На нек-рых новейших заводах каждая клеть имеет отдельный мотор. Напр. на заводе Соут-Чикаго полунепрерывный мелкосортный стан имеет 14 моторов общей мощностью 12 000 HP. Мощность моторов на один пропуск колеблется в зависимости от мощности установленных моторов, правильной организации работы (короткие петли), приближающейся к непрерыв-

ной прокатке, и от работы печи. Из табл. 11 видно, что средняя мощность на один пропуск варьирует в пределах 153÷314 HP и в среднем составляет 232,6 HP.

Табл. 11.—Средняя мощность на один пропуск (Ришарм).

Наименование стана	Число пропусков	Общая мощн. моторов, HP	Мощн. на 1 пропуск, HP
300-*мм* Брокгаузен . .	14	4 400	314
300-*мм* № 7 Дюкень . .	10	3 000	300
300-*мм* № 2 Гэрри . .	9	2 500	278
300-*мм* № 1 » . . .	10	2 650	265
250-*мм* № 2 » . . .	17	4 300	253
250-*мм* № 6 Дюкень .	10	2 000	200
250-*мм* Кнютанж . . .	11	2 100	191
250-*мм* № 1 Гэрри . .	12	2 000	167
200-*мм* Кантон	16	2 400	153
Всего . . .	109	25 350	232,6

Нормальная длина холодильников у мелкосортных станов составляет в Европе 45—60 *м*, в США 60—100 *м*. Значительная длина америк. холодильников объясняется большим весом заготовки, к-рая в горячем виде не разрезается, иначе получится меньший выход. Выход годного для торгового железа составляет 88—94% от заготовки и для стали 85—90%. Производительность полунепрерывных мелкосортных станов в зависимости от сортамента колеблется в следующих пределах:

Круглое и квадратное . . .	20÷65 *мм*	6÷20 *мм*
Полосовое шириной	до 150 *мм*	до 50 *мм*
Угловое	38÷65 *мм*	» 30 *мм*
Производительность в год (в *т*)	156 000÷ 170 000	84 000÷ 120 000
Производительность в час	26÷28 *т*	14÷20 *т*

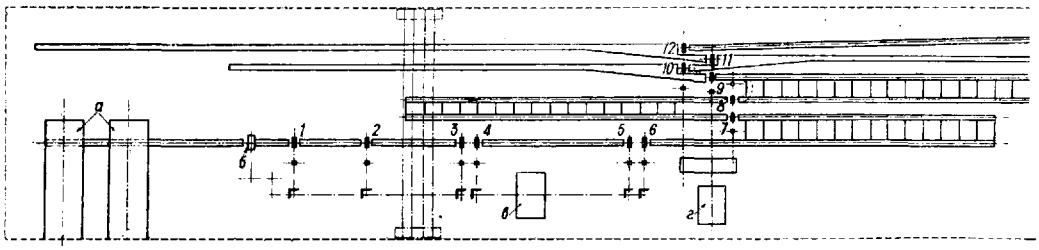
Расход энергии на *т* годного в kWh для некоторых станов приведен в табл. 12.

Табл. 12.—Расход энергии на 1 *т* годного в kWh.

Наименование стана	Число пропусков	Расход в kWh
250-*мм* № 6 з-да Дюкень . .	8	45
250-*мм* № 1 » Гэрри . .	12	85÷100
300-*мм* № 2 » » . . .	9	50÷55
300-*мм* № 1 » » . . .	10	50÷55

Непрерывные мелкосортные станы мало распространены даже в США. Главным препятствием к их распространению служат фасонные профили, к-рые т. о. ограничивают сортамент. На непрерывных станах прокатывают гл. образом сортовое железо и иногда угловое. Печи располагают в непосредственной близости от первой клети. Между печью и первой клетью имеются ножницы для разрезки заготовки на ходу. Исходная заготовка имеет сечение 44×44 *мм* до 50×50 *мм* при стандартной длине 9 *м*. На з-де Спароу-Пойнт непрерывный мелкосортный стан 250 *мм* имеет 9 клетей с горизонтальными валками и 3 клети с вертикальными валками. Горизонтальные валки разбиты на 3 группы, причем в целях регулирования длины петли путем соответствующей настройки валков расстояние между группами допускают значительно большее, чем между клетями каждой группы. Каждая группа клетей приводится в движение отдельным мотором. Общая мощность моторов 4 500 HP. За последней клетью расположены летучие ножницы. Выход годного составляет 92% от заготовки. Производительность 30 *т* в час. Производительность непрерывного стана 200 *мм* при прокатке полосового железа от 12,7×75 *мм*—35 *т* в час; до 15×12,7 *мм*—5 *т* в ч.

Проволочные станы отличаются одновременной прокаткой на них до семи ниток, наличием карманов и моталок (см. выше) и отсутствием холодильника. Минимальным диам. прокатываемой проволоки, наиболее выгодным для дальнейшей



Фиг. 114.

обработки на волочильных заводах, является 5 или 5,25 *мм*. Практика показала, что при прокатке более тонкой проволоки, например 4 *мм*, встречаются серьезные затруднения. При прокатке проволоки применяют как станы сист. Гаррета (на них проволока получается в виде петель), так и непрерывные станы системы Моргана. Диам. валков на чистовой линии проволочного стана является 275 *мм*. На станах Гаррета число об/мин. валков не превышает 600, на непрерывных станах Моргана чистовая клеть имеет 1 100 об/мин.; несмотря на большую скорость прокатки на станах Моргана станы Гаррета вполне с ними конкурируют, так как могут прокатывать одновременно до 7 ниток, в то время как на станах Моргана прокатка ведется в 2 нитки. В табл. 13 приведены данные прокатки проволоки на разных станах.

Табл. 13.—Данные по прокатке проволоки на разных станах (Ришарм).

Наименование станов	Разм. заготовки в *мм*	Диам. провол. в *мм*	Число пропусков	Средняя вытяжка
Америк. стан Гаррета .	102×102	5,25	18	1,41
Европ. » » .	120×120	5,0	22	1,85
Европ. непрерывный стан Моргана	50×50	5,0	17	1,33
Америк. непрерывный стан Моргана	44×44	5,25	16	1,32

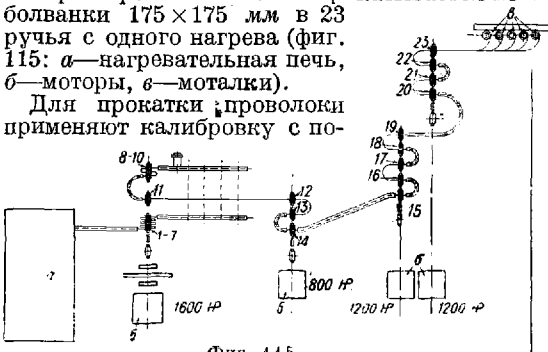
Как видно из табл. 13 на станах Гаррета проволока прокатывается из блума 102 × ×102 *мм* или 120×120 *мм*; т. о. для работы этих станов необходимо иметь соответственные заготовочные станы. Степень вытяжки на вышеприведенных станах в черновых и чистовых ручьях указана в табл. 14.

Табл. 14.—Вытяжка в черновых и чистовых ручьях.

Наименование станов	Черновые ручьи		Чистовые ручьи	
	Число ручьев	Средняя вытяжка	Число ручьев	Средняя вытяжка
Америк. стан Гаррета	10	1,53	8	1,27
Европ. » »	14	1,42	8	1,25
Европ. непрерывные станы Моргана . . .	9	1,43	8	1,23
Америк. непрерывные станы Моргана . . .	8	1,42	8	1,22

На Днепровском з-де имеется стан Гаррета, на к-ром проволока в 5 *мм* прокатывается из болванки 175×175 *мм* в 23 ручья с одного нагрева (фиг. 115: *а*—нагревательная печь, *б*—моторы, *в*—моталки).

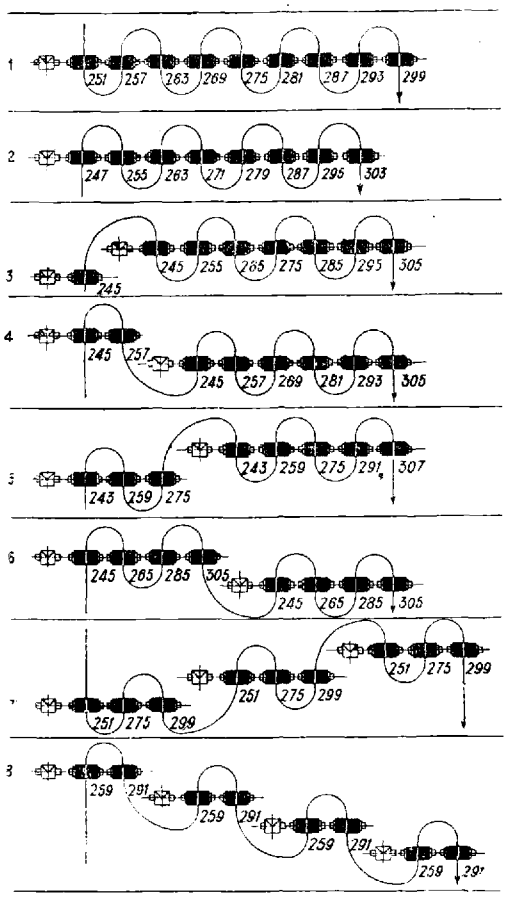
Для прокатки проволоки применяют калибровку с по-



Фиг. 115.

следовательными овалами и квадратами, которые иногда заменяют ромбами, плоскими шестиугольниками или плоскими овалами. Последние две формы ручьев являются наиболее удобными для проводок во избежание образования заусенцев в последующих квадратах. Предотделочный овал является наиболее приближающимся к форме круга. Чистовые линии стана имеют число клетей четное и нечетное. В первом случае в чистовую линию поступает квадрат и проволока выходит со стороны печи, во втором—поступает овал и проволока выходит с противоположной стороны. Проволочные станы по количеству и расположению клетей на чистовой линии разделяются на восемь типов (фиг. 116). Менее распространены проволочные станы 1-го, 2-го, а также 3-го и 4-го типа. Они страдают тем недостатком, что петли сильно удлиняются. Проволока спереди и сзади чистовой линии скользит по плитам и сильно охлаждается, причем задний конец проволоки охлаждается на несколько сот градусов больше переднего. Эта разница темп-р создает разницу толщины на концах проволоки, доходящую до 0,3 *мм* даже для мотка весом 55 *кг*. Минимальная длина кармана для помещения последней петли д. б. теоретически около 24 *м*, но на практике, вследствие заминок при подаче овала от руки, длину кармана принимают 35 и даже 40 *м*. Длину карманов для первой клети принимают минимально 12 *м*, а для остальных—от 12 до 24 *м*. Остальные типы проволочных станов распространены значительно более. На них получается небольшая разница в температуре переднего и заднего конца, а следовательно и незначительная разница в толщинах проволоки. Кроме того в то время как на первых 4 типах вес прокатываемого мотка при диам. проволоки 5 *мм* составляет 55÷65 *кг*, на остальных 4 типах вес мотка при диам. 5,5 *мм* может составить 70÷150 *кг*. Последнее осуществляется благодаря возможности разбить чистовую линию на две ступени с различными скоростями. Последний тип проволочного стана при расположении восьми клетей в 4 линии носит название стана Гаррета-Кромвелч (фиг. 117: *а*—печь, *б*—моторы, *в*—транспортер, *г*—моталки). Первые типы станов Моргана разделялись на 2 группы: черновую из 6—7 и чистовую из 10 клетей. При наличии расстояния между черновыми и чистовыми клетями получается возможность регулировки окружных скоростей в каждой группе отдельно. Первые типы станов Моргана были установлены на следующих заводах, указанных в табл. 15.

Затем непрерывные станы начали разделять на 4 группы; такие станы были установлены на заводах, указанных в табл. 16.



Фиг. 116.

При помощи двух аппаратов (для задавания в ручей квадратов) достигается возможность регулировки между отдель-

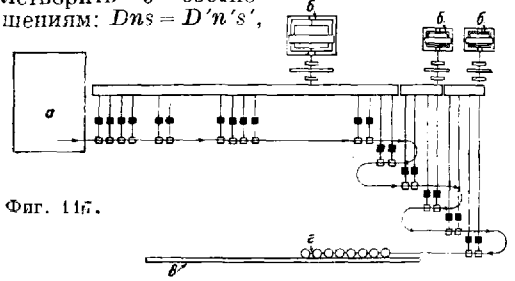
Табл. 15.—Места установки и число клетей первых типов станов Моргана (Ришарм).

Название завода	Число клетей		
	черновых	чистовых	Всего
Струзерс	6	10	16
Аликвишпа	6	10	16
Сент-Дени	7	10	17
Угре	7	10	17
Ля-Шиер	7	10	17

Табл. 16.—Места установки и число клетей последующих типов станов Моргана (Ришарм).

Название завода	Черновых клетей	Подгот. клетей I	Подгот. клетей II	Чистов. клетей	Всего
Виквайр	6	4	2	4	16
Шеффильд	7	4	2	4	17
Лонгви	7	4	2	4	17

ными группами клетей при свободном удлинении петли. В том типе стана, в котором имеется 10 непрерывных, а следовательно зависимых клетей, вальцовщик связан 10 условиями для регулировки, чтобы удовлетворить 9 соотношениям: $Dns = D'n's'$,



Фиг. 117.

где D и D'—диам. валков, n и n'—число оборотов, s и s'—сечение ручьев. Это очень сложно и поэтому число клетей чистовой линии было уменьшено с 10 до 4, чтобы удовлетворять лишь четырем условиям для регулировки. На станах Гаррета для одновременной П. в n ниток проволоки на чистовой клети регулировка ручьев на этой клети зависит от числа n и достигает 7 на станах в Ромба, Эш-Арбед, Алабама-Сити, Моннесен и др. На станах Моргана, имеющих от 10 до 4 чистовых клетей, когда прокатывают проволоку в две нитки (фиг. 118: $а$ — печь, $б$ — ножницы, $в$ — моторы, $г$ — моталки), число регулировок достигает до $4 \times 2 = 8$ и до $10 \times 2 = 20$. Число 20 является очень большим, поэтому на стане Моргана это число уменьшено с 20 до 8.



Фиг. 118.

Мощность электромоторов при проволочных станах и количество клетей на непрерывных станах Моргана указаны в табл 17; то же на станах Гаррета (немецкие) в табл. 18.

Табл. 17.—Мощность моторов и количество клетей на непрерывных станах Моргана (Ришарм).

Заводы	Число клетей	Мощн. моторов, HP	Прокатная линия
Виквайр	10	2 470	Обжимная
»	6	1 300	Чистовая
Итого . . .	16	3 770	
Лонгви	11	3 000	Обжимная
»	6	1 500	Чистовая
Итого . . .	17	4 500	
Вайтекер-Глесснер . . .	11	2 800	Обжимная
» » . . .	6	1 600	Чистовая
Итого . . .	17	4 400	

Табл. 18.—Мощность моторов и количество клетей на станах Гаррета.

Заводы	Число клетей	Мощн. моторов в HP
Ромба	6	1 200
»	6	1 600
»	10	3 000
Итого . . .	22	5 800
Нидеррейнише Хютте	6	1 500
» »	10	3 200
» »	6	2 300
Итого . . .	22	7 000
Эш-Арбед	6	1 500
»	4	1 200
»	6	2 200
»	6	2 400
Итого . . .	22	7 300

Средние мощности в станах Моргана составляют: на 1 клеть 253 HP (12 670 : 50), на 1 обжимную клеть—257 HP (8 270 : 32) и на одну чистовую клеть—244 HP (4 400 : 18), а в станах Гаррета — на 1 клеть — 305 HP (20 100 : 66), мощность на 1 клеть и на 1 нитку—80 HP (304 : 3,8).

Производительность проволочных станов теоретически определяется из соотношения окружной скорости валков и веса 1 *п. м* прокатываемой проволоки. Если окружная скорость при диам. валков 275 *мм* и 600 об/мин. составляет 8,64 *м/сек* и вес 1 *п. м* проволоки диам. 5 *мм* составляет 0,153 *кг*, то максимальная теоретич. производительность проволочного стана при прокатке в 1 нитку составит в час: $8{,}64 \times 0{,}153 \times 3\,600 \times 1{,}05 = 5$ *т/ч*, где коэф. 1,05 учитывает увеличение скорости при выходе проволоки вследствие скольжения. В табл. 19 приведена максимальная производительность проволочных станов в час при одновременной прокатке от 1 до 7 ниток проволоки диам. 5÷7 *мм* с градацией через 0,25 *мм* при окружной скорости валков 8,64 *м/сек*. Максимальная теоретич. производительность другого стана при диам. валков D и числе оборотов n м. б. определена на основании производительности P,

Табл. 19.—Максимальная теоретическая часовая производительность проволочных станов (P) в m при диаметре валков 275 *мм* и при 600 об/мин. (Ришарм).

Диам. проволоки в *мм*	5,0	5,25	5,5	5,75	6,0	6,25	6,5	6,75	7,0
Вес *п. м* в *кг*	0,153	0,168	0,185	0,203	0,220	0,239	0,259	0,279	0,3
При прокатке:									
В 1 нитку	5	5,5	6	6,6	7,2	7,8	8,5	9,1	9,8
» 2 нитки	10	11,0	12	13,2	14,4	15,6	17,0	18,2	19,6
» 3 »	15	16,5	18	19,8	21,6	23,4	25,5	27,3	29,4
» 4 »	20	22,0	24	26,4	28,8	31,2	34,0	36,4	39,2
» 5 ниток	25	27,5	30	33,0	36,0	39,0	42,5	45,5	49,0
» 6 »	30	33,0	36	39,6	43,2	46,8	51,0	54,6	58,8
» 7 »	35	38,5	42	46,2	50,4	54,6	59,5	63,7	68,6

указанной в табл. 19 из следующего соотношения:

$$P \cdot \frac{D \cdot n}{275 \cdot 600} \; m/ч.$$

Производительность проволочных станов сильно колеблется и зависит главным образом от диаметра прокатываемой проволоки и числа прокатываемых ниток, а также и от типа стана и от мощности двигателей. Проволочный стан Алабама-Сити обладает наибольшей производительностью в мире. Его производительность в одну 11-часовую смену составляет 341 *т* проволоки диам. 5,25 *мм* или 31 *т/ч*, что соответствует 28,2 *т/ч* при диам. 5 *мм*. На этом стане проволока прокатывается в 7 ниток, что при этих условиях составляет теоретич. производительность 35 *т/ч* проволоки диам. 5 *мм*. Коэф. использования стана так. обр. равен 28,2 : 35 = 0,81. Проволочный стан наименьшей производительности имеется в Моон во Франции; стан имеет на чистовой линии 9 клетей, расположенных в 1 линию. Стан с наибольшей производительностью для прокатки проволоки больших диам. оказался на з-де в Эш-Бельвале, где часовая производительность (10-*мм* проволоки) составляет 36,8 *т*. Этот стан лучше приспособлен для прокатки толстой, чем тонкой проволоки. Двойной стан, имеющий наибольшую производительность в мире, 220 000 *т* в год,—стан в Донора в США. Простой, одинарный стан с максимальной производительностью в мире, 162 000 *т* в год,—стан Гаррета—Кромвеля в Маннесене.

Технические результаты производства. На трех станах Гаррета на з-де в Донора при прокатке проволоки из блумов 102×102 *мм* весом 100 *кг* получалось в среднем 94% годной проволоки и 6% обрезков, брака и угара. На стане Гаррета на заводе в Браддек (США) при тех же условиях получалось в среднем: выход годного—93%, обрезков и брака—5%, угара—2%. На стане Моргана на з-де Струзерс при прокатке из заготовки 44×44 *мм* получались следующие средние результаты: годного—95% и обрезков, брака и угара—5%. На стане Моргана в Аликвиппа при прокатке из заготовки 44×44 *мм* получалось годного 96,4%, обрезков и брака 2,3%, угара 1,3%. Лучший выход годного на станах Моргана по сравнению со станами Гаррета объясняется применением заготовок размерами 44×44 *м* вместо блумов 102×102 *мм* и отсутствием ручного труда вальцовщиков на чистовой линии для подачи овала, которые вызывают брак на станах Гаррета. Выход годного от 93 до 96% получен как средний, при хорошо налаженном производстве, но в нек-рых случаях при плохом ходе производства выход годного понижается до 90% и даже ниже.

Лит.: [1] ОСТ 8—31; [2] Ришарм Э., Прокатные станы сортовые и проволочные, пер. с французского, М.—Л., 1930; [3] Злотницкий Д., Америк. станы для прокатки сортового железа, «Уголь и железо», Харьков, 1928, *3*; [4] Pihl C., «Jernkontorets Annaler». *Stockholm*, 1927; «*St. u. E.*», 1929, p. 1334—39, 1930—78, 1405—09; [5] Koegel A., Eindrücke aus dem amerikanischen Walzwerksbau, ibid., 1931, p. 1468—1478; [6] Funke F., Neuzeitliche Blockwalzwerke, «Z. d. VDI», 1928; [7] Pencelet, Le laminage des fers marchands et des petits profils, «Trav. de Met.», 1927; [8] Hand T., Progress in British Rolling Mill Practice, «Engineering», 1925, p. 778—781, 811—814; [9] Bailey W., Blooming Mill a. Blooming Mill Practice, «Advance Paper to be Read Before the American», Iron a. Steel Institut, New York, 1925, May 22; [10] Russel G., The Reversing Blooming Mill Practice, «Iron and Coal Trades Review», 1927, p. 92—94, 134—137, 232—233, 266—269, 312—313, 388—390, 434—435, 473, 524—525 und 556—558; [11] Hütte, Taschenbuch fur Eisenhüttenleute, Berlin, 1923; [12] Прокатные цеха на новых советских з-дах Гипромез, Л., 1931, *9—10*.

П. стали. Сталь прокатывается как в виде сортового металла, идущего на изготовление пружин, рессор, резцов всевозможных буровых инструментов и инструментов для механич. мастерских, так и в виде листов всевозможной толщины. При П. стали приходится соблюдать особую осторожность как при нагреве, так и при охлаждении после П. Перед П. все стальные слитки подвергаются тщательному внешнему осмотру с целью уничтожения всех малейших дефектов путем предварительной обработки. Круглые слитки подвергаются обточке (обдирке) на обычных токарных станках; квадратные слитки подвергаются обработке либо на строгальных станках либо на специальных токарных станках, производящих обточку по шаблону (германские фирмы Вальдрих и Фрорьеп). Стальная заготовка, в особенности ответственной стали, после охлаждения перед чистовой П. поступает в травильное отделение. Травление заготовки производится с целью удаления окалины и для возможности лучшего обнаружения всех мельчайших дефектов, вплоть до волосных трещин (волосовин). Травление обычно производится в растворе серной к-ты (5—6%), подогреваемой паром до 60—70°. После травления заготовка поступает в контрольное отделение, где она подвергается осмотру и чистке от плен, заусенцев и волосовин пневматическими зубилами (вырубка), либо шабровкой ручной (шабером), либо шабровкой на станке, либо шлифовкой наждачными и песчаными точилами. На некоторых заводах обдирку слитков заменяют промежуточной сплошной обдиркой заготовки. Такой метод обработки заготовки без предварительной обработки слитка приводит к необходимости снимать большее количество стружки.

Нагрев стали обыкновенно производится с предварительным медленным подогреванием. В конце методич. печи $t°$ обычно бывает не меньше 800°. Такая $t°$ для специальной стали слишком высока и вследствие резкого изменения $t°$ может вызвать появление в слитках рванин или трещин. Поэтому слитки специальной стали сажают

в холодную или мало нагретую часть печи. Температура в конце печи при нагреве специальной стали д. б. 150—250°. Подогрев до 500° должен происходить очень медленно и при этом постепенно. Иногда для возможности произвести постепенный нагрев сажают слитки в холодную печь и нагревают вместе с печью, чтобы, прокатав садку, вновь повторить загрузку слитков в холодную печь. Для получения в конце печи низкой $t°$ отводят газы не в конце печи, а на расстоянии нескольких *м* или даже с середины печи. В печах неметодических рабочее пространство печи разделяется на две части путем устройства перегородки либо применением подъемной заслонки. При нагреве стали согласно опыту завода «Электросталь» слитки выдаются из печи при $t°$, указанных в табл. 20.

Табл. 20.—Температура начала П. некоторых сортов высокосортной стали (по данным завода «Электросталь»).

Название стали	Химический состав	$t°$ начала прокатки
Инструментальная	0,55— 0,79% C	1 100
	0,80— 0,89% C	1 050
	0,9 — 2,2% C	1 000
Хромистая	0,4 — 1,0% C, 1,0 — 1,6% Cr	1 100
»	1,2 — 2,2% C, 1,75— 4,0% Cr	1 075
»	0,35— 0,85% C, 0,75— 1,75% Cr, 2,0 — 3,35% W	1 150
Быстрорежущая высококобальтовая	0,3 — 0,8% C, 3,5 — 4,5% Cr, 17,0 —19,0% W, 0,7 — 1,0% Va, 8,0 —10,0% Co	1 250
Конструкционная	0,1 — 0,16% C, 0,55— 1,10% Cr, 2,8 — 4,0% Ni	1 100
Нержавеющая	0,08— 0,45% C, 11,0 —14,0% Cr	1 150

При нагреве стальных слитков и заготовки особенно важным является правильно поставленный контроль работы печи. Помимо пирометров для определения температуры слитка нагревательные печи снабжаются измерительными и контрольными приборами для определения как расхода воздуха и парового дутья, так и давления приборами для определения разрежения в топке и в борове, а также системой управления с одного места заслонками как для первичного и вторичного воздуха, так и у дымовой трубы.

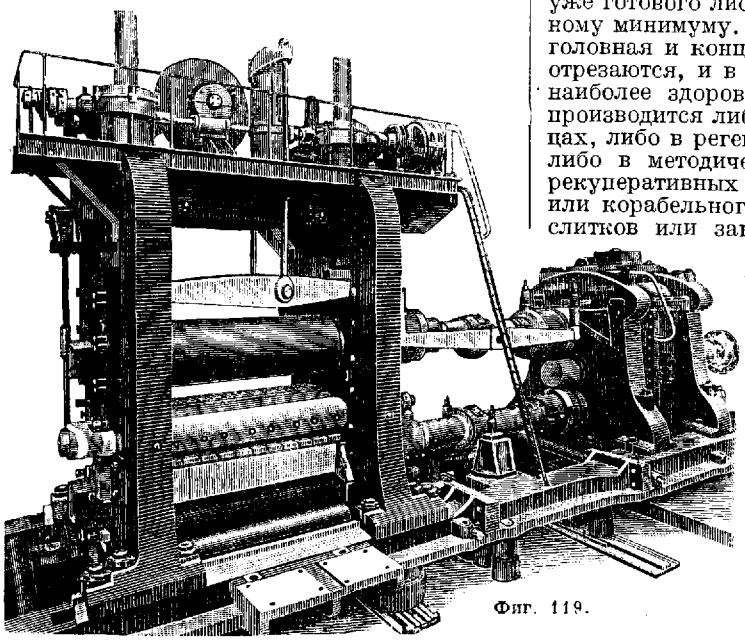
Охлаждение стали после П. Во избежание появления значительных внутренних напряжений в металле охлаждение ведут медленно, для чего сложенную на полу в мастерской заготовку засыпают золой, шлаком или каким-нибудь другим теплоизолирующим веществом. Охлаждение специальной стали производится в особых теплых специальных ямах (колодцах). Ямы эти устраивают в земле, выкладывают внутри чугунными плитами для предохранения колодца от ударов. Сверху ямы закрывают крышками. Иногда для удешевления вместо теплых ям применяются чугунные ящики или охлаждение ведут в специальных печах. Печи эти отапливаются лишь для предварительного подогрева и остывают вместе с загруженной заготовкой. При значительном масштабе производства для охлаждения прокатанной стали применяются механические холодильники (стеллюги). В последнее время появились закрытые кожухом холодильники, изготовляемые нем. фирмами Демаг и Крупп, носящие название вращающихся (см. *Холодильники*).

При П. стали применяются прокатные станы такой же конструкции, как и при П. железа. Однако большинство установок для прокатки специальных сортов стали вследствие малой производительности почти не механизировано. Вес слитка, так же как и длина прокатываемых полос, значительно меньше по сравнению с железными. П. специальной стали по технологич. процессу иногда осложняется специфическими особенностями каждой плавки или даже отдельного слитка. За последнее время в США появилось стремление вести П. специальных сортов стали на полунепрерывных станах. В Германии же в самое последнее время на заводе Гереуса для П. специальных сортов установлен чисто непрерывный стан с 41 клетью. Восьмигранная заготовка толщиною 60 *мм* прокатывается в восьмигранную же полосу толщиною 12 *мм*. Весь процесс П. происходит в 86 ск. при $t°$-ном интервале 1 140—1 070°. Число оборотов валков 11—265 в мин. Каждая клеть приводится в движение от отдельного мотора; общая мощность 41 мотора 1 564 kW. Производительность стана в одну 8-час. смену всего лишь 30 *т*. При П. более мягкой стали она может значительно повыситься. Сопротивление специальной стали при прокатке с понижением темп-ры быстро повышается. Эта зависимость сказывается тем больше, чем большим сопротивлением обладает сталь при обыкновенной $t°$. Дальнейшая прокатка 12 *мм* стали производится также на непрерывном стане с диам. валков 120 *мм*, но в холодном состоянии, что оказалось экономически выгоднее, чем производить протяжку. Холодную П. можно производить до толщины 1 *мм* с промежуточными отжигами.

Лит.: [1] Emice O., Ueber das Auswalzen von Sonderstahlen auf Blackstrassen mit Kalibrierungsbeispielen, «St. u. E.», 1931; [2] Rohn W., Kontinuierliche Walzenstrasse f. Werkstoff mit hoher Warmfestigkeit, ibid., 1929; [3] Rapatz F., Die Edelstähle, B., 1925; [4] Рапац Ф., Специальные стали, пер. с нем., Харьков, 1927; [5] Wallgnist G., Moderna Gätvalswerk f. Kwalitetstäl, «Jernkontarets Annaler», Stockholm, 1930, 31 мая; [6] Curth M., «St. u. E.», 1930, 2 и 3.

П. листов. При П. толстого и средней толщины листового железа наибольшим распространением пользуются листопрокатные станы системы Лаута. На фиг. 119 показан трио-стан Лаута для П. листов толщиной 3—20 *мм* из заготовки весом 100—2 000 *кг* в зависимости от толщины и длины листа. Диам. валков 800/650/800 *мм*, длина валков 2 500 *мм*. При П. среднего и толстого листового железа диам. валков трио-стана Лаута имеют: у верхних и нижних валков 800—1 100 *мм* и у средних 500—875 *мм*; длина валков 1 600—3 500 *мм*. Ширина листов в зависимости от длины валков бывает 1 400—3 200 *мм*. Длина листов достигает 16 *м*. На этих станах прокатываются в го-

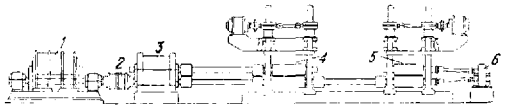
рячем состоянии также медные, латунные и алюминиевые листы. Менее распространенными являются дуо-реверсивные листопрокатные станы, отличающиеся от станов Лаута большой производительностью, простотой и надежностью конструкции, а также удобством управления и наблюдения, но



Фиг. 119.

не приспособленные к выполнению того довольно разнообразного по размерам и назначению сортамента листового железа, который м. б. прокатан на станах Лаута. Поэтому дуо-реверсивные станы применяются только при П. толсто-листового железа из слитков тяжелого развеса. Диаметр валков дуо-реверсивных станов бывает 750—1 200 *мм* при длине 2 000 — 4 500 *мм*. Ширина листов достигает 4 300 *мм*. Как и большинство металлургич. производств, листопрокатное производство требует больших рабочих площадей. Площади эти необходимы: а) для размещения склада слитков и нагревательных печей в количестве, определяемом правильной организацией технологич. процесса, б) для свободного размещения стана, привода и двигателя и в) для медленного остывания листов, контроля, обрезки их и складывания готовых листов.

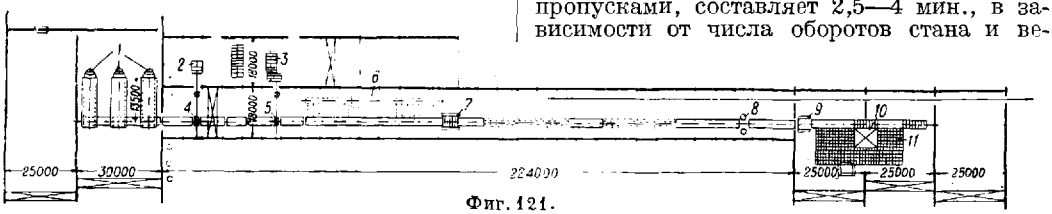
Исходным материалом являются плоские слитки прямоугольного сечения, развесом 0,75—3,5 *т* для станов Лаута и 2—10 *т* для дуо-реверсивных станов. На з-дах, имеющих блуминг или слябинг, исходным материалом являются тяжелые листовые заготовки (с л я б ы) толщиной 50—250 *мм* и развесом, определяемым сортаментом прокатываемых листов. В случае отсутствия слябинга листовая заготовка (сляб) может быть прокатана на блуминге с америк. калибровкой валков. Вес слитка составляет 125—175% веса готового, обрезанного прямоугольного листа. В целях получения возможно малого количества обрезков при вычислении веса слитков или заготовки во внимание принимаются размеры готовых листов (ширина, толщина и длина), их качество и назначение. Поверхность слитка предварительно подвергается тщательному осмотру и все внешние пороки, как то: трещинки, заливины и посторонние включения, удаляются пневматич. зубилами. Предварительное удаление производится с тем, чтобы не повторять этих пороков на поверхности уже готового листа и свести брак к возможному минимуму. При П. листов из заготовки головная и концевая части предварительно отрезаются, и в П. идет лишь серединная, наиболее здоровая часть. Нагрев слитков производится либо в нагревательных колодцах, либо в регенеративных печах Сименса, либо в методических регенеративных или рекуперативных печах. При П. котельного или корабельного листового железа нагрев слитков или заготовки выгоднее производить в методических печах. Основным достоинством последних является их способность давать медленный и равномерный нагрев, что является крайне желательным, т. к. при неправильном и неравномерном нагреве в слитке возникают внутренние напряжения, способствующие образованию трещин. Слиток нагревается до температуры, равной 1 300 — 1 350°, в течение 5 — 6 часов и выдается затем для П. В среднем следует считать время нагрева слитка из расчета $^1/_2$ часа на 25 *мм* толщины слитка, так например, холодный слиток толщиной в 400 *мм* следует нагревать в течение 8 часов. При помощи загрузочной машины или мостового крана выданный из печи слиток доставляется к подводящему *рольгангу* (см.) и по рольгангу затем подается к валкам прокатного стана. Листопрокатный стан системы Лаута и дуо-реверсивный как правило состоят из одной рабочей клети. Нередко однако, в целях повышения производительности и получения листов более равномерной толщины, к листовому стану присоединяется вторая клеть рядом или впереди первой (тандем-система). При подобном расположении стана обыкновенно 80% прокатки производится на черновой клети и лишь 20% на чистовой. Чистовые валки вследствие этого менее изнашиваются, и листы получаются более равномерной толщины. На фиг. 120 (где *1*—мотор в 15 300 HP, *2* —



Фиг. 120.

главная муфта, *3*—шестеренная клеть, *4*—подготовительная рабочая клеть, *5*—отделочная клеть, *6*—передача к верхнему валку отделочной клети) показан дуо-реверсивный листовой стан с двумя клетями для П. листов толщиной 3—33 *мм* и шириной 1 500—3 365 *мм*. Диам. валков 1 067 *мм* и длина 3 660 *мм*. На фиг. 121 показано общее расположение листового стана американск. типа: *1* — нагревательные печи, *2* — мотор

в 1 800 HP, *3*—мотор в 3 600 HP, *4*—дуо-клеть в 815 *мм*, *5*—трио-клеть 815/560/815 *мм*, *6* — отжигательная печь, *7* — правильный станок, *8* — круглые (дисковые) ножницы, *9* — поперечные ножницы, *10* — прессовые ножницы, *11*—гусиные шейки. На этом стане могут прокатываться листы толщиной 3—25 *мм* и шириной 500—1 900 *мм*. Трио-клеть снабжена качающимися столами. Общая длина рольгангов и конвейеров, расположенных за станом, составляет ок. 170 *м*. Лист, двигаясь по рольгангу, остывает, затем подвергается осмотру и обрезывается. Обрезка листов производится сначала по продольным кромкам на дисковых ножницах (см. *Ножницы* в прокатном деле). Окончательные размеры листа получаются при обрезке на прессовых ножницах. Черновая клеть приводится в движение реверсивным электромотором постоянного тока мощностью 1 800 HP, а чистовая клеть—электромотором мощностью 3 600 HP с маховиком. Производительность подобного стана составляет 110 000—120 000 *т* листов в год.



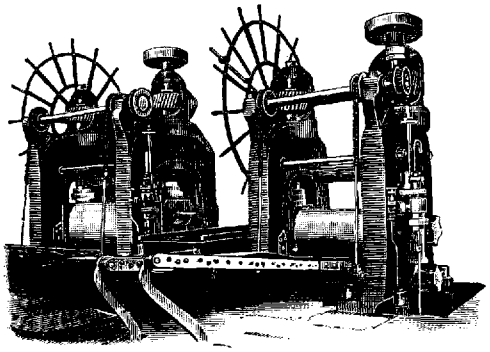
Фиг. 121.

Европейское расположение листовых станов отличается от американского тем, что охлаждение листов производится на стелюгах, снабженных шлепперами, занимающими большие площади. Обрезка кромок и разрезка листов на части производятся на прессовых ножницах. Двигателем для большинства современных прокатных листовых станов является электромотор мощностью не ниже 1 500 HP для станов Лаута и не ниже 3 000 HP для дуо-реверсивных станов. В виду сильно пиковой нагрузки двигателя стана Лаута маховик, устанавливаемый у стана, берется не менее 5 *м* и весом не менее 60 *т*. Самый процесс П. осуществляется по следующей схеме. В первых пропусках в целях смягчения удара прокатываемый слиток задается углом и затем уже катается вдоль оси слитка до длины немногим больше окончательной ширины листа. По достижении этой длины слиток поворачивается на 90° вокруг вертикальной оси и раскатывается в этом положении до тех пор, пока не будет достигнута длина будущего листа плюс припуск на обрезку. Этот способ П. обеспечивает смещение усадочной раковины и усадочной рыхлости в один конец листа, в дальнейшем обрезываемый. При П. листов из заготовки последняя предварительно разрезается на длину, равную ширине будущего листа плюс припуск на боковые кромки, и катается в поперечном направлении до получения заданной толщины. При П. сортового железа удаление окалины с поверхности прокатываемого слитка не является необходимостью, при П. же листов окалину необходимо удалять своевременно и возможно полнее, не только в начале, но и в течение всего процесса либо вручную, метлами либо подкидыванием березового хвороста или соли. Величина обжатий в первых 4—5 пропусках бывает наибольшей (13—20 *мм*), в дальнейшем же равномерно убывает, достигая в последнем пропуске 0,1—0,3 *мм*. В среднем принято считать величину обжатий равной $^1/_{13}$—$^1/_{10}$ толщины слитка. Число пропусков колеблется от 25—27 до 35—37, время же, затрачиваемое на прокатку с учетом интервалов между пропусками, составляет 2,5—4 мин., в зависимости от числа оборотов стана и величин обжатий. Производительность стана Лаута составляет в среднем 65 000—75 000 *т*, а дуо-реверсивного 90 000—100 000 *т*, при системе тандем достигает 120 000 *т* в год. Расход энергии при П. листов колеблется от 120 до 150 kWh на 1 *т* готовой продукции, в зависимости от степени вытяжки. Лист, прокатанный до заданных размеров, по отводящему (транспортному) рольгангу подводится к ножницам для поперечной обрезки. Эти ножницы расположены на расстоянии 20—25 *м* от оси стана и носят название гильотинных ножниц. На них производят обрезку головной и концевой частей листа. Между ножницами и прокатным станом устанавливают правильный станок, на котором в 1 или 3 пропуска производится правка тех листов, которые вышли из валков стана с волнообразной поверхностью.

На нек-рых з-дах, специализировавшихся на П. преимущественно котельного железа, перед правильным станком сооружается туннельная отжигательная печь (фиг. 121,*б*, пунктир), в к-рой производят индивидуальный отжиг каждого листа, прокатанного станом. Чаще же всего отжигательную печь устанавливают в специальном здании, и листы отжигаются уже обрезанные и проконтролированные. Отжиг листов необходим в тех случаях, когда не удается вести процесс П. в надлежащих $t°$-ных интервалах и избежать вследствие этого явления наклепа, снижающего качество металла. Обрезанные листы при помощи шлепперов передаются с рольганга на специальный настил (стелюги), на котором медленно остывают до $t°$, позволяющей осмотр их и разметку для разрезки на заданные размеры. Площадь стелюг рассчитывается т. о., чтобы обеспечить, с одной стороны, возможность медленного остывания и всех работ по осмотру и разметке для обрезки, а с другой стороны, обеспечить своевременный пропуск всей продукции прокатного стана. На этих стелюгах устанавливают кантовальное приспособление, при помощи к-рого осматриваемый лист м. б. приподнят с одной стороны и перевернут нижней поверхностью вверх. После осмотра и разметки лист либо при помощи второй линии рольганга либо электромагнитным краном доставляется ко вторым ножницам, снабженным гусиными шейками (стойки с вращающимися роликами). Благодаря гусиным шейкам об-

легчается передвижение листа и правильная установка для обрезки листа по линиям разметки. Разрезанные на заданные заказчиком размеры листы электромагнитным краном доставляют к весам, взвешивают на них и отправляют на склад. На складе листы грузятся при помощи особых электромагнитных кранов. На америк. типа листовых станах обрезка продольных кромок производится на дисковых ножницах, получивших за последнее время большое распространение. Лист, передвигаясь по рольгангу и одновременно охлаждаясь, пододвигается постепенно к ножницам, расположенным на расстоянии около 160 *м* от стана, и одновременно обрезается (фиг. 121 с обеих боковых кромок). Современные конструкции дисковых ножниц дают возможность обрезать листы шириной от 500 *мм* и больше. Обрезка поперечных кромок производится на особых ножницах после обрезки продольных кромок. Затем лист поступает на гусиные шейки, где размечается и разрезается на прессовых ножницах. Осмотр листов производится на рольганге до поступления к ножницам.

П. тонколистового железа, т. е. листов толщиной ниже 3 *мм*, производится на станах дуо (фиг. 122) и, в зависимости от



Фиг. 122.

толщины, на горячих или на холодных шейках. При прокатке на горячих шейках, т. е. с неохлаждаемыми шейками, валки находятся в горячем состоянии; это предохраняет тонкие листы от охлаждения. На горячих шейках обычно прокатываются листы толщиной от 1,5 *мм* и ниже. При подобных условиях П. края валка охлаждаются больше, чем середина. Для того чтобы валки в горячем состоянии имели цилиндрическую форму, их обтачивают и шлифуют слегка вогнутыми по середине валка. Во избежание прогиба, могущего уничтожить при П. вогнутость, необходимо соблюдать границы для соотношения длины тела валка и диаметра, устанавливаемого опытом. Диам. валков при подобной прокатке применяется 550—700 *мм* при длине в 700—1 250 *мм*. П. производится из сутунки шириною 150—300 *мм* и толщиною 4—30 *мм*. При П. толстой сутунки, напр. в 30 *мм*, валки плохо захватывают, если верхний валок не приводной, и поэтому необходима шестеренная клеть. П. на холодных шейках происходит между холодными валками, шейки к-рых охлаждаются водой; иногда охлаждается и тело валков. П. на холодных шейках обычно применяют для листов толщиною 3—1,5 *мм*. Диаметр применяемых валков 650—750 *мм*, при длине 1 250—1 800, иногда 2 000 *мм*. Прокатные станы при подобной П. обычно имеют 2—3 чистовые клети при одной общей черновой. Клети имеют легкие подъемные столы. При П. тяжелой сутунки необходима шестеренная клеть. Длина сутунки равна ширине листов с припуском на обрезку. П. более толстых листов производится с одного нагрева, а более тонких с нескольких нагревов, причем прокатывают на чистовой клети одновременно несколько листов, что носит название прокатки пакетом. Пакеты образуются простым складыванием листов один на другой, причем образуются двойки, тройки и т. д. до восьмерок (кровельное железо). Количество листов в пакете зависит от толщины и при ширине до 600 *мм* находится в следующем соотношении:

Толщина листов, *мм*	Число листов в пакете	Потери на обрезку и угар, %
1 *мм* и выше	1	10
1,0—0,71	2	12
0,7—0,41	4	16
0,4—0,2	8	18

П. тонких листов производится в следующем порядке. Нагрев сутунки и пакетов производится в восстановительном пламени; при листах специального качества нагрев производится только до темнокрасного каления. Раскатанная на черновой клети сутунка передается на чистовую клеть и без подогрева прокатывается в 4—5 приемов до толщины 1,5 *мм*, после чего сдваивается на дублере и затем подогревается. Сдвоенный т. о. лист раскатывается опять до толщины 1,5 *мм* и снова дублируется. Полученный т. о. пакет в 4 листа снова нагревается и прокатывается до получения листа окончательной толщины (0,7—0,4 *мм*). Если желают получить листы еще тоньше (до 0,2 *мм*), то их еще раз подогревают, дублируют и прокатывают. Во время дублирования листы обрезаются. Технич. результаты П. листов приведены в табл. 21 (ст. 99—100).

Отделка тонких листов. Отжиг листов для уничтожения наклепа производится в особых отжигательных печах с периодич. посадкой либо в непрерывно работающих туннельных печах с движущимися внутри печи вагонетками. Листы укладываются в отжигательные закрытые ящики, к-рые вытаскиваются из печи горячими и вследствие быстрого охлаждения на воздухе коробятся и часто дают трещины; имеется много конструкций, увеличивающих срок службы ящиков. Помимо литых стальных ящиков с укрепляющими ребрами применяются ящики, сваренные из листов толщиной 25 *мм* и укрепленные угольниками. В последнее время в Америке появились отжигательные ящики, в которых листы загружаются не в горизонтальном, а в вертикальном положении. Для этой цели днище ящика имеет вертикальную стенку. При таком способе загрузки листов уменьшаются случаи приваривания листов друг к другу, и нагрев при отжиге поэтому можно производить до более высокой $t°$ (850—900°). Продолжительность отжига различна смотря по величине пакета и по времени подогрева. При двойном отжиге листов, последний отжиг производят при темп-ре более низкой,

Табл. 21.—Средние технические результаты при прокатке листов (Hütte).

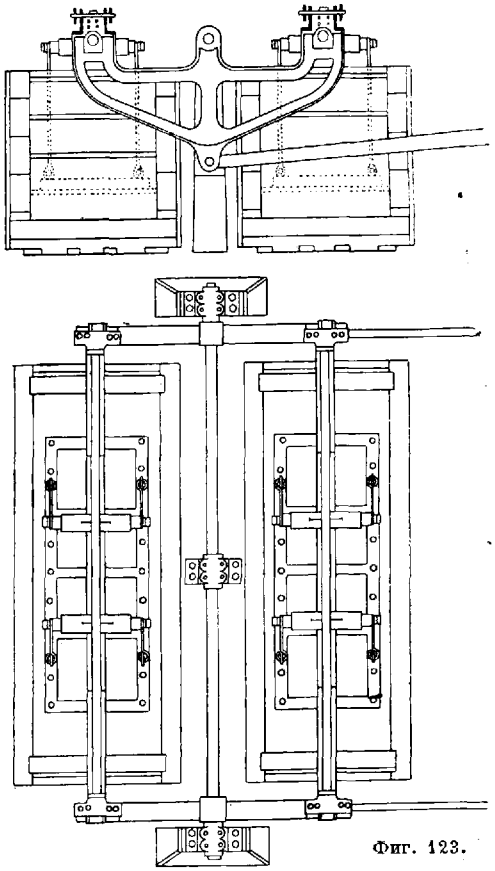
Тип стана	Диаметры валков, мм	Размеры прокат. листов: ширина, м	толщ., мм	наиб. длина, м	Окружная скорость валков, м/сек	Производительность за 8 ч., т	Угар, % *1	Обрезки, % *2	Выход годн., % *3	Расход топлива, % *4
Толстолистовое дуо . .	1 100—1 250	4,5	10—60	24	2—3	150—250	2,5—3,5	24—26	70,5—73,5	12—13
Толстолистовое трио .	800/650/800	3,0	8—50	16	3—3,5	90—120	2,5—3,5	22,5—31,5	65—75	12—13
Среднелистовое » .	700/500/700	1,8	3—10	8—10	2,2—2,7	40—65	3—4	16—17	79—81	11—13
Тонколистовое дуо на холодных шейках . .	650—750	1,6	1—3	6—8	1,75—2,5	10—20	2—4	12—15	81—86	15—17*5
Тонколистовое дуо на горячих шейках . . .	550—700	1,0	1,5	1—1,6	1—1,6	2,5—7	0,5	15—22	77,5—84,5	30—35*5

*1 При П. из слябов без подогрева угар уменьшается до 0,5—0,6%. *2 Обрезки в таблице указаны при П. из слитков. *3 Выход годного из слитков при П. толстых листов составляет 65—73%; при П. тонких листов 67—76,5%. *4 Расход топлива показан при холодной садке и без утилизации отходящих газов. *5 Без отжига.

чем первый отжиг, и при меньшей продолжительности. Расход топлива в печах при периодич. посадке составляет 15—18%, в непрерывно работающих 10—13% от веса загрузки. Работа на тонколистовом стане в настоящее время производится след. образом. Сутунка вручную вынимается из печи и подается к стану. Вальцовщик подает ее в валки, а второй вальцовщик принимает и передает через верхний валок обратно. Этот метод работы требует много ручного труда. В последнее время в Америке начали механизировать П. тонколистового железа. В США на некоторых механизированных станах сутунка как с передней, так и с задней стороны стана подается механически, и, когда достигается нужная длина, листы автоматически складываются в пакеты.

Имеются попытки П. из сутунки тонких листов путем непрерывной П. Непрерывная установка состоит из нагревательной печи, группы черновых клетей, стола для автоматич. складывания листов в пакеты, затем второй группы черновых клетей, второго стола для пакетов, второй нагревательной печи и наконец группы чистовых клетей. Эта установка имеет механич. устройства для подачи сутунки в непрерывно расположенные клети. Готовые листы обрезаются по продольным и поперечным кромкам ножницами на электромагнитном столе, что предупреждает скольжение листов во время обрезки. По окончании П. листы подвергают термич. обработке и нормализации (см. *Термическая обработка*) в туннельных печах, по к-рым лист движется с помощью транспортеров (роликовых или цепных), и др.

Травление. После отжига листы подвергают травлению для очистки от окалины; их загружают в корзины, вмещающие до 100 листов, поднимают краном, погружают в подогретый раствор к-ты. В кислотных чанах листы механически подымаются и опускаются, вследствие чего лучше и равномернее очищаются от окалины. Имеется еще один более совершенный способ механизации при травлении: корзины с листами подвешивают на стержнях, покоящихся на качающихся поперечинах, приводимых в движение электромотором (фиг. 123). Корзины получают колебательное движение и, т. к. это движение происходит по дуге круга, то корзины имеют как вертикальное, так и горизонтальное перемещение. При подобном движении облегчается доступ к-ты ко всей поверхности листа. Очень удобно травильное устройство, предложенное америк. фирмой «Места», в к-ром корзины с листами подвешиваются к траверсам, укрепленным на штоке гидравлич. цилиндра. При травлении заполненная листами корзина погружается

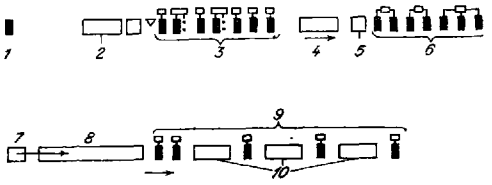


Фиг. 123.

в травильный чан, где она находится в постоянном движении в течение 12—15 мин.; после этого производят промывку листов в рядом поставленных чанах с чистой, холодной и проточной водой. Травильные корзины изготовляют из кислотоупорной фосфористой бронзы. Листы в них устанавливают вертикально; через отверстия в стенках корзин к-та свободно циркулирует вокруг всех листов. Величина корзин опреде-

ляется размерами листов. Для травления применяют либо соляную кислоту 17° Bé, разбавляемую водой до 5—7° Bé либо серную кислоту, разбавляемую до 10° Bé; для более энергичного действия раствор нагревают до 55—65°.

Непрерывные станы для П. листов. Непрерывная П. листов впервые была осуществлена в Теплице (Богемия), где в 1902 г. был установлен непрерывный стан в 5 клетей для П. тонких листов, оказавшийся нерентабельным. Только после многолетних опытов и исследований удалось осуществить П. тонких листов на непрерывных станах. В 1924 г. на заводе в Ашлянде (American Rolling-Mill) был установлен непрерывный стан для прокатки тонких листов толщиною 1,25—0,71 *мм*, шириною 1 040 *мм*, при значительной длине (фиг. 124).



Фиг. 124.

Процесс П. следующий. Сляб *1* размером 100×915 *мм*, при длине 7 *м* подогревается в печи *2* и предварительно раскатывается на непрерывном стане *3*, состоящем из 7 клетей, в сутунку толщиною 10 *мм*. Полученная сутунка подогревается в печи *4*, расположенной позади седьмой клети, и после разрезки на ножницах *5* поступает во второй непрерывный среднелистовой стан *6*. Стан этот, состоящий из 7 клетей, имеет первые 4 клети-дуо, а последующие 3—трио. На этом стане листы раскатываются до толщины 5,2—1,65 *мм*. После разрезки на ножницах *7* и подогрева в печи *8* дальнейшая П. производится на непрерывном тонколистовом стане *9*, состоящем из 5 клетей-трио при 26 об/м. Клети расположены на таком расстоянии друг от друга, что между ними помещается подогревательная печь *10*. На этом стане листы раскатываются толщиною 1,25—0,71 *мм*, большею же частью 0,9 *мм*, при ширине 1 040 *мм*. Листы, подвергающиеся дальнейшей П., т. е. тоньше 0,71 *мм*, прокатываются в холодном состоянии. Станов для непрерывной П. в холодном состоянии имеется 8, причем каждый состоит из 2 или 5 клетей. Производительность этого стана колоссальна: она составляет свыше 450 000 *т* в год. Успешная П. тонких листов на непрерывном стане в Ашлянде послужила поводом к установке непрерывных листовых станов на следующих трех з-дах: в Бетлере (Columbia Steel Co.), в Вейртоне (Weirton Steel Co.) и в Гэрри (American Steel and Tin Plate Co.).

Производительность непрерывных станов для П. тонких листов в зависимости от конечной толщины листа, согласно имеющимся данным, превышает производительность старых листовых станов с обыкновенными дуоклетями в 20—60 раз. Хотя стоимость сооружения современного америк. непрерывного тонколистового стана, отнесенная к 1 *т* прокатанного материала, примерно равна стоимости старых листовых станов, все же, основываясь на имеющихся данных, преимущества непрерывных станов очень велики; они дают до 80% экономии на заработной плате, сокращают расход энергии на 30% и вдвое расходы на травление и отход в брак. Поэтому производство тонких листов по принципу непрерывной П. может в будущем иметь дальнейшее распространение, хотя и старый тонколистовой стан при производстве тончайших листов и листов из специальной стали своего назначения не потеряет. Он будет иметь применение также и для производства обычных тонких листов в тех случаях, когда наличие спроса на полосы и листы определенной толщины и ширины не в состоянии будет оправдать установки непрерывного стана.

Лит.: [1]) Die neue Blechwalzwerksanlage in Rothe Erde, «St. u. E.», 1914, p. 985/994; [2]) Krämer W., Die Herstellung von Feinblechen f. Sonderzwecke, «Z. d. VDI», 1928, p. 785/733; [3]) Link E., Vier u. Sechs-Walzengerüstein americanischen Walzwerken, «St. u. E.», 1929, 2; [4]) Langenecker Ch., Continuous Sheet Mill at Ashland, «Blast Furnace a. Steel Plaut», 1927, Juli, p. 335/38; [5]) Fey H., Kontinuierliche Streifenwalzwerk f. hohe Geschwindigkeiten, «St. u. E.», 1929, p. 1457.

П. кровельного железа. Кровельным железом называется тонкое листовое железо размерами 1420×710 *мм*. Вес листа составляет 3,25—6 *кг*. Кровельное железо изготовляют в виде: 1) черного (глянцевого) или 2) оцинкованного. Мартеновский металл, идущий в передел на кровельное железо, обычно имеет следующий средний хим. состав: 0,06—0,1% C, 0,15—0,25% Mn, 0,02—0,03% P, 0,02—0,03 S и<0,1% Si. Кровельное железо, имеющее в своем составе больший против обыкновенного % S и Mn, быстрее поддается ржавлению. Более или менее значительное содержание P, Si и Al увеличивает хладноломкость кровельного железа и вместе с тем понижает свариваемость листов при обработке пакетов. Как показывают америк. опыты, введение в шихту ок. 0,5% Cu при отливке значительно увеличивает сопротивление кровельного железа ржавлению. Производство кровельного железа делится на две основные операции: П. и отделку листов. В СССР изготовление кровельного железа производится двумя методами: уральским (з-ды Урала, Сибири и некоторые з-ды юга Союза) и з.-европ. или вестфальским (з-ды центра и юга Союза). Эти два способа имеют существенное между собою различие, проходящее через весь процесс производства.

Уральский метод. Для П. кровельного железа служит сутунка (узкая листовая болванка), получаемая на трио-стане с диам. валков 500—600 *мм*, при 80—100 об/м., из мартеновских слитков весом 0,25—0,55 *т* и сечением ок. 200×200 *мм*. Развес и размер сутунки зависит от развеса прокатываемых листов; обычно толщина сутунки составляет 4—5—8 *мм* при ширине 150—175 *мм*. Полученная сутунка разрезается на части с таким расчетом, чтобы вес ее был больше веса чистого листа на 20—25%, что соответствует длине сутунки, при разной толщине ее, в 740 *мм*. П. из сутунки кровельного железа производится на дуостанах с диам. валков 450—650 *мм* при длине 900 *мм*. Число оборотов валков находится в зависимости от наивыгоднейшей окружной скорости, равной 1,5 *м/сек*. При диам.

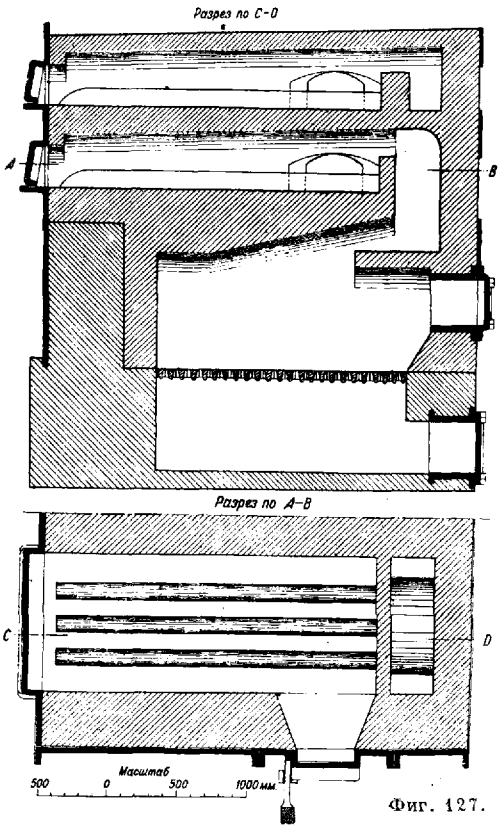
валков 450 *мм* число оборотов составляет 60 в мин., при диам. 550 *мм*—52 об/м., при диам. 600 *мм*—48 об/м. и при диам. 650 *мм*—44 об/м. Большее число оборотов при неуравновешенном верхнем валке, а также частые и резкие удары верхнего валка по нижнему способствуют поломке валков. На 1-м съезде по производству кровельного железа (1924 г.) были установлены следующие стандартные размеры прокатных валков: диам. валков 635 *мм*, длина валков 850 *мм*, диам. шейки 520 *мм*, длина шейки 344 *мм*, диам. трефа 410 *мм* и длина трефа 410 *мм* при 45 об/м. Мощность двигателей и живая сила маховиков на одну клеть кровельных станов до сих пор не установлены и представляют большое разнообразие. В то время как при водяных турбинах и паровых машинах мощность двигателя на 1 клеть составляет 60—150 HP, при электромоторах она достигает 300 HP. Что касается живой силы маховика на 1 клеть, то она колеблется на уральских з-дах 1 700—12 000 HP. Необходимо отметить, что число оборотов турбины и паровой машины может понижаться даже вдвое без вреда для двигателя и почти без понижения производительности. При газо- и электромоторах требуется более равномерное движение и очень мощные маховики. При слабых маховиках даже очень мощные газо- и электромоторы будут слабы и неэкономичны. При установке маховика на оси стана диаметр маховика д. б. не менее 10 *м*, что при среднем числе оборотов валков 45 в мин. дает окружную скорость до 24 *м/ск*, при диам. 12 *м*—окружная скорость 28 *м/ск*. Кровельный прокатный стан имеет ту особенность, что в движение приводится лишь нижний валок, тогда как верхний является холостым и б. ч. не уравновешенным. Вследствие этого верхний валок во время прокатки приподнимается и после того, как сутунка или лист вышли из валков, снова падает на нижний. Т. к. приводным является только нижний валок, то надобность в шестеренной клети отпадает. Число клетей при одном двигателе бывает 1—6, причем они бывают расположены либо с обеих сторон двигателя (см. фиг. 125) либо с одной стороны (фиг. 126). Достоинство первого расположения в том, что при ремонте одной клети м. б. остановлены не более двух клетей, на клетях же с другой стороны двигателя П. может продолжаться. Недостатком в этом расположении является довольно ощутительный расход на ремни: ремней в продолжение года, напр. при четырех клетях, расходуется около двух комплектов. В последнее время в Европе и Америке передачу при помощи ремней и канатов заменяют зубчатой передачей (редукторами) с большим передаточным числом, понижая число оборотов напр. с 700 на 40. Шестерни или только их венцы (ободы) изготовляют из кремнемарганцовистой или хромоникелевой стали с точно фрезерованными зубьями; кпд редукторов достигает



Фиг. 126.

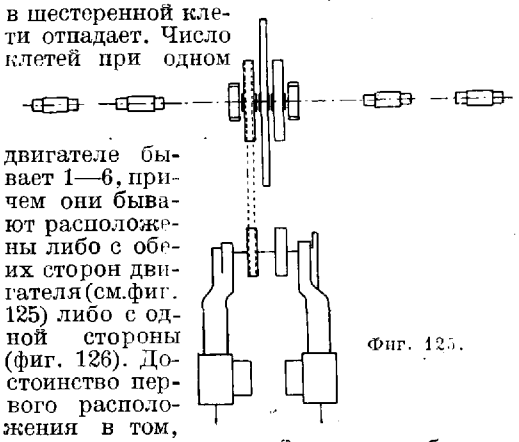
0,95—0,98. Такой металл в виду его высоких качеств почти не поддается износу; при надлежащем уходе и правильной смазке работа шестерен бесшумна, и служба их долговечна. Достоинством второго расположения является отсутствие расхода на ремни, недостатком же—остановка всех клетей в случае ремонта только одной клети. Клети кровельного стана снабжаются неподвижными столами (скамейками). Для выравнивания листов по боковым кромкам при П. употребляется на Урале очень удобная скамейка Шалабанова, работающая от ножной педали и получившая большое распространение.

Нагрев сутунки ведется до $t°$ 900—1 000° при восстановительной атмосфере без избытка воздуха, в печах камерного типа, одноэтажных, двухэтажных (фиг. 127) или



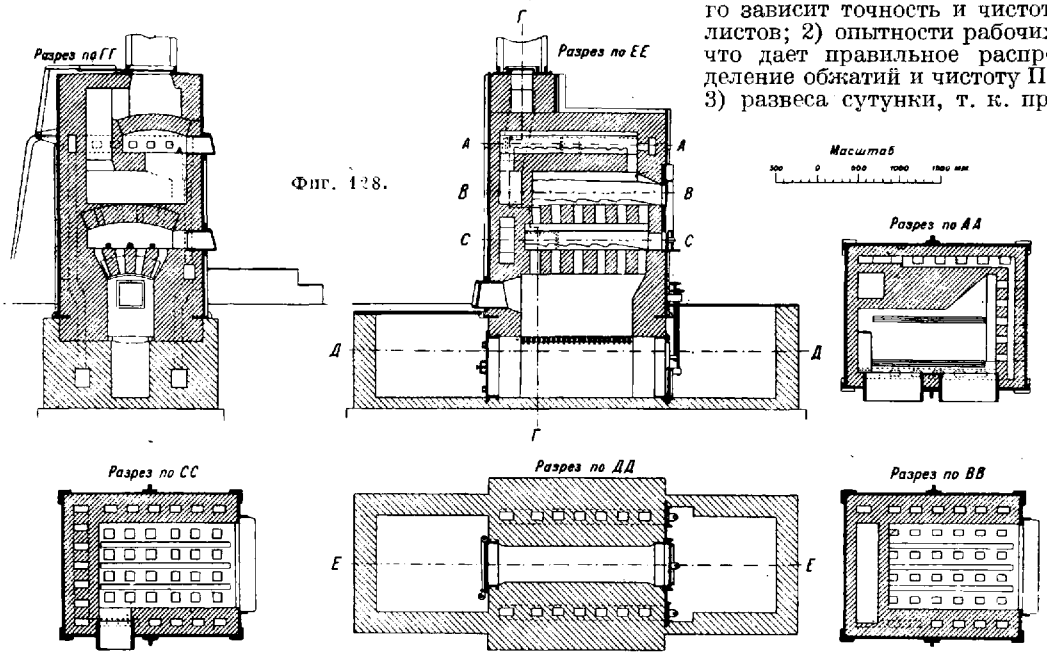
Фиг. 127.

трехэтажных (фиг. 128). Средняя производительность печи на 1 $м^2$ пода составляет 2,5—3 *т* в 24 ч. Нагретую сутунку подают к кровельному стану, где в 4—5 пропусков раскатывают (разболванивают) ее до длины, равной 25% длины готового листа, после



Фиг. 125.

чего, пересыпав лист молотым древесным углем во избежание сваривания, спаривают со вторым листом и в 3—4 пропуска докатывают до половинной длины готового красного листа. В работе обыкновенно находятся две сутунки: в то время как одна из них передается поверх верхнего валка обратно, вторая пропускается между валками. Полученные пары листов после пересыпки молотым углем и подогрева снова спариваются в пакет по 4—5—6 пт. («четверки», «пятерки», «шестерки» и т. д.) и докатываются в



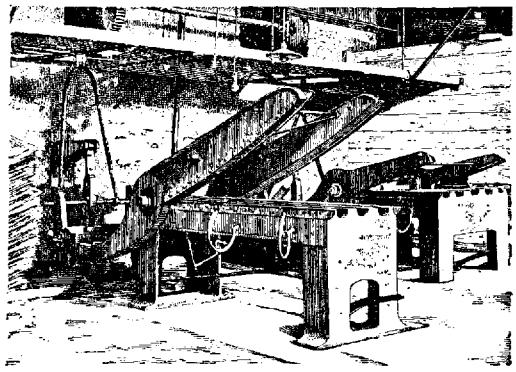
Фиг. 128.

10—11 пропусков до окончательной длины с припуском на обрезку. Как показывает практика уральских з-дов, вытяжки в среднем на один проход составляют 30%. Число листов, складываемых в пакеты, доходит до 8 или 16 в зависимости от требуемой толщины. Вводимая во время П. угольная мелочь не только предохраняет листы от сваривания или слипания, но образует кроме этого на поверхности листов слой окислов, близких по составу к магнитной окиси железа. Время раскатки каждой сутунки при 8—9 пропусках составляет 24—27 ск., а двух сутунок—48—54 ск. Время П. двух пар при 7 пропусках—63 ск. Т. о. полное время П. 4 красных листов составляет ок. 2 мин. Отделка заключается в том, что листы пачками (пары) весом в 0,5—0,6 *т* нагревают в специальной печи в восстановительной атмосфере в течение 3—4 ч. и пробивают под молотом. Полуостывшие пачки разбираются, причем каждый лист очищают с обеих сторон мокрыми хвойными метелками, пачка вновь складывается и вторично пробивается под молотом. При пробивке листов под молотом дают 500—700 ударов. Для пробивки листов применяют хвостовые, фрикционные, паровые или воздушные молоты. Разделяются они на два типа, в зависимости от выполняемой операции: разгонные и гладильные. Разгонный молот применяется при первой операции пробивки в горячем состоянии, применяемой для уплотнения слоя окислов, к-рый благодаря этому плотно и прочно держится на листе, покрывая его наподобие тонкой эмали. Вторая пробивка производится на гладильном молоте для выравнивания и выпрямления листов. Работа молота на 1 *т* кровельного железа колеблется по наблюдениям на уральских з-дах в пределах 190 000—520 000 *кгм*. Хорошей отделки достигают при 300 000 *кгм*. Процент обрезков во время прокатки в значительной степени зависит от трех факторов: 1) правильной пригонки валков, от чего зависит точность и чистота листов; 2) опытности рабочих, что дает правильное распределение обжатий и чистоту П.; 3) развеса сутунки, т. к. при более тяжелых листах получается большая неравномерность в вытяжке.

Производительность кровельных станов в сутки составляет 15 *т* и достигает 20 *т*. Помимо отжига под влиянием нагрева листов и первой пробивки их под молотом получившийся на поверхности листов при П. слой окислов прочно внедряется с поверхности листа, покрывая ее тонким изолирующим слоем, и предохраняет листы от ржавления. Листы, пробивавшиеся при более высокой *t*°, получают лучший и более глянцевый вид (при прочих равных условиях), чем пробитые при более низкой темп-ре. Однако указанный нагрев ограничен определенным пределом, а именно опасностью сваривания листов при переходе нагрева за известный предел. Пробитые и выправленные листы обрезаются на параллельных ножницах (фиг. 129) и поступают в сортировку, после чего пакетируются для отправки. После сортировки получаются следующие средние результаты производства кровельного железа: 1-й сорт 35—53%, 2-й сорт 36—26%, брак кровельный 10—4,5%, брак поделочный 7,5—4,5%, обрезки 10,5—8%, угар 1—2%.

Западноевропейский способ. Кровельное железо, приготовляемое по этому способу, прокатывается из сутунки такого веса, который соответствует двойному или кратному весу изготовляемых из нее листов. В этом первое отличие от уральского способа. Второе существенное отличие

заключается в операции т. н. раздирки листов; третье отличие состоит в правке листов на правильном станке, а не под молотом. П. ведется следующим образом: сутунка после раскатки до некоторой, определяемой числом листов, длины сгибается пополам при помощи так называемого дублера, обыкновенного или автоматического, и снова после подогрева прокатывается на второй клети, где, также вторично дублируясь, после второго подогрева докатывается до окончательных размеров с припуском на об-



Фиг. 129.

резку. Дублеры, обрезающие одновременно кромки листов, делают 20—25 ходов в мин. и приводятся электромотором в 15—20 HP. Обрезка пакетов иногда производится отдельно, на специальных ножницах с мотором в 75 HP. Пересыпка молотым углем дублируемых листов отсутствует, и таким образом по остывании получившийся очень плотный пакет слипшихся листов приходится с большим усилием раздирать вручную тупым изогнутым ножом или на механич. раздирателях. Разодранные листы имеют светлую металлич. поверхность, незащищенную от атмосферных влияний слоем окислов. Такой метод производства по стоимости дороже уральского, т. к. число клетей, печей, время нагрева подсобных агрегатов значительно больше, чем при аналогичных операциях по уральскому методу. Зато последующая операция з.-европ. способа (отделка) проще той же операции по уральскому способу; она заключается в отжиге, к-рый производится в туннельных методических печах длиною иногда 30 *м* (см. *Жесть*) или обыкновенных печах со съемным сводом. Кровельное железо укладывается в герметические ящики из жароупорной стали, вместимостью 1 000—1 500 листов каждый; помещенные на ваонетки, они проходят в течение 18—24 ч. через печь с последующим 15—20-часовым охлаждением в закрытом виде на воздухе. При нормальном отжиге, с $t°$ внутри ящиков ок. 760°, листы имеют светлую матовую поверхность, покрытую легким слоем окиси железа, к-рая однако не может предохранить лист от ржавления в такой степени, как предохраняет его слой магнитной окиси при способе уральском. После отжига, весьма однако несовершенного вследствие неравномерности нагрева по всей толщине пачки отжигаемых листов, производится правка. После разборки листы пропускают по одному через листоправильные семи- или девятивалковые станки. Эта правка требует довольно значительного механического усилия и следовательно достаточно сильных двигателей. Многие заводы после правки вводят дополнительную обрезку листов. Последующей браковкой и пакетированием процесс производства кровельных листов по зап.-европ. способу оканчивается. По данным де-Луази расход энергии при П. по з.-европ. способу [7] из сутунки в 740×150×9,3 *мм* кровельного железа толщиною 0,42 *мм* при общей вытяжке 22 составляет 191 kWh на 1 *т*.

Сортировка и упаковка кровельного железа. После обрезки листов на размер 1 420×710 *мм* листы кровельного железа подвергаются в особом сортировочном отделении сортировке и взвешиванию каждого листа для точного определения его веса, а по весу и толщины, чтобы отнести его к тому или другому размеру. По внешнему виду кровельное железо сортируется на 4 сорта: 1-й сорт, 2-й сорт, брак кровельный и брак поделочный. По терминологии уральских з-дов при сортировке учитываются следующие пороки: треска (мелкая окалина), земля (следы огнеупорного материала, попадающего при сифонной разливке в мартеновском цехе), надавы и мятины от соседних листов, кайма (незначительное утолщение на кромке), плены, рванины (трещины по краю), сухость. Брак кровельный иногда называется 3-м сортом, а брак поделочный идет не для кровельного производства, а для всевозможных поделок. При обрезке листов кровельного железа, удаляя большие трещины, дыры и всевозможные пороки, получают листы меньших размеров против нормальных (1 420×710 *мм*), к-рые носят название недомерков (неполномерных) и применяются для поделок. Иногда они имеют размер всего лишь 710×710 *мм*.

Попутно при производстве кровельного железа получается т. н. парсовое железо, к-рое имеет толщину от 0,8 *мм* и выше. Получается оно при П. кровельного железа после остановки, когда валки еще не разогрелись и вследствие этого трудно получить тонкий лист одинаковой толщины по поперечному сечению. Упаковываются листы в пачки весом 80 *кг*. Количество листов в пачке составляет 12—33 в зависимости от веса листа. Данные о кровельном и парсовом железе см. табл. 22 и 23.

Табл. 22.—Вес и толщина черного кровельного железа (ОСТ 22).

Вес листа, *кг*	6,0	5,5	5,0	4,5
Толщина листа, *мм*	0,79	0,75	0,70	0,60
Число листов в пачке	12—13	14—15	16—17	18—19
Вес листа, *кг*	4,0	3,5	3,25	2,5
Толщина листа, *мм*	0,50	0,47	0,42	0,30
Число листов в пачке	20—21	22—23	24—25	31—33

Допуски в весе: листа—0,25 *кг*, пачки—0,5 *кг*.

Табл. 23.—Вес и толщина парсового железа (ОСТ 21).

Вес листа, *кг*	6,30	7,10	7,91	9,40	11,87
Толщина листа, *мм*	0,8	0,9	1,0	1,2	1,6

Допуски: отклонение в весе листа д. б. меньше половины разности весов данного размера и ближайшего меньшего; для толщины 0,8 *мм* допуск в весе д. б. <0,4 *кг*.

Технич. условия на приемку кровельного железа очень тяжелые. Кровельное железо при испытании должно выдерживать следующие две пробы: вырезанные из листа два пробных листка соединяются между собой двойным замком (как это делают кровельщики при покрытии крыши кровельным железом); после этого они сгибаются перпендикулярно к линии замка под внутренним углом в 45°; полученный т. о. гребень разгибается в плоскость и снова сгибается под тем же углом. Сгибание и разгибание производится деревянным молотком. При этом испытании в листах не должно обнаружиться никаких разрывов. Кроме того вырезанные из листа полоски шириной 25—30 *мм* вдоль и поперек П., зажатые в тиски с округленными губками с радиусом 3 *мм*, должны изгибаться на 180° вдоль П. 10 раз и поперек П. 7 раз без признаков разрыва. Вопрос о сравнительных качествах железа уральского и железа южных з-дов, в частности о степени сопротивления ржавлению, подвергался многочисленным исследованиям, и полученные выводы вкратце сводятся к следующему положению: железо южное, изготовленное по з.-европ. способу, менее стойко в отношении ржавления, чем железо уральское, но то же железо, изготовленное по уральскому способу, т. е. с нанесением на поверхность листа слоя магнитных окислов, близко подходит по стойкости к железу уральскому. Для сравнения железа уральского и южного может служить табл. 24[8].

Табл. 24.—Содержание примесей в кровельном железе (в %).

Заводы	C	Mn	S	P
Урал:				
Лысьвенский	0,085	0,45	0,041	0,027
Алапаевский	0,083	0,33	0,056	0,020
Верх-Исетский	0,055	0,24	0,036	0,020
Юг:				
б. Шадуор	0,10	0,47	0,038	0,028
Макеевский	0,16	0,56	0,021	0,029
Сталинградский	0,053	0,41	0,059	0,039

Что касается механич. свойств железа уральского и южного, к-рые определяются по числу выдерживаемых листом сгибаний и разгибаний, то производившиеся многочисленные испытания не обнаружили в этом отношении какой-либо характерной разницы между железом уральским и южным. Надо однако заметить, что вследствие П. кровельного железа по з.-европ. способу по нескольку листов сразу его во избежание сваривания изготовляют несколько более твердым, путем введения большего количества кремния, вследствие чего железо не выдерживает плотного сгибания, требуемого технич. условиями.

В заключение надо сказать, что многочисленные наблюдения за поломками валков дали следующие результаты[3]: при уральском изготовлении кровельного железа на 1 валок приходится 500—1 000 *т* прокатного железа, а при з.-европ. 100—400 *т*, что вполне понятно из основного различия способов прокатки при различном весе сутунки. Стоимость передела по уральскому способу не выше стоимости передела по з.-европейскому, однако работа по уральскому способу проще и требует менее сложных устройств, меньшего расхода валков, подшипников и т. д. Учитывая стойкость уральского кровельного железа против ржавления, необходимо признать, что оно (без оцинкования) должно исключительно применяться для крыш; предназначенное для цинкования необходимо прокатывать по з.-европ. способу.

Лит.: [1]) Толстов Н. Л., Выделка листового кровельного железа по уральскому способу, СПБ, 1911; [2]) Труды 1-го съезда деятелей по производству кровельного железа в Екатеринбурге 16 — 18 июня 1924 г., М., 1924; [3]) Канненберг А., Кровельное железо, «Вестник Металлопромышленности», М., 1924, *I—3*; [4]) Щировский В., Белорецкий округ, Чусовской и Пытвенский заводы, «Уральский техник», Свердловск, 1918; [5]) Онуфрович А., Исследования кровельного железа, СПБ, 1909; [6]) его же, О кровельном железе, Доклад 2-му Всероссийскому съезду деятелей по горному делу, металлургии и машиностроению, СПБ, 1913; [7]) De Loisy, «Revue de Metallurgie», P., 1909, *I*, p. 60—74. **В. Щировский.**

Прокатка цветных металлов.

Общая часть. Этим главнейшим видом механич. обработки цветных металлов получают готовый продукт в виде листов, полос, лент, фольги, проволоки и различных профилей, а также заготовку для труб. Значительная часть цветных металлов в виде катаных изделий подвергается дальнейшей механич. обработке: волочению, давке, штамповке и пр. Цветные катаные изделия находят обширное применение как в промышленности (электротехнич. и кабельные производства, авто- и авиастроение, судостроение, транспорт, тракторостроение, химич. промышленность, строительное дело, полиграфич. промышленность), так и для производства предметов широкого обихода (посуда, лампы, самовары, примусы, керосинки, галантерейные изделия и пр.). Значительную роль цветные катаные изделия играют и в военно-морском снаряжении для производства гильз, пульных оболочек, капсюлей и пр.

Главнейшие прокатываемые цветные металлы и их сплавы: медь, цинк, никель, олово, свинец, алюминий и их сплавы: медь + цинк (латунь и томпак), медь + цинк + свинец (мунц), медь + цинк + олово (морская латунь), медь + олово (бронзы), медь + алюминий (алюминиевая бронза), медь + никель + + цинк (торговый мельхиор, нейзильбер, никелин), медь + никель (пульный мельхиор, константан), медь + никель + железо + + марганец (монель-металл), алюминий + + медь + марганец + магний (дуралюмин и его разновидности) и пр. Некоторую роль в промышленности имеют также магний и его сплавы с алюминием (электрон) и некоторые благородные металлы (серебро, золото, платина). Перечисленные металлы и сплавы должны иметь определенный химич. состав, при к-ром возможна их П. и дальнейшая механич. обработка; значительные примеси и дефекты отливки делают их непригодными для этой цели. Химич. состав прокатываемых цветных металлов определяется общесоюзными стандартами (ОСТ 267; 308—311; 312; 567; 663; 2 028). Для красной меди стандарт (ОСТ 308) даст следующую характеристику отдельных марок (табл. 25).

Табл. 25.—Марки красной меди (ОСТ 308).

Марка	Химич. состав в %			
	Cu	Примеси		
		Bi	Sb	Всего
М 1	⩽99,9	сл.*1	сл.	⩾0,1
М 2	⩽99,8	сл.	сл.	⩾0,2
М 3	⩽99,7	сл.	сл.	⩾0,3
М 4	⩽99,5	⩾0,003	⩾0,005	⩾0,5
М 5	⩽99,0	⩾0,005	⩾0,010	⩾1,0

*1 Под сл. подразумевается содержание соответствующего элемента не выше 0,002%.

Цинк по содержанию примесей подразделяется по ОСТ 267 на 4 марки (табл. 26).

Табл. 26.—Марки цинка (ОСТ 267).

Марка	% Zn	Примеси в %							Примерное назначение
		Cd	Fe	Pb	Al	Sn	Прочие примеси	Всего	
Ц. 1	⩽99,85	⩾0,07	⩾0,04	⩾0,07	сл.	сл.	⩾0,01	⩾0,015	Для высших спец. сортов катаной латуни (напр. патронной)
Ц. 2	⩽99,50	⩾0,25	⩾0,04	⩾0,30	сл.	сл.	⩾0,02	⩾0,50	Для высших сортов торговой катаной латуни и для прокатки
Ц. 3	⩽98,75	⩾0,60	⩾0,05	⩾0,80	сл.	сл.	⩾0,05	⩾1,25	Для обычной торговой латуни и мунца
Ц. 4	⩽98,00	⩾0,75	⩾0,10	⩾1,60	сл.	сл.	⩾0,08	⩾2,00	Для цинкования и литых сплавов

Алюминий по химическому анализу согласно ОСТ 2028 делится на 3 марки (табл. 27).

Табл. 27.—Марки алюминия (ОСТ 2028).

Марка	% Al	Содержание примесей в %				
		Fe	Si	Fe+Si	Cu+Zn	Всего
Ал.— I	⩽99,5	—	—	⩾0,5	0,05	⩾0,50
Ал.— II	⩽99,0	—	—	⩾1,0	⩾0,1	⩾1,00
Ал.—III	⩽98,0	⩾1,0	⩾1,0	⩾1,75	⩾0,25	⩾2,00

По своему химич. составу никель подразделяется на ряд марок ОСТ 567 (табл. 28).

Табл. 28.—Марки никеля (ОСТ 567).

Марка	Химический состав в %							
	Ni+Co	Co	Прочие примеси					Всего
			Fe	Si	C	S	Cu	
Н 1	⩽99,7	⩾0,1	0,2	0,01	0,05	сл.	0,03	⩾0,3
Н 2	⩽99,5	⩾0,8	0,3	сл.	сл.	сл.	сл.	⩾0,5
Н 3	⩽99,0	⩾1,0	0,5	0,15	0,2	0,03	0,15	⩾1,0
Н 4	⩽97,5	⩾1,5	1,2	0,35	0,8	0,06	0,15	⩾2,5

Состав медно-цинковых сплавов по ОСТ 312 (новая редакция 1931 г.) приведен в табл. 29.

Сортамент прокатываемых цветных металлов и сплавов состоит из листов, лент, прутков, проволоки, труб и фольги, к-рые регулируются общесоюзными стандартами. Листы и ленты ОСТ 2561—2570, топочные листы 347, прутки ОСТ 341—343, 681—682, проволока круглая медная ОСТ 420. Нормальными размерами листов (латунных, медных, алюминиевых и пр.) в СССР являются: 600×1 500 *мм*, 710×1 410 *мм*, 1 000×2 000 *мм*. Для листов рольного свинца нормальной шириной является 2 150 *мм*, 2 600 *мм*, 2 800 *мм* и 3 500 *мм*. Медные листы для специальных целей бывают размерами 1 200×3 600 и 1 800×3 600 *мм*. Цинковые листы для полиграфич. целей имеют следующие размеры: для клише 2×500×600 *мм* и для типографских машин (наиболее ходовые) толщиной 0,6—0,9×1 000×1 400 *мм*. Ленты прокатываются шириной 10—300 *мм*. В последнее время в связи с введением станов для особо точной П. в Европе и в СССР ленты прокатываются шириной до 600 *мм*. П. листов и лент бывает повышенной точности и обычной. Толщина листов бывает 0,2—10 *мм*, причем для тонких листов (до 0,5 *мм*) разделение по толщинам идет через каждые 0,05 *мм*, для листов толщины 0,5—1,0 *мм* через каждые 0,10 *мм*, а для более толстых листов через 0,2, 0,3, 0,5 и 1,0 *мм*. Допускаемые отклонения в толщине прокатываемых листов колеблются от ±0,03 *мм* (для толщины листов 0,20 *мм*) до ±0,10 *мм* (для толщины листов 3,0 *мм*). Для более толстых листов (10 *мм*) колебания в толщине могут достигнуть ±0,20 *мм* и даже ±0,25 *мм*. Допускаемые отклонения для листов обычной точности П.: по ширине ±10 *мм*, по длине +15 *мм* и −5 *мм*; для листов повышенной точности П. допускаемые отклонения по ширине и длине листов ±5 *мм*. Нормальная толщина лент шир. до 300 *мм* 0,10—2,00 *мм*. Допускаемые отклонения по толщине ±0,02 (для толщины 0,10 *мм*) до ±0,06 *мм* (для толщ. 2,00 *мм*). Допускаемые отклонения по ширине для толщины до 1,0 *мм* ±0,5 *мм* и свыше ±1,0 *мм*. Допускаемая длина ленты не менее 5 *м*. Все ленты выпускаются в форме плотно свернутых рулонов.

Проволока, прутки и полосы (медь, латунь, алюминий, сплавы малой электропроводности и пр.). Наибольшая часть этих изделий связывается с П. лишь в первой стадии изготовления или вовсе с ней не связывается в тех случаях, когда слитки продавливаются на гидравлич. прессах (гл. обр. латунь). Т. о. продукт собственно П. служит здесь или заготовкой, предназначаемой для дальнейшей обработки (волочения) в пределах данного же предприятия, или полуфабрикатом, поступающим на

Табл. 29.—Состав медно-цинковых сплавов (ОСТ 312).

Наименование сплава	Марка	Состав в %												
		Cu		Спец. примеси		Случайные примеси *10							Всего	Zn
		норма	допуск	Pb	Sn	Pb	Fe	P	As	Sb	Bi	Sn		
Томпак *1	ЛТ 90	90	±1,0	—	—	0,03	0,1	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	⩾0,20	Остальное
Полутомпак *2	Л 80	80	±1,0	—	—	0,03	0,1	0,01	0,01	0,005	сл.	0,05	⩾0,25	
Латунь *3	Л 68	68	+2 −1	—	—	0,03	0,1	0,01	0,01	0,005	сл.	0,10	⩾0,25	
Латунь *4	Л 62	62	±1,0	—	—	0,1	0,15	0,01	0,01	0,005	0,003	0,15	⩾0,4	
Латунь *5	Л 59	59	+1,0 −2,0	—	—	0,5	0,3	0,01	0,01	0,010	0,003	0,20	⩾0,9	
Мунц *6	ЛС 59	59	+1,0 −2,0	0,8—1,9	—	—	0,5	0,02	0,02	0,010	0,003	0,25	⩾1,0	
Мунц автоматн. *7	ЛС 59 А	59	+1,0 −2,0	2—3	—	—	0,5	0,02	0,02	0,010	0,003	0,25	⩾1,0	
Латунь морская *8	ЛМ 70	70	±1,0	—	1,0—1,5	0,07	0,05	сл.	сл.	сл.	сл.	—	⩾0,2	
» » *9	ЛМ 62	62	±1,0	—	1,0—1,5	0,2	0,1	сл.	сл.	сл.	сл.	—	⩾0,4	

Примерное назначение: *1 Для плакировки и пр. *2 Листы, ленты, проволока. *3 Трубы конденсаторные, ленты. *4 Листы, ленты, проволока, трубы, прутки. *5 Те же изделия, только толстых размеров. *6 Прутки для резьбы и штамповки арматуры (литье), листы толстые. *7 Прутки для автоматов. *8 Трубы, соприкасающиеся с морской водой. *9 Листы и прутки. *10 В отдельности не более указанных значений.

рынок или на другие з-ды (в подавляющем большинстве случаев для дальнейшей обработки). К полуфабрикатам этого рода относятся катаные прутки круглого, квадратного и шестигранного сечения и проволока круглого и квадратного сечения, толщиной не ниже 5—6 *мм* (в СССР катаная проволока имеет толщину 6—7 *мм*.). Непосредственное получение готового профиля, минуя прочие методы обработки, имеет место при профильной (сортовой) П. (завод «Америк. алюминиевая компания в Массене», штат Нью Йорк)—П. из слитков дуралюмина до 1,4 *т* весом на судовые и строительные сорта до 250 *мм*, уголки до 150×100 *мм*, круглые, квадратные, полосовые и прочие сорта.

Кроме основных размеров, помимо состава (сплав), цветные катаные изделия характеризуются еще механич. качествами и состоянием поверхности. Следует различать изделия рыночного качества, не подлежащие приемке при сдаче заказчику, и изделия с технич. приемкой, к-рая производится на основании точно вырабатываемых технических условий, охватывающих указанные выше свойства изделия (или часть их). Основным механич. испытанием изделий цветной П. является проба на растяжение (разрыв), причем пользуются или всеми заранее утвержденными размерами образца или размерами по общепринятой ф-ле $L=11{,}3\sqrt{F}$, где L—расчетная длина образца, а F—площадь поперечного сечения. В известных случаях образцы берутся из разных мест (в двух перпендикулярных направлениях). В технич. условия вводят величину временного сопротивления на разрыв R (± допуск), относительное остающееся удлинение при разрыве A от первоначальной длины образца (± допуск) и весьма нередко сумму $R+2A$. Кроме того заранее устанавливается количество образцов для испытаний, допускаемый % образцов, не удовлетворяющих требованиям, и пр. Дополнительно к испытанию на растяжение, или независимо от него, весьма часто металл контролируют на выдавливание на конусе Эриксена (продавливание колпачка конусом до появления трещин), а также подвергают прокатанные цветные металлы и другим технологическим пробам. В ОСТ имеются технические условия, которым должны удовлетворять металлы при их испытаниях. Сюда относятся различные загибы образцов в холодном и горячем состоянии (с известным радиусом закругления или с расплющиванием), повторные перегибы до появления трещин, расклепывание, испытание на остающийся прогиб при изгибе в определенных условиях, длительная вибрация (для пружин), пробная вырубка колпаков, если полуфабрикат предназначается для штамповки, и пр. Испытания последнего типа представляют собой пробу известной части продукта в условиях, точно совпадающих с будущей, предназначаемой для него, обработкой или службой. В качестве примера технич. условий, к-рым должны отвечать прокатанные цветные изделия, приводим ОСТ 3336 на листы латунные неответственного назначения.

А. Технические условия.

§ 1. Листы латунные неответственного назначения изготовляются отожженными (мягкими) из сплава Л 59 и Л 62 по ОСТ 312 (1931 г.).

Примечание. Листы толщиною более 3 *мм* могут быть изготовлены из сплава ЛС 59 по ОСТ 312 по усмотрению поставщика.

§ 2. Размеры листов латунных и допуски к ним должны соответствовать ОСТ 2564.

§ 3. Поверхность листов должна быть чистая и гладкая, без значительных плен, раковин и других поверхностных дефектов. Кромка листов должна быть ровной.

Примечание. На поверхности листов допускается подшабровка и подчистка наждачным полотном поверхностных дефектов на глубину, не превышающую допусков по толщине.

§ 4. Листы латунные марки Л 62 при толщине от 0,2 до 2 *мм* должны выдерживать пробу на выдавливание по методу Эриксена, причем глубина выдавленной лунки, соответствующая появлению трещины, должна удовлетворять следующим нормам:

При толщине листов в *мм*	Наименьшая глубина лунки в *мм*
0,2—0,25	7
0,3—0,55	9
0,6—1,00	9,5
1,2—1,50	10,0
1,8—2,00	10,5

§ 5. Листы латунные толщиною 2,5—10,0 *мм* при пробе растяжением должны удовлетворять следующим нормам:

Марка	R, *кг/мм²*	i, в %	
Л 62	31	35	$l=11{,}3\sqrt{F}$
Л 59	35	25	
ЛС 59	35	20	

§ 6. Листы латунные при пробе на загиб в холодном состоянии поперек П. должны выдерживать, без появления следов надрыва или отслоений, загибы:

При толщине листов в *мм*	Загиб на 180°
0,20— 1,80	вплотную
2,00— 5,00	вокруг оправки диам. 5 *мм*
6,00—10,00	» » » 10 *мм*

Б. Упаковка и маркировка.

§ 1. Листы латунные толщиною 0,2—1,0 *мм* упаковываются в пачки весом 80 *кг*, причем листы толщиною 0,5—1,0 *мм* связываются обручным железом в две скобы, а листы толщиною 0,2—0,5 *мм* упаковываются в деревянные рамы.

§ 2. Листы латунные толщиною 1,2—10,0 *мм* не упаковываются.

§ 3. Каждая пачка и отдельные листы (толщиною 1,2—10,0 *мм*) должны быть замаркированы с указанием: 1) наименования завода поставщика, 2) толщины листов, 3) размеров по ширине и длине листов и 4) марки латуни с отметкой, что листы неответственного назначения.

Горячая П. цветных металлов и ее особенности. Цветные металлы и их сплавы в своем большинстве обладают настолько значительной ковкостью, что м. б. в холодном состоянии прокатаны в очень тонкие листы толщиною в несколько тысячных *мм*. Однако несмотря на значительную ковкость большинство цветных металлов и сплавов под влиянием холодной П. получают наклеп, становятся хрупкими и жесткими и для возвращения первоначальных механич. качеств требуют соответствующей термическ. обработки (отжига). Потребность в отжиге и травлении наступает периодически после уменьшения поперечного сечения прокатываемого слитка или полосы на 40—70 % в зависимости от металла или сплава, усложняет и удорожает процесс производства. С другой стороны, в нагретом состоянии цветные металлы и их сплавы обладают гораздо большей пластичностью и тягучестью, причем их сопротивление деформации значительно понижается с повышением $t°$. Однако надо иметь в виду, что не все сплавы цветных металлов допускают обработку в горячем состоянии; кроме того П. в горячем состоянии ограничивается соответствующими температурными интервалами, за пределами которых горячая П. нецелесообразна. В табл. 30 приведены результаты испытаний различных цветных металлов на разрыв при различных температурах.

В табл. 30 σ_B — сопротивление на разрыв, $\sigma_m = 100\frac{F-F_m}{F}$ — удлинение в начале поперечного сжатия (по Людвигу), причем F — первоначальное сечение бруска, а F_m — сечение бруска, наблюдаемое при максимальной нагрузке; $\psi = 100\frac{F-F_b}{F}$ — поперечное сжатие, причем F_b — сечение бруска в месте разрыва. Величина ψ, выраженная в % от первоначального сечения,—мера текучести металла. Из приведенной табл. видно, что текучесть напр. меди при нормальной $t°$ равна 67%, при 160° она повышается до 71%, а затем быстро падает в интервале 300÷600° и вновь повышается при 790—800°, после чего опять падает. Учитывая при этом уменьшение сопротивления меди на разрыв с возрастанием $t°$, видим, что прокатывать медь в горячем состоянии благоприятнее всего в интервале 900 ÷ 650°; в интервале 650÷300° сопротивление уже так значительно возрастает, а текучесть меди такова, что лучше дать ей остынуть и затем обрабатывать ее в холодном состоянии.

Табл. 30.—Результаты испытаний цветных металлов на разрыв при различных $t°$.

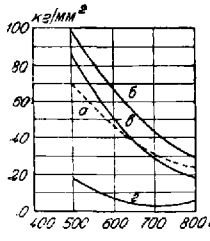
Наименование	$t°$	σB, *кг/см²*	σ_m, %	ψ, %
Алюминий, отожженный при 350°	20	1 160	19	79
	75	1 000	24	83
	135	765	32	88
	310	260	39	97
	403	125	42	99
	510	55	45	99
	600	35	42	100
Свинец, отожженный при 100°	20	135	31	100
	82	80	24	100
	150	50	33	100
	195	40	20	100
	265	20	20	100
Красная медь, отожженная при 600°	20	2 280	32	67
	160	1 840	32	71
	300	1 320	30	50
	410	850	19	24
	555	485	14	19
	650	330	15	20
	793	190	14	34
	970	80	6	15
Никель, отожженный при 900°	20	4 930	26	72
	195	4 480	26	66
	300	4 480	31	67
	455	3 020	20	31
	593	2 060	16	25
	800	920	11	18
	1 000	400	11	15
	1 100	250	11	24
Цинк, отожженный при 200°	20	1 130	5	7
	112	725	8	15
	150	500	7	10
	247	225	6	11
	330	125	8	15
	405	3	2	2
Магний, отожженный при 350°	20	1 700	0	2
	83	1 340	10	13
	175	675	35	45
	273	295	46	76
	355	160	50	87
	550	30	40	100
Олово, отожженное при 50°	20	275	40	74
	53	175	45	72
	100	105	45	82
	153	65	41	97
	180	45	10	12
	207	25	0	0
Латунь 70/30, отожженная при 500°	20	3 240	34	70
	200	2 670	35	70
	400	1 180	19	27
	600	280	14	17
	800	50	7	9

Такие же интервалы $t°$ с минимальными пределами текучести имеются и у других металлов и сплавов; при обработке их следует избегать работы в этих интервалах, т. к. металл при этих $t°$ будет легко давать трещины. Поэтому в горячем состоянии слитки цветных металлов и их сплавов прокатывают до определенной толщины, когда $t°$ прокатываемой полосы не упала ниже допускаемого предела. При достаточно толстых полосах они подвергаются подогреву и вторичной П. в горячем состоянии. При тонких полосах (3—6 *мм*) удержать высокую $t°$ чрезвычайно трудно вследствие теплоизлучения и охлаждающего действия валков при П.

При горячей П. цветных металлов необходимо учитывать происходящее в металле явление рекристаллизации (см. *Макроструктура*). В результате целого ряда исследований установлено, что при П. цветных металлов явления наклепа не появляются до тех пор, пока П. идет при $t°$, не опускающихся ниже определенных пределов, при к-рых наклеп парализуется мгновенным отжигом. Такие $t°$-ные границы (по данным практики) приведены ниже:

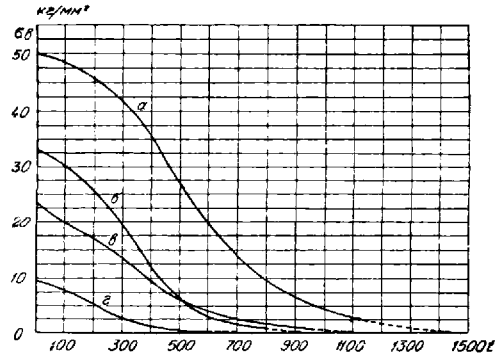
Медь (99,9%Cu)	400—500°
Латунь (68/32)	650—700°
Бронза (90/10)	600—750°
Алюминий (99,5%Al)	350—400°
Мельхиор (80/20)	750—800°

Вследствие этих причин при горячей П. цветных металлов имеется возможность вести весьма интенсивное обжатие слитков большого веса, доводя их с одного нагрева до незначительной толщины. Холодная П. потребовала бы в этом случае громадного повышения мощности станов и вызвала бы введение промежуточных отжигов вследствие наклепа, а в связи с этим и разрушение металла после достижения известной степени обжатия. В соответствии с этим следует считать, что процесс горячей П. цветных металлов и в особенности сплавов требует соблюдения весьма точной выдержки $t°$ нагрева при П. и известных скоростей деформации, в силу чего является операцией деликатной, идущей удовлетворительно только при достижении известных навыков в работе и при наличии специального оборудования, без которого в некоторых случаях введение горячего метода обработки может оказаться и неэкономичным. Что касается толщины прокатываемых в горячем состоянии продуктов, то она определяется степенью дальнейшей точности работы. Чем толще заготовка, получаемая горячей П., тем менее сказывается в дальнейшем неточность в толщине полосы по ширине и длине, неизбежная при горячей П. Темп-ра нагрева слитков для горячей П. ограничивается возможностью появления пережога, причем всегда выгодно иметь при П. наивысшую доступную $t°$ (при которой качество металла однако сохраняется без ухудшений). Повышением $t°$ нагрева повышается и $t°$ конца П., благодаря чему металл выходит менее наклепанным или же вовсе ненаклепанным, что важно при решении вопроса о необходимости введения отжига полос перед последующей холодной П. или о допустимом размере первой холодной П., если предварительный отжиг не имеет места. На протяжении горячей П. идет б. или м. равномерное остывание прокатываемого металла, причем сообразно с падением $t°$ возрастает давление истечения металла и находящийся с ним в прямой зависимости расход энергии на прокатку (что видно из диаграммы на фиг. 130, где *а*—кривые величины давления в *кг* при П. меди, *б*—томпака с 84,8% Cu, *в*—бронзы с 72% Cu, *г*—то же с 58% Cu), а также временное сопротивление на разрыв σ_B (на фиг. 131 диаграммы сопротивления σ_B на разрыв в *кг/мм²*: *а*—для никеля, *б*—латуни, *в*—меди, *г*—алюминия). Что касается величины давления истечения (того напряжения металла при котором он приходит в пластическое состояние и начинает течь), то точные данные о его величине имеются только для свинца, олова и цинка. Для остальных цветных металлов таких данных нет. Как первое приближение, за величину, характеризующую давление истечения при горячей П., принимают коэф. крепости при данной $t°$. Однако следует иметь в виду, что при высоких $t°$ давление истечения значительно меняется со скоростью деформации и величина этого изменения зависит в свою очередь от $t°$.



Фиг. 130.

Скорость и $t°$ П. За исключением проволочных станов скорость П. даже в новейших станах не превосходит 2,5 *м/сек*, причем

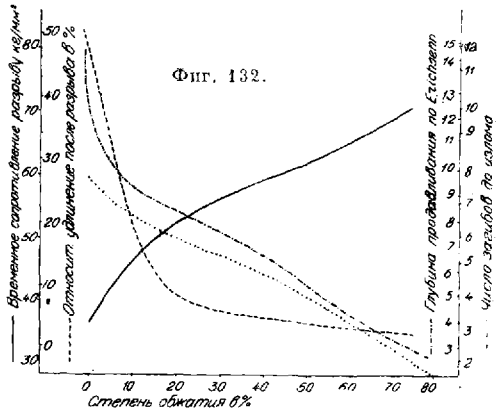


Фиг. 131.

для горячей П. меди и медно-цинковых сплавов (томпака, латуни, мунца) скорость горячей П. лежит в пределах 1,75÷2,5 *м/сек*. Скорость П. никеля не превышает 2 *м/сек*. Горячая П. алюминия и его сплавов производится при меньших скоростях (0,6—1,2 *м/сек*). Горячая П. свинца и олова ведется с еще более пониженными скоростями в пределах 0,2÷0,3 *м/сек*. При П. проволоки допускают скорости до 3 *м/сек* в обжимных клетях; 3,5—5,0 *м/сек* в черновых клетях и до 7 *м/сек* в отделочных. Горячая П. меди производится при $t°$ 900—650°. Нагрев свыше 900° опасен (в смысле понижения качеств металла), а свыше 950° имеет место явный пережог. Содержание закиси меди (Cu_2O) до нескольких долей % не препятствует горячей П., но воздерживаются иметь свыше 1,0%. Содержание Sb свыше 0,1% вызывает при горячей П. меди образование настолько рваных кромок, что от обработки такого металла приходится совершенно отказываться. Нормальное содержание сурьмы—не свыше 0,01 %. Латунь любого состава при содержании Pb 0,01% может прокатываться в горячем состоянии, причем П., начатая при правильном нагреве, может итти успешно без следов разрушения металла во всем $t°$-ном интервале, определяемом в отдельности для каждого сплава. Латунь однако при содержании Cu свыше 63% (твердый раствор α) поддается горячей обработке с большим трудом, т. к. весьма чувствительна к примесям; в сплаве с 66% Cu содержание Pb недопустимо свыше 0,01%, т. к. при повышении этого предела кромки полос рвутся настолько сильно, что выгодность работы горячим способом отпадает. Кроме того по мере увеличения содержания Cu, весьма возрастает давление истечения латуни в горячем состоянии, следовательно П. требует большей мощности станов и большей их прочности. Горячая П. α-латуни начала вводиться в Германии только с 1921 года, несколько позже самостоятельно введена у нас. Латунь, более бедная медью (твердый раствор $\alpha + \beta$), в частности мунц (57—60% Cu), всегда прокатывалась в горячем

состоянии, что объясняется способностью латуни ($\alpha + \beta$) растворять до 3% свинца, а также чрезвычайно высокой пластичностью этого сплава при температуре, начиная от 500°, и значительной жесткостью и хрупкостью сплава в холодном состоянии, при к-ром П. может итти без хрупкого разрушения металла только с весьма постепенными обжатиями. Темп-ра нагрева α-латуни не выше 800°. По мере понижения содержания Cu $t°$ нагрева снижается и для мунца (57—60% Cu). Заканчивать горячую П. латуни следует не ниже 600°. Горячая П. никеля ведется при $t°$ 1 000—1 100°. Сплав Cu + + Ni—пульный мельхиор обычного состава (80% Cu, 20% Ni)—прокатывается в горячем состоянии при нагреве не ниже 950—1 000°. Сплав Cu + Ni + Zn (торговый мельхиор часто употребляющегося состава: 62,5% Cu, 12,5% Ni и 25% Zn) принято катать холодным. Сплав меди и алюминия (Al до 10%, обычно 5%, остальное Cu) — алюминиевая бронза весьма успешно прокатывается в горячем состоянии, причем оптимальная $t°$ П. лежит ок. 700°. Горячая П. алюминия ведется при нагреве слитков не свыше 450°, лучше при 400—450° и успешно продолжается вплоть до холодного состояния. При температуре выше указанного максимума наступает явление пережога. Горячая прокатка сплавов алюминия типа дуралюмина производится при $t°$ 400—450°. Продолжительность нагрева слитков перед П. колеблется от 5 до 8 ч., причем для сокращения времени нагрева самый нагрев в течение первых 3 ч. ведется при $t°$ несколько ниже 500° и в дальнейшем происходит выдерживание слитка при нормальной $t°$ 400—450°. Наилучшие $t°$ при П. цинка лежат в интервалах $90 \div 120°$ и $140 \div 160°$. В промежутке между 120—140° цинк менее пластичен. Свинец в количестве до 1% может способствовать П. цинка, однако в больших количествах он вреден. Кадмий в количестве 0,25% и выше делает цинк негодным для П., мышьяк в количестве 0,03% и сурьма в количестве 0,07% вызывают хрупкость металла. Так же действует олово в количестве 0,05%. Свинец прокатывается в горячем состоянии при очень незначительном подогреве в пределах $\geq$ 150°. Горячая П. олова ведется при подогреве 50—70°.

Холодная П. цветных металлов и сплавов. В громадном большинстве случаев в холодную П. поступает полосовая (ленточная) или листовая (карточная) заготовка (толщиной не ниже 3,0 *мм*), полученная путем горячей П.; холодная П. литых слитков применяется значительно реже—при затруднительности или неприменимости горячей прокатки (в зависимости от свойств самого сплава или металла). В зависимости от степени наклепа металла после горячей П. ($t°$ конца П.) и мощности станов для холодной П. указанная заготовка или непосредственно поступает со стана горячей П. или проходит через отжиг и травление. Травление с просоединением шабровки после горячей П. вводится также и для достижения определенных качеств толстых листов, если холодная П. их не достаточно длительна; при изготовлении таких листов горячую П. заканчивают при толщине на 1—2 *мм* большей готового изделия. Холодная П. вызывает изменение свойств металла, сказывающееся в изменении его механич. качеств в разной степени, в зависимости от величины обжатия. На фиг. 132 приведены диаграммы зависимости механич. свойств торговой латуни от степени



Фиг. 132.

обжатия. До известного % обжатия имеется приблизительно прямолинейный участок кривой, затем постепенное падение ее роста с приближением к известному пределу наклепа. Так. обр. на известном участке обжатий наклеп может характеризоваться отношением $\frac{H-h}{H}$ (Грар). Для получения определенных механич. качеств можно пользоваться или соответствующим наклепом от известного исходного состояния металла (предыдущий отжиг при определенной $t°$), что практикуется наиболее часто, или пользоваться отжигом наклепанного известным образом металла, ведя этот отжиг соответственно требующимся механическим качествам изделия (подбор $t°$ и времени отжига). Выбор должного % обжатия делается на основании имеющихся кривых (фиг. 132) и путем испытания пробных образцов, полученных в различных условиях П. Если толщина готового изделия h и обжатие, дающее требуемую жесткость, a (в % от h), то последний отжиг (полный) д. б. введен при толщине $h\left(1 + \frac{a}{100}\right)$ *мм*. Вне зависимости от первоначального состояния данного сплава, кривые изменения механич. свойств металла, отожженного при различных температурах, в функции от % обжатия постепенно сходятся к общему пределу наклепа. Дробление обжатия на части не сказывается на величине наклепа, т. е. последний вполне характеризуется общей степенью обжатия после последнего отжига. Как видно из диаграммы фиг. 132, одновременно с возрастанием сопротивления на разрыв металла падает его удлинение. По мере сообщения жесткости металлу, свойства его меняются: предел упругости все более и более подходит к временному сопротивлению, тем самым способность к пластич. деформации падает. При дальнейшем повышении наклепа материал делается уже настолько хрупким, что б. или м. значительное изменение его формы влечет к разрушению; в этом случае предел упругости приближается к временному сопротивлению. Т. о., по мере холодной обработки с сообщением металлу жесткости степень дальнейшего деформи-

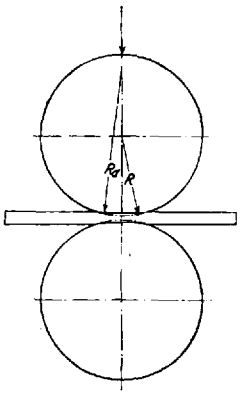
рования металла приходится все более и более уменьшать. Сообразно с возрастанием жесткости металла по мере холодной П. и соответствующим ростом давления истечения необходимо соблюдать известную постепенность в обжатиях, уменьшая их с той целью, чтобы суммарное давление металла на валки и расход энергии на П. были б. или м. постоянны; все соображения о горячей П., высказанные по этому поводу выше, остаются действительными и для холодной П. Равным образом стоит вопрос и о предельных величинах обжатий (относительном и абсолютном), причем следует заметить, что при холодной П. имеет место значительное понижение угла захвата против горячей П., а именно в зависимости от полировки валков, состояния поверхности металла и смазки бочков валков, угол изменяется в среднем от 5 до 7°. Т. о. абсолютная величина обжатия $(H-h)$ весьма ограничена. Величины давления истечения, имеющие место при холодной П., значительно превышают таковые при горячей П. и обладают целым рядом особенностей. На основании 3 000 опытных П., произведенных в лабораториях фирмы SKF, можно сделать следующие обобщающие выводы относительно среднего давления истечения при холодной П.: 1) оно тем больше, чем тоньше полоса по отношению к радиусу валка (при прочих равных условиях); 2) как правило зависит от величины обжатия (в %-ном отношении); 3) зависит от того, прокатывалась ли лента в предыдущих проходах со многими небольшими или с незначительным числом больших обжатий; 4) зависит от трения между полосой и валком; эта зависимость сравнительно невелика для толстых мягких полос, но она растет с уменьшением толщины или увеличением твердости полосы; 5) оно сравнительно независимо от изменения числа оборотов и 6) слегка падает при смазанных валках. Определение величины давления истечения (σ_B в *кг/мм²*) м. б. произведено путем измерения при П. величины давления металла на валок и подсчет по ф-ле

$$\sigma_B = \frac{\text{давление прокатки}}{\text{поверхность соприкосновения}} = \frac{P}{b\sqrt{R(H-h)}},$$

где b—ширина полосы в *мм*, R—радиус валка в *мм*, H и h—толщина полосы перед и после обжатия в *мм*, P—давление в *кг*. Однако подсчитанная по этой ф-ле величина σ_B не будет отвечать действительной, т. к. при П. вследствие эластичной деформации валков (сплющивания) поверхность соприкосновения получается больше, чем это указано в ур-ии. Упомянутыми уже опытами фирмы SKF установлено, что при П. очень тонких лент упругая деформация валков выражалась настолько значительным сплющиванием их, что радиус R валков по поверхности соприкосновения с металлом соответствовал двойному радиусу валков R_d в ненагруженном состоянии (фиг. 133). Произведенные вычисления с учетом этого явления позволили построить кривые зависимости давления истечения от величины отношения толщины полосы перед пропуском к радиусу валка для различных металлов при разных степенях обжатия. На фиг. 134 изображены такие кривые для латуни Л. 62, прокатанной в условиях смазанной ленты и валков и разного соотношения толщины прокатанной полосы h_1 к радиусу валка R. Цифры у кривых показывают обжатие в процентах после отжига; последующие обжатия в процентах—при условных обозначениях кривых. По этим кривым ясно видно значение малого диаметра валков; зная величину давления истечения, легко определить величину давления металла на валок по ф-ле

$$P = \sigma_B \cdot b\sqrt{R(H-h)}\ кг,$$

а отсюда и мощность, потребную на П. С другой стороны, зная величину давления металла на валок и давление истечения, можно определить диаметр валка, допускающего соответствующее обжатие. Отмеченная выше зависимость между диаметром валков, величиной давления истечения и толщиной прокатываемой полосы однако не является исчерпывающей. Необходимо иметь в виду, что по наблюдениям L. Weiss'a в щели, образуемой прокатными валками, происходят сложные явления скольжения частиц металла, которые при увеличивающейся дуге захвата (корень квадратный из диам. валка) задерживаются и наконец делают П. невозможной. Так например, полоса красной меди толщиной в 4 *мм* может быть беспрепятственно прокатана на 2,4 *мм*, т. е. с 40% обжатия на валках с диам. 275 *мм*, между тем такая П. на валках с диам. 650 *мм* невозможна. Границы возможности П. при значительных обжатиях определяются упругой деформацией валков при П., к-рая вызывает указанное сплющивание цилиндрической поверхности валков и не допускает дальнейшего увеличения обжатия, несмотря на соответствующую установку валков. В табл. 31 для полос красной меди дана зависимость между конечной толщиной полосы, величиной обжатий в % от начальной толщины и различными диаметрами валков.



Фиг. 133.

Табл. 31.—Зависимость между конечной толщиной полосы (в *мм*), величиной обжатий и диаметрами валков (в *мм*).

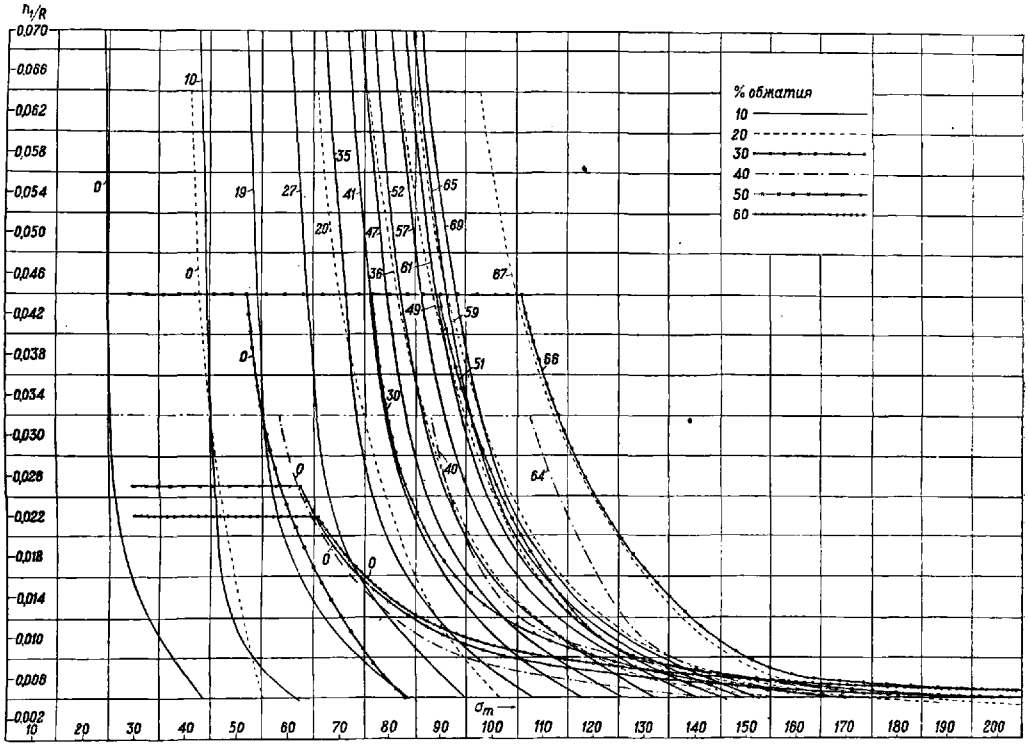
% обжатия	Конечные толщины в *мм*								
	3,5	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	0,2	0,1
25	650	550	500	440	350	300	250	190	170
30	—	450	400	360	300	280	240	180	160
40	—	300	300	270	240	220	190	150	140
50	—	—	260	240	220	200	180	140	130
60	—	—	—	220	190	180	160	125	110
70	—	—	—	—	—	140	130	100	90

К числу других особенностей холодной П. по сравнению с П. в горячем состоянии относятся: интенсивное выделение тепла при П., требующее применения специального охлаждения валков, весьма высокие требования в отношении твердости поверхности валков, достигающей 100 единиц (по Шору), широкое применение стальных частей в ста-

нах (например валки, станины и пр.) в виду больших напряжений при прокатке.

В виду значительности трения, возникающего при холодной П. между прокатываемым металлом и поверхностью валков (несовпадение скоростей металла и валков в начальной и конечной частях дуг захвата, сказывающееся в т. н. опережении, к-рое неизбежно связано с трением металла о валки), является обязательным применение смазки рабочей поверхности валков. С этой целью пользуются минеральными маслами, эмульсиями, керосином, парафином, салом и пр., причем или смазывают валок вручную или применяют механические устройства (смазка при помощи подушек), пневматич. впрыскивание и пр. Соответствующий подбор смазки и применение ее играют первостепенную роль, при этом следы смазки не должны портить поверхности металла (особенно после отжига).

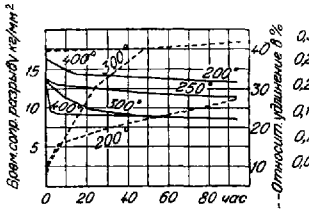
При незначительных толщинах прокатываемых изделий, большой длине их (ленты) и высоких требованиях в отношении точности размеров, регулировка валков и вытяжка составляют главную заботу во время холодной П. Регулировка достигается соответствующим выбором профиля валков (степень бочкообразности), точной настройкой валков, подсалкой в определенных местах различными смазками (керосином и маслом в разных местах по длине валка) и применением зажимных прессов (ленточные станы) перед валками. Особые трудности представляет получение равномерной толщины во всей ширине изделия; задача эта полностью разрешается только на многовалковых станах (с опорными валками). Неравномерность в толщине по ширине особенно сказывается при последующей продольной разрезке на отдельные части по ширине и последующей П. Кроме того требуется регулировка и по длине, особенно при П. длинных лент, так как малейшее изменение жесткости металла (неравномерность отжига ленты в рулоне) вызывает колебания в толщине выходящей из валков ленты (колебания давления и упругих деформаций стана). Значительная неравномерность обжатия по ширине прокатываемой полосы вызывает ряд явлений, особенно ярко проявляющихся при холодной П., вследствие малой пластичности холодного металла. В зависимости от соотношения возникающих в силу неравномерности обжатия напряжений (сопротивление металла, геометрических форм изделия и распределение обжатия по его ширине) возможны разрывы, изгибание, скручивание менее обжимаемых частей полосы, собирание в складки, волнистость, гофрирование частей, обжимаемых сильнее остальной части полосы, а также раздвоение полосы с образованием саблевидных концов и пр. Устранение всех этих видов брака при П. достигается путем перешлифовки валков или соответствующей их регулировки.



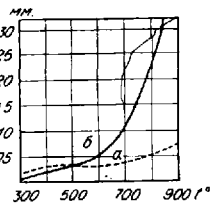
Фиг. 134.

О т ж и г является весьма существенной операцией при механич. обработке цветных металлов, вводимой как в процессе производства с целью восстановления полной пластичности металла, для облегчения дальнейшей его П., так и после окончания механич. обработки с целью придания готовому продукту свойств отожженного металла. Основными факторами, определяющими ход рекристаллизации при отжиге, являются

$t°$ и время рекристаллизации. Первые следы образования новых зерен у сильно наклепанных металлов (наклеп не менее 50%) появляются у многих цветных металлов при довольно низких $t°$: у олова и свинца это явление обнаруживается при $t°$, ниже комнатной, у цинка—при комнатной $t°$, у алюминия и магния—при 150°, у меди—при 200°, у латуни (68% Cu и 32% Zn) — при 275°, у мельхиора — при 450° и у никеля — при 550°. Однако при этих темп-рах процесс рекристаллизации происходит очень медленно (для меди при 200° он длится 30 дней). С повышением $t°$ время отжига быстро сокращается (для меди при 300° требуется всего несколько минут, а при 400° несколько секунд). Для каждого металла м. б. построены кривые изменения механич. свойств в зависимости от $t°$ и времени отжига. На фиг. 135 приведены такие кривые для чистого алюминия (сплошные линии—для сопротивления на разрыв, пунктирные—для удлинения). На фиг. 136 даны кривые роста зерна в зависимости от $t°$ (*а*—меди, *б*—*α*-латуни). На основании кривых можно сделать вывод, что существует нек-рый интервал $t°$, при к-рых размер зерна быстро достигает определенной для данной $t°$ величины, а затем остается постоянным при дальнейшем длительном выдерживании при этой $t°$. Изучение подобных кривых дает возможность установить те минимальные $t°$, при к-рых достигается быстрый отжиг, и, с другой стороны, установить необходимый в условиях производства режим отжига, при к-ром качество прокатного металла будет наилучшим. Очень важным фактором, влияющим на ход отжига, является степень предшествующего отжигу обжатия. Для некоторых металлов влияние обжатия сказывается очень резко. Так например, для меди обжатие в 71% дает отжиг скорее, чем при обжатии в 53%, в отношении 4 : 1. На основании ряда опытов установлено, что чем больше был наклеп металла, тем ниже темп-ра рекристаллизации, тем быстрее она совершается и тем меньше размеры вновь образующегося зерна. Так, *α*-латунь, прокатанная после отжига при 800° с обжатием в 4%, требует для перекристаллизации минимальной $t°$ в 650° и после 40%-ного обжатия всего 350° ($^1/_2$ ч.). Т. о. программа отжига д. б. строго согласована с природой металла и характером предшествовавшей обработки. В условиях заводской работы составляется инструкционная карточка, в которой указывается длительность отжига в часах и $t°$ в печи в зависимости от веса отжигаемого металла и степени предшествовавшего отжигу обжатия. В табл. 32 дается образец в виде извлечения из такой инструкционной карточки одного из з-дов СССР.



Фиг. 135.



Фиг. 136.

Табл. 32.—Зависимость отжига от веса и толщины изделия.

Отжигаемый материал	Вес садки в *кг*	$t°$ муфеля по пирометру	Длительность отжига в часах
Латунная лента:			
Свертки толщиной 3,20—3,80 *мм* . . .	1 200—1 400	690—710°	$1^1/_2$—2
Свертки толщиной 1,86—2,5 *мм* . . .	950—1 400	690—710°	$1^1/_4$—$1^3/_4$
Отдельные латунные листы 0,40 *мм* и тоньше	2 300—2 500	670—680°	4—$4^1/_2$
Алюминиевая бронза (5%):			
Свертки толщиной 3,5 *мм*	700—900	720—750°	$1^1/_2$—2
Свертки толщиной 1,1—1,7 *мм*	900—1 200	720—750°	$1^3/_4$—$2^1/_4$

К числу вспомогательных процессов при П. цветных металлов относятся травление и шабровка.

Травление. Почти все цветные металлы и их сплавы легко окисляются при отжиге, причем на их поверхности образуется слой окислов—окалина. Эта окалина, будучи минералогически тверже самого металла, может повредить его поверхность, будучи вдавлена в него в процессе П. Кроме того во время П. окалина может повредить шлифованную поверхность валков. Во избежание этих нежелательных явлений после каждого отжига окалину удаляют путем травления в 10%-ном растворе серной к-ты (для меди и ее сплавов). Цинк, свинец и олово, не подвергающиеся отжигу при высоких $t°$, не нуждаются в травлении. Все операции, связанные с травлением, производятся на специальных травильных устройствах.

Шабровка. Для удаления с поверхности плен, засоров, пузырей, особенно явственно выделяющихся на поверхности прокатанных изделий после травления, производится ручная очистка шабровкой стальным скребком—шаберами и стальными проволочными щетками. В последнее время за границей для шабровки пользуются электрич. станками с гибким рукавом. На конец гибкого вала станка насаживается фрез, с помощью к-рого и удаляются все пороки с поверхности металла. Для устранения глубоких дефектов иногда пользуются и пневматич. зубилами, с помощью к-рых производится вырубка дефектных мест с поверхности металла. **С. Берман, И. Павлов, М. Швейцер.**

П. медных листов и лент ведется в настоящее время двумя способами. Первый способ состоит из нескольких П. в горячем состоянии и одной П. в холодном состоянии. Применяется он для производства топочных частей для паровозов (решетки, задние стенки и шинельные листы) и листов размерами 700×1 400 *мм*; 1 000×2 000 *мм* и 1 200×3 600 *мм*, толщиной до 1,5 *мм*. Второй способ состоит из одной и более П. в горячем состоянии и нескольких последующих холодных П.; применяется он для производства тонких листов до 0,20 *мм* толщины и лент толщиной до 0,10 *мм*, при ширине для листов 600—700 *мм* и лент до 300—600 *мм*. Основное отличие обоих способов не только в количестве П. в холодном состоянии, но и в характере применяе-

мого оборудования. При первом способе П. производится от начала до конца на листовых станах дуо, при втором—заготовка прокатывается на таких же станах, холодная П. ведется на ленточных дуо и многовалковых станах, реверсивных и нереверсивных.

Топочные части и толстые листы прокатывают из плоских литых болванок весом 600—800 *кг* для толстых листов и до 5 *т* для топочных частей. Болванки до П. подвергаются строганию (обточке) или фрезеровке с целью получения хорошей поверхности листов, без плен, раковин и других пороков. Обработанная т. о. болванка перед П. нагревается в печи при *t°* 900°. Чтобы избежать перегрева меди и получения от этого трещин, необходимо не допускать нагрева болванок свыше 950°. Вместе с тем для предохранения прокатываемых листов от последствий «водородной болезни» (восстановление закиси меди водородом печных газов) нагрев болванок ведут в нагревательной печи при нек-ром избытке воздуха, ни в коем случае не допуская восстановительного пламени. Нагретая болванка поступает на прокатный стан дуо, на к-ром прокатывается в несколько проходов с толщины 250—140 *мм* до 35—50 *мм*. Полученная толстая заготовка смазывается с обеих сторон 10%-ным раствором серной к-ты и поваренной соли и снова нагревается в печи. После нагрева толстая заготовка обмывается в баке с водой. Обмазка и «замочка» имеют целью очистить металл от окалины, что достигается настолько хорошо, что после этого отпадает надобность в травлении. После остывания заготовка подвергается тщательному осмотру, причем в это время производится удаление всех плен и других пороков при помощи пневматических зубил. Дальнейшая обработка состоит из чередующихся в описанной выше последовательности нагревов, горячей П., травления, промывки и осмотра с удалением пороков. В зависимости от конечной толщины листа указанные операции повторяются 2—3 раза и заканчиваются при толщине заготовки на 1—2 *мм* превышающей окончательную толщину листа. Затем следует П. в холодном состоянии на требуемую толщину. После этого производится обрезка листов на ножницах, отжиг, смазка и замочка, окончательный осмотр с подчисткой и браковкой; при производстве топочных частей обрезка поперечных кромок листов производится столярной пилой не полностью. Не полностью отрезанная кромка отжигается вместе с листом и из нее берутся образцы для механич. испытаний согласно технич. условиям. В зависимости от размеров прокатываемых топочных частей или толстых листов прокатка их производится на листовых дуо с диам. валков 650—1 100 *мм* и длиною 2 000—4 200 *мм*. В качестве примеров даем схемы технологич. процесса производства шинельного листа топки паровоза серии Э и листа 1,5×710×1 410 *мм*, принятой на Кольчугинском заводе.

а) Шинельный лист. Болванка мышьяковистой меди (0,16—0,20% As) весом 2 600—2 700 *кг*, размером 250×1 150×1 150 *мм*. 1) Первая горячая П. в 8 проходов до толщины 85 *мм*; поворот на 90° и П. (при том же нагреве) в 6 проходов на заготовку 50×3 000×2 300 *мм*. 2) Травление и отжиг. 3) Просмотр и вырубка пороков пневматич. зубилами. 4) Вторая горячая П. в 11 проходов до толщины 17 *мм*. 5) Травление и отжиг. 6) Просмотр и ручная шабровка. 7) Холодная П. до 16 *мм*. 8) Обрезка кромок на гильотинных ножницах. 9) Разметка по чертежу. 10) Вырезка пилами вручную. 11) Вырезка прямых мест на ножницах. 12) Просмотр и подшабровка. 13) Отжиг и травление. 14) Осмотр и браковка. Количество отходов при производстве таких листов 25—30% от веса болванки.

б) Торговый лист 1,5×710×1 410 *мм*. Болванка 145×700×700 *мм*, весом 632 *кг*. 1) Первая горячая П. в 4 прохода до толщины 78 *мм*, поворот на 90° и П. в 10 проходов в заготовку 13×1 100×4 960 *мм*. 2) Травление и отжиг. 3) Просмотр и вырубка пороков пневматич. зубилами. 4) Разрезка на ножницах на 10 частей (карточек) размерами 13×1 100×470 *мм*. 5) Вторая горячая П. каждой карточки в 9 проходов в заготовку 3,7×1 100×1 650 *мм*. 6) Третья горячая П. в 2 листа в 4 прохода в заготовку 2,25×1 100×2 710. 7) Разрезка на ножницах на 3 части (карточки) 2,25×1 100×780 *мм*. 8) отжиг и травление. 9) Холодная прокатка по одному листу на 1,5×780×1 650 *мм*. 10) Обрезка на готовый размер: 1,5×710×1 410 *мм*. 11) Отжиг и замочка. 12) Просмотр и браковка. В этом случае количество отходов составляет 38—40% от веса болванки. Тонкие листы и ленты прокатываются из плоских литых болванок весом до 600 *кг* аналогично П. тонких латунных листов и лент.

П. латунных листов и лент. До 1921 г. в Германии, а в СССР до 1928 г., медно-цинковые сплавы (латуни) с содержанием меди выше 63,0% прокатывались в листы на обычных дуо из болванок толщиной ок. 35 *мм* в холодном состоянии.

П. производилась по следующей примерной схеме: 1-я П. 34,7—32,0—30,2—28,8—26,8—25,4 *мм* (5 проходов). Отжиг и травление. 2-я П. 25,4—23,1—21,7—20,6—19,76—19,2 *мм* (5 проходов). Отжиг и травление. 3-я П. 19,2—17, 25—16,1—15,2—14,55—14,05 *мм* (5 проходов). Отжиг и травление. 4-я П. 14,05—12,25—11,15—10,30—9,55—8,95 *мм* (5 проходов). Отжиг и травление. 5-я П. 8,95—7,85—6,95—6,20—5,70 (4 прохода). Отжиг и травление. 6-я П. 5,70—5,3—4,95—4,7—4,62—4,57 (5 проходов). Отжиг и травление. 7-я П. 4,57—4,40—3,75—3,4—3,10 (4 прохода). Отжиг и травление. Всего 33 прохода.

Такая прокатка представляла собой весьма длительный процесс, при котором оборудование прокатных цехов (прокатные станы, печи для отжига и травильные устройства) и рабочая сила задалживались на длительный период времени. Переход к горячей П. богатых медью медно-цинковых сплавов (65—70% Cu) стал возможен в результате изучения влияния примесей, в частности свинца, на условия горячей П. Рядом исследований было установлено, что при таком высоком содержании меди в сплаве он при остывании проходит через несколько фаз сложного состава, состоящих из кристаллов $\alpha+\beta$, затем α. Было установлено, что свинец в латуни α растворяется в ничтожных количествах—всего 0,02%, в то время как в латуни β растворимость свинца доходит до 3%. Поэтому при переходе из фазы β в фазу α, при высокой *t°* свинец выпадает из раствора, располагаясь между кристаллами латуни, вследствие чего при П. при температурах, лежащих выше точки плавления свинца, такая латунь разваливалась и П. ее становилась невозможной. Приготовление латуни, содержащей 65—70% Cu, из чистых металлов, не содержащих почти примесей, напр. из электролитич. меди и цинка, дало возможность перейти к горячей П. таких латунных сплавов. В настоящее время П. тонких латунных и мунцевых листов и латунных лент состоит из одной горячей П., в течение к-рой болванка с толщины 70—100 *мм* прокатывается с одного нагрева до толщины 3,5—5—7 *мм*, а затем при посредстве одной или нескольких П. в холодном состоянии доводится до требуемой толщины. Существуют два метода производства латунных листов. По пер-

вому методу полученная после горячей П. заготовка латуни (или мунца) в виде длинной полосы разрезается на части (карточки), к-рые после отжига или без него (в зависимости от $t°$ конца П.) прокатываются в холодном состоянии. Процесс такой П. состоит из чередующихся П. в холодном состоянии с последующим отжигом и травлением, после обжатий в пределах 55—60%. Т. к. при П. на листовых дуо-станах концы листов могут получать трещины и иметь неравномерную толщину, то перед каждой следующей холодной П. концы листов обрезаются. В некоторых случаях при глубоких трещинах обрезаются и кромки листов. Примерная схема технологического процесса прокатки латунного или мунцевого листа $2 \times 710 \times 1\,420$ *мм*.

1) Болванка 68 *мм* × 620 × 840 *мм* весом 270 *кг* раскатывается за 7 проходов до толщины 4,8 *мм* на стане трио. 2) Полученная полоса разрезается на карточки длиною 640 *мм*. 3) П. карточки с 4,8 *мм* на 3,45 *мм* в 4 прохода по схеме 4,8—4,1—3,6—3,5—3,45 *мм*. 4) Отжиг и травление. 5) Шабровка. 6) П. с 3,45 *мм* до 2,46 *мм* в 4 прохода и в складку по 2 листа. 7) Отжиг и травление. 8) П. с 2,46 на 2,0 *мм* в 4 прохода в складку по 2 листа. 9) Обрезка кромок и торцов. 10) Отжиг и травление. 11) Прокладка на листоправке. 12) Сортировка. По данным з-дов СССР выход годного при П. листовой торговой латуни в среднем ~71,0%, причем отходов получается ~28% и брака ~1%.

Вторым методом П. латунных листов является ленточный метод П. При работе по этому методу горячая П. ведется так же, как и по первому методу. Прокатанная заготовка в виде длинной полосы толщиною в 3,5—7 *мм*, в отличие от первого метода, не разрезается на карточки, а раскатывается в холодном состоянии в виде длинной ленты. Каждая холодная П. с обжатием в 55—60% сопровождается отжигом и травлением, причем перед каждой следующей П. происходит обрезка концов длинной полосы (ленты). Прокатанная на заданный размер лента в целях получения листов правится на комбинированном правильном станке с ножницами и при этом разрезается на заданную длину листа. Т. о. при этом методе работы обрезается не каждый лист в отдельности, а концы и кромки у всей ленты, в результате чего для всех полученных из одной ленты листов сумма обрезков будет значительно меньше, чем при первом способе. Кроме того П. лент в настоящее время ведется на особо точных ленточных станах (многовалковых), в силу чего точность по толщине листов, полученных ленточной П., значительно выше листов, полученных по первому методу на обычных листовых дуо. П. ленточным способом имеет еще и то преимущество, что в этом случае прокатывается длинная лента, вследствие чего коэф. использования станов значительно превышает таковой при листовой П. В настоящее время при П. листов по ленточному методу получаются листы шириной в 600 *мм* и толщиной 0,2—2,5 *мм*, ширина в 600 *мм* является предельной при П. лент. П. листов толще 2,5 *мм* по этому способу затруднительна вследствие трудности свертывания в рулоны толстых полос с помощью наматывающих приспособлений у ленточных станов. Листы тоньше 0,2 *мм* м. б. прокатаны не шире 300 *мм*, т. к. П. лент тоньше 0,2 *мм*, шириной 600 *мм* на существующих ныне станах затруднительна. Приводимая ниже схема технологического процесса иллюстрирует метод ленточной прокатки листов 0,60 *мм*, шириной 600 *мм*. Размер болванки $90 \times 610 \times 1\,240$ *мм*, вес ее 580 *кг*.

1) Нагрев болванки. 2) Горячая П. на стане трио в 9 проходов в полосу 6 *мм* толщины. 3) Обрезка концов полосы. 4) Травление, промывка и сушка. 5) 1-я П. в холодном состоянии в 3 прохода до 3 *мм* по схеме: 6—4,5—3, 6—3 с свертыванием полосы в рулон. 6) Отжиг в печи для отжига рулонов. 7) 2-я холодная П. с 3 на 1,3 *мм* в 3 прохода со сверткой в рулон. 8) Отжиг в печи для отжига рулонов. 9) Травление. 10) Шабровка. 11) 3-я холодная П. с 1,3 до 0,61 в 2 прохода. 12) Обрезка кромок. 13) Отжиг в протяжной печи. 14) Травление. 15) Отделка и калибровка на стане дуо. 16) Обрезка концов. 17) Браковка в ленте. 18) Правка и разрезка на листы. Из одной болванки получается в среднем 110 листов $0,60 \times 600 \times 1\,500$ *мм*. Количество отходов составляет 16% от веса болванки.

П. латунных лент отличается от П. листов ленточным способом только тем, что из технологического процесса исключается операция правки и разрезки на листы, и взамен этого прокатанная лента подвергается перемотке в плотно свернутый рулон. П. тонких медных листов (2,5—0,2 *мм*) и лент отличается от П. латунных листов и лент величиной обжатий между отдельными отжигами, достигающих 75%, и тем, что ленты могут отжигаться, не подвергаясь окислению (светлый отжиг), после которого вместо травления производится чистка лент на щеточных машинах. В качестве примера приводим схему П. медных лент толщиной 0,2 *мм*, шириною 600 *мм*.

Размер болванки $90 \times 610 \times 1\,240$ *мм*. Вес 606 *кг*. Наименование операции: 1) Нагрев перед П. 2) Горячая П. на стане трио с 90 до 6 *мм*. 3) Обрезка концов полосы и свертка в рулон. 4) Замочка, травление, промывка и сушка. 5) 1-я холодная П. с 6 до 2 *мм* в 3 прохода, с последующей сверткой в рулоны. 6) Отжиг полос, свернутых в рулоны. 7) Замочка, травление, промывка и сушка. 8) Шабровка. 9) 2-я холодная П. с 2 до 0,5 *мм* в 3 прохода. 10) Отжиг в печи для светлого отжига. 11) 3-я холодная П. с 0,5 до 0,21 *мм* в 3 прохода. 12) Обрезка кромок. 13) Светлый отжиг. 14) Чистка ленты на щеточной машине. 15) Отделка и калибровка на стане дуо. 16) Обрезка двух концов. 17) Браковка и подчистка. 18) Перемотка в туго свернутый рулон. Отходы от веса болванок составляют в среднем 14%. Производство лент алюминиевой бронзы происходит в общем по схеме производства латунных лент.

Производство мельхиоровых листов и лент. Производство пульного мельхиора (80% Cu и 20% Ni) в СССР и за границей ведется горячим способом. За границей для этой цели употребляют болванки весом 54 *кг*, размером $50 \times 250 \times 500$ *мм*, к-рые в горячем состоянии при 1 000° раскатываются в полосы 3-*мм* толщины. После отжига при 800°, травления и чистки эти полосы раскатываются в холодном состоянии на станах для П. лент. Торговый мельхиор (~65% Cu, ~20% Zn и ~15% Ni) прокатывается в холодном состоянии. Болванка весом в 45 *кг*, размером $48 \times 215 \times 435$ *мм* при первой холодной П. в 9 пропусков прокатывается до 22 *мм*. Раскатанная полоса подвергается при 700° отжигу, затем травлению, промывке и сушке. При следующей холодной П. она за 5 пропусков раскатывается до толщины 10 *мм*. Затем снова отжигается, травится и промывается. Такой процесс холодной П. повторяется до получения нужной толщины листа, причем после каждого процесса травления и сушки производится осмотр листа и удаление замеченных пороков. Для получения возможно более чистой поверхности отжиг готовых листов производится в муфельных печах или в герметически закрытых ящиках с замазанными глиной крышками.

П. никеля в чистом виде в СССР производится почти исключительно для изготовления никелевых анодов. Болванка весом в 50 *кг* раскатывается в горячем состоянии при $t°$ 1 100° до толщины 4 *мм*. Раскатанные полосы разрезаются на листовую заготовку (карточки) на гильотинных ножницах. В дальнейшем П. идет вхолодную на листовых станах до требуемой толщины с промежуточными отжигами применительно к схеме для латунных листов.

П. цинковых листов размером 1 000×2 000 *мм* производится из слитков весом 52 *кг*, толщиной ок. 25 *мм*. Употребляются также болванки размером 45×500×500 *мм* весом 45 *кг*. Горячая П. ведется при $t°$ ок. 150°, с 25 до 7 *мм* в 3—5 проходов. После этого заготовка режется на карточки. При этом работа организована так, что все дальнейшие операции идут без отжига до любой толщины. Дальнейшая прокатка ведется пачками. Число еще достаточно горячих листов в пачке зависит от конечной толщины листов, как указано ниже:

Толщина листа в *мм*	Количество листов в пачке	Толщина листа в *мм*	Количество листов в пачке
3,5	2	0,95	8
2,68	2	0,82	9
2,50	2	0,74	10
2,32	2	0,66	12
2,14	2	0,58	14
1,96	3	0,50	16
1,78	4	0,45	18
1,60	5	0,40	20
1,34	6	0,35	22
1,12	7		

При П. тонких листов, начиная с 0,5 *мм*, пачка закрывается двумя длинными листами, к-рые предохраняют листы от боковых заусенцев, т. к. последние отваливаются при П. и могут закататься в поверхность листов. Раскатанные в горячем состоянии слитки в полосы 3—5—7 *мм* м. б. прокатаны также в ленты на реверсивных ленточных станах, причем в этом случае раскатанная на заготовительном стане полоса на карточки не разрезается.

Производство алюминиевых листов и лент в СССР и Зап. Европе ведется из слитков весом 25—120 *кг* следующих размеров:

Толщина, *мм*	Ширина, *мм*	Длина, *мм*	Вес, *кг*
50	300	600	25
75	400	600	50
85	400	850	80
85	500	850	100
120	500	800	120

Такие слитки прокатываются в горячем состоянии при 450° с начальной толщины до толщины 4—7 *мм*. Последующая холодная П. производится применительно к вышеприведенным схемам для латунных листов и лент, но с гораздо бо́льшими обжатиями (до 80%) между отжигами, чем это допускается для латуни. Промежуточный отжиг не сопровождается травлением (как при латуни) и лишь в исключительных случаях при требованиях на изделия особо высокого качества производится в растворе едкого натра и поваренной соли с последующей нейтрализацией и промывкой. В Америке в настоящее время прокатываются алюминиевые листы из слитков гораздо больших размеров, вес к-рых доходит до 1,4 *т*. Такие слитки прокатываются в горячем состоянии в заготовки для листов толщиною 25—60 *мм* с размерами 1 600—2 000 *мм* по ширине и максимальной длиной 5 480 *мм*. При этой толщине заготовка подвергается осмотру и вырубке дефективных мест, снова нагревается и прокатывается в горячем состоянии до толщины 6—10 *мм*. Дальнейшая холодная П. производится так же, как и для малых слитков.

Производство листов и лент из легких сплавов алюминия типа дуралюмина ведется из слитков весом 35—120 *кг*. Технологич. процесс П. подобен процессу П. алюминия со следующим отличием: 1) горячая П. слитка до толщины 6 *мм* ведется не с одного, а с двух нагревов. Первая горячая П. производится с начальной толщины слитка до 20—30 *мм* при $t°$~450°, а вторая—горячая П.—с этой толщины до толщины 6 *мм* при той же $t°$; 2) в промежутке между первой и второй горячей П. производится сплошная шабровка заготовки на специальных станках с обеих сторон; 3) после 2-й горячей П. и обрезки кромок перед первой холодной П. заготовка отжигается при $t°$ 450°, затем снова просматривается и зачищается вручную; 4) отделочная холодная П. производится с промежуточным отжигом или без него, смотря по толщине готового листа или ленты. Допускаемые обжатия между промежуточными отжигами достигают 75%; 5) для придания надлежащих механич. качеств листы и ленты после холодной П. подвергаются закалке с последующим старением (см. *Дуралюмин*). Дуралюминовые листы и ленты потребляются не только в гладком виде, но и гофрированные. Операция гофрирования производится в течение первых часов после закалки. В виду высоких требований, предъявляемых к дуралюминовым листам и лентам, производство их является довольно сложным и сопряжено со значительными отходами. Средний выход годного продукта от веса болванки 40—50%. В последнее время в целях борьбы с коррозией дуралюмина листы и ленты из дуралюмина производятся покрытыми тонким слоем чистого алюминия, составляющего 3—5% от толщины листа с каждой стороны его. Такой плакированный дуралюмин носит название алкледа и обладает очень высокой устойчивостью против коррозии. П. алкледа в горячем состоянии с первоначальной толщины до 6 *мм* м. б. произведена с одного нагрева, при этом промежуточная сплошная шабровка, обязательная для дуралюмина, отпадает. Холодная П. и все последующие операции те же, что и для дуралюмина. Выход годного при производстве листов и лент из алкледа на 5—7% выше, чем для дуралюмина.

Производство рольного свинца ведется из слитков весом до 10 *т*, в зависимости от требующейся ширины и длины ролей. Отлитому слитку дают охладиться до 150°, после чего его прокатывают до толщины 25—50 *мм*. В этой толщине заготовка на круглых ножницах разрезается на части. Нарезанная часть заготовки прокатывается затем на реверсивном стане до заданной толщины, после чего производится обрезка кромок и свертка в рулоны. Производство листового олова шириной до 1 500 *мм* и толщиной 6 *мм* ведется из слитков раз-

мером 50×300×800 *мм*. Отлитый слиток остывает до 70° и прокатывается аналогично свинцовому. Производство фольги. Тонкие листы из свинца, олова и алюминия толщиною 0,01÷0,007 *мм* носят название фольги. Оловянная и свинцовая фольга прокатываются из заготовок соответствующей толщины, зависящей от толщины готового продукта. По мере П. и уменьшения толщины листа последний перегибается, складывается вдвое, прокатывается, затем складывается вчетверо и т. д. до получения заданной толщины. Перед складыванием пакета листы, во избежание слипания при дальнейшей П., смазываются специальной смазкой, имеющей в своей основе для олова воск, канифоль, мыло и пр. После П. весь пакет кругом обрезается и листы разбираются. Алюминиевая фольга производится в СССР способом, аналогичным описанному выше, но с промежуточными отжигами. За границей алюминиевая фольга производится ленточной П. в рулонах. Исходной заготовкой служит алюминиевая лента толщиной 0,5 *мм* и шириной 350—400 *мм*, прокатываемая до 0,1 *мм* на ленточных станах. В отличие от обычной ленточной П. намотка ленты здесь производится не на барабан, а на специальные бобины, вместе с к-рыми рулон снимается с намоточного барабана и отжигается. Перед отжигом лента подвергается промывке бензином для удаления смазки, употребляемой при П. Отожженные ленты (толщиной 0,1 *мм*) прокатываются до нужной толщины на специальных станах для П. фольги в две или четыре ленты сразу.

Производство проволоки. В настоящее время проволочная заготовка диам. 6—7 *мм* получается П. на проволочных станах только из меди, алюминия и дуралюмина. Медные слитки для прокатки (вайербарсы) с нижним основанием 85×110 *мм*, верхним 95×110 *мм*, длиной 1,35 *м* и весом 85—120 *кг* прокатываются с одного нагрева в заготовку для волочения в виде круглой проволоки диам. 6,5—7 *мм*. Нек-рые з-ды за границей еще до сих пор ведут П. в 18—20 пропусков. На новейших з-дах число пропусков сокращено до 14. В СССР з-ды Севкабель в Ленинграде и Электропровод в Москве также перешли на П. медной проволоки ⌀ 6,5 *мм* в 14 пропусков Алюминиевые слитки для П. на проволоку согласно ОСТ 3588 имеют следующие размеры и вес:

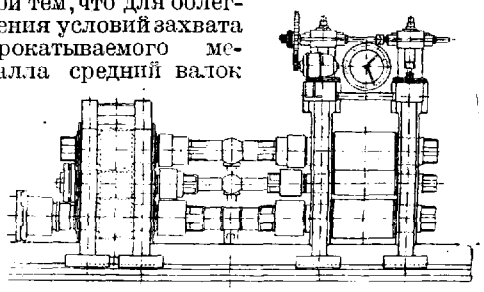
Толщина, *мм*	Ширина, *мм*	Длина, *мм*	Вес, *кг*
100	100	1 100	30
100	100	1 500	40
110	110	1 500	50
120	120	1 500	60

Они прокатываются в горячем состоянии (450°) с одного нагрева в заготовку для волочения в виде круглой проволоки ⌀ 8—9 *мм* в 14—18 пропусков. П. алюминиевой проволоки производится на тех же проволочных станах, на к-рых ведется П. меди. Методы П. медной и алюминиевой проволоки (чередование калибров квадрат и овал) не отличаются от принятых при П. стальной проволоки. Проволочная заготовка из латуни, фосфористой бронзы, мельхиора, никелина и других сплавов еще до сих пор в СССР производится след. обр.: литая плоская болванка в виде круга диам. ~350 *мм* и толщиной ~35—40 *мм* прокатывается или в горячем состоянии (латунь и мунц) или в холодном состоянии с промежуточными отжигами (мельхиор и другие сплавы) на диам. 800 *мм* до толщины 6—7 *мм*. Полученная т. о. заготовка (блинчик) на специальных ножницах разрезается в квадратную заготовку, наматываемую на барабан. После этого полученная квадратная заготовка прокатывается в холодном состоянии на стане со специальными калибрами с целью закругления острых кромок и получения эллиптич. сечения. Далее заготовка поступает на волочильные станки. В настоящее время за границей этот способ вследствие малого % выхода годного и нерентабельности оставлен и заменен способом получения заготовки для проволоки путем прессования на гидравлич. прессах. На последний метод намечен переход и з-дов СССР при их реконструкции.

Производство труб из цветных металлов — см. *Трубы*. Профили цветных металлов производятся не П., а прессованием на гидравлич. прессах. Лишь в 1930 г. в Америке на з-де Массена в штате Нью Йорк установлены прокатные станы (блуминги и сортовые станы), на которых прокатываются из алюминия и дуралюмина строительные профили след. размеров: корабельные швеллеры до 250 *мм*, угольники 150×100 *мм*, зеты 100 *мм*, а также круглые с диам. 90—200 *мм*.

С. Берман, М. Швейцер.

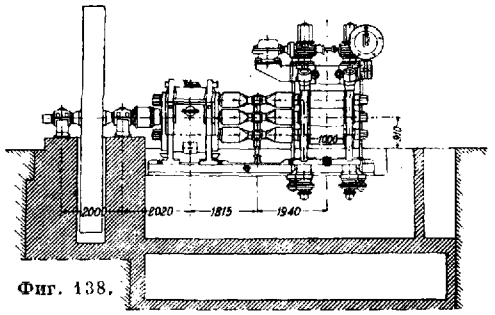
Оборудование для горячей П. цветных металлов. 1. Оборудование для горячей П. полосовой заготовки. В связи с введением горячей П. латуни, для этой цели на старых, раньше работавших з-дах до сих пор еще используются старые дуо-станы, служившие раньше для холодной П.; при установке нового оборудования специально для горячей прокатки в настоящее время применяют исключительно трио-станы следующих четырех типов: 1) системы собственно Лаута (см. выше конструкции станов); 2) видоизмененной системы Лаута (фиг. 137), отличающейся от первой тем, что для облегчения условий захвата прокатываемого металла средний валок



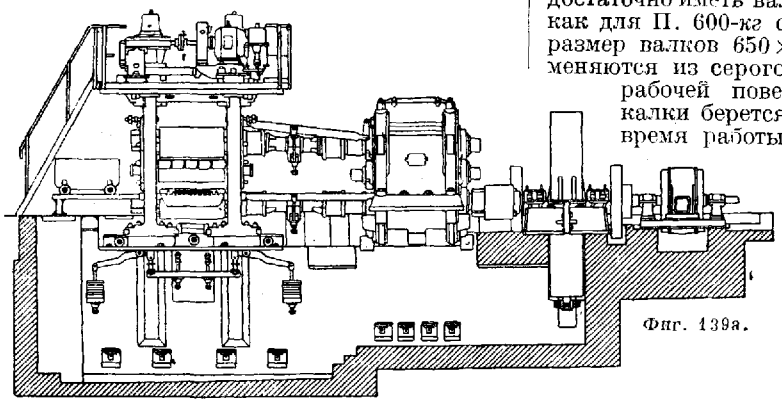
Фиг. 137.

сделан приводным; 3) видоизмененной системы Лаута, отличающейся от первой тем, что все три валка рабочей клети имеют одинаковый диаметр; 4) системы обычного трио с тремя валками равного диаметра (фиг. 138), приводимыми во вращение от шестеренной клети; в этой системе верхний и нижний валки подъемные, а средний неподъемный. Установка верхнего и нижнего валков производится с помощью специальных устройств. Производительность станов

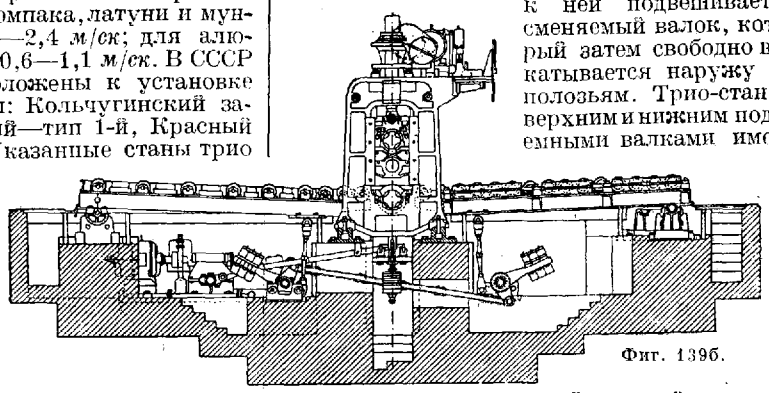
трио для горячей П. зависит от следующих факторов: а) рода прокатываемого материала (латунь, красная медь, алюминий, дуралюмин и пр.); б) начальной и конечной толщины прокатываемого металла; в) скорости и режима П. Обычные размеры болванок, прокатываемых в горячем состоянии на станах трио и предназначенных для производства лент и листов, таковы: а) для красной меди, томпака, латуни и мунца вес 70—600 *кг* при начальной толщине болванок 70—100 *мм*. На стане трио такие болванки раскатываются в 7—9—11 пропусков в полосы толщиной 3,5—7 *мм* при обычной ширине 620—630 *мм*; б) для алюминия и дуралюмина вес 30—120 *кг* при начальной толщине 45—90 *мм*. Конечная толщина дуралюминовых полос (после двух горячих прокатов) 4—6 *мм* при обычной ширине 500—750 *мм*. Число пропусков в каждом горячем прокате 5—7. Нормальной скоростью для горячей П. меди, томпака, латуни и мунца следует считать 1,8—2,4 *м/сек*; для алюминия и дуралюмина 0,6—1,1 *м/сек*. В СССР установлены и предположены к установке следующие трио-станы: Кольчугинский завод—тип 4-й, Тульский—тип 1-й, Красный выборжец—тип 3-й. Указанные станы трио приводятся в движение асинхронными моторами или моторами постоянного тока мощностью 400—1 250 HP в зависимости от прокатываемого сплава. Выбор системы мотора производится в зависимости от данных условий, причем для случая установки трехфазного мотора учитывается необходимость иметь для регулирования специальные устройства (сист. Кремера или Шербиуса), т. к. регулировка оборотов мотора путем включения сопротивления в ротор для данных, сравнительно больших мощностей является уже менее выгодной. Привод от мотора к стану в последнее время осуществляют через редуктор (фиг. 139а и 139б, стан трио Лаута), а не ременный, причем благодаря большой точности в изготовлении всего редуктора полагают возможным помещать маховик не между шестеренной клетью и редуктором, а на оси мотора. При этом расположении маховика последний получает меньшие размеры и вес, но зато редуктор не предохранен от всех ударов, возникающих при П. При большом снижении числа оборотов от мотора к стану, неосуществимом одной парой шестерен, применяют редуктор с двумя парами шестерен, причем располагают половинки (по ширине) больших шестерен симметрично по обе стороны от малых шестерен (фиг. 140). При необходимости иметь несколько различных скоростей П. (напр. 1,1 *м/сек* для алюминия и 2,4 *м/сек* для латуни) в одном стане, ставят или сложный редуктор (5—6 сцеплений), или асинхронный электромотор с переключением полюсов, или же два мотора с расцепными муфтами. Передача от шестеренной клети к валкам осуществляется шарнирными шпинделями с бронзовыми щеками, дающими несравненно более плавный ход, чем обычные соединительные шпиндели. Клеть трио-стана имеет валки размером ⌀ 500—650 *мм* и 900—1 500 *мм* длины, причем для П. слитков весом 300 *кг* вполне достаточно иметь валки 550 × 1 000 *мм*, тогда как для П. 600-*кг* слитков более подходит размер валков 650 × 1 500 *мм*. Валки применяются из серого чугуна с закаленной рабочей поверхностью. Глубина закалки берется 20—25 *мм*, причем во время работы обильно поливают подогретой водой с тем расчетом, чтобы валки оставались чуть теплыми. Для смены валков применяют специальные устройства из вдвигаемых в клеть вдоль оси валков полозьев и рамы на колесах, въезжающей по полозьям в клеть; на эту подвижную раму кладется или к ней подвешивается сменяемый валок, который затем свободно выкатывается наружу по полозьям. Трио-стан с верхним и нижним подъемными валками имеет нижнее нажимное устройство, действующее от верхнего нажимного устройства через вертикальный передаточный вал. На вертикальном валу, как и на горизонтальном, соединяю-



Фиг. 138.

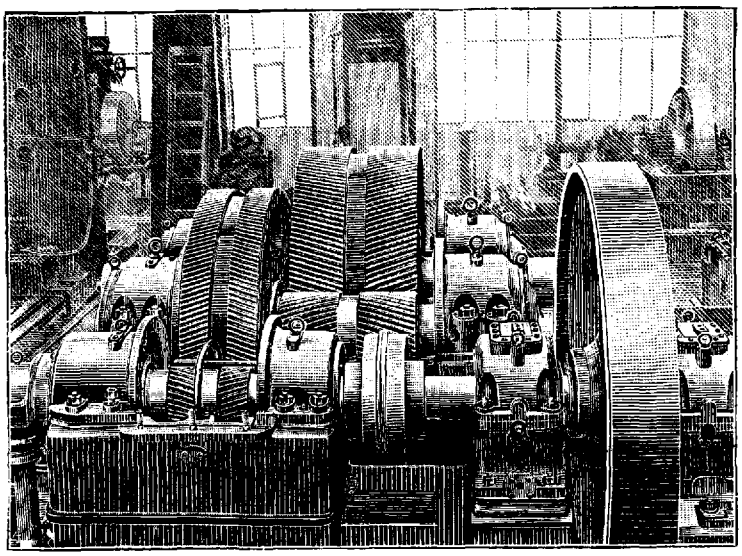


Фиг. 139а.



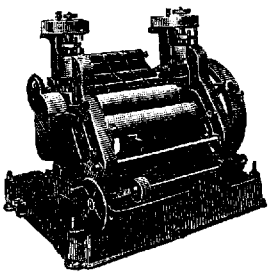
Фиг. 139б.

щем правый и левый нажимные винты, имеются муфты, позволяющие регулировать положение валков. Оба нажимные устройства имеют один общий для верхнего и нижнего валков указатель-циферблат. В трио-станах с средним неподъемным валком последний



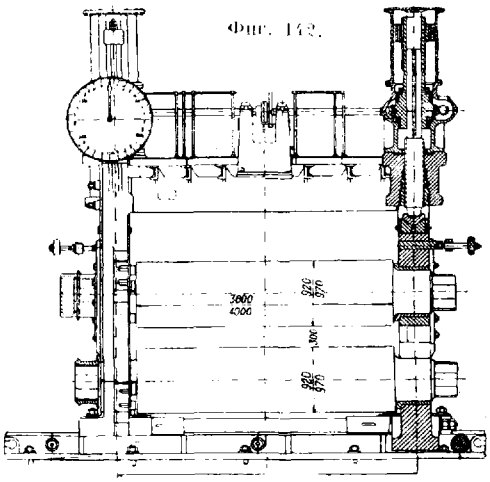
Фиг. 140.

также имеет нажимные винты, проходящие под углом через станины. Движение нажимным винтам в трио-станах любого типа сообщается передачей от специального электромотора. По обе стороны стана имеются столы с роликами общей длиной, доходящей до 30 м по ту и другую сторону. Передняя часть стола подымается и опускается с помощью механизма, помещающегося под столами. Движение—подъем столов—сообщается электромотором при помощи червичной или шестеренной передачи. Величина подъема столов автоматически регулируется с помощью передвижных контактов, устанавливающихся на том или ином расстоянии, в зависимости от положения валков стана, посредством механич. связи с нажимным устройством стана. На всем протяжении столы имеют приводные реверсивные ролики, вращающиеся от электромотора при помощи конич. или цепной передачи. В начале переднего стола имеется щеточная машина, очищающая стальными щетками верх и низ слитков от окислов перед П. У конца заднего стола находятся гильотинные ножницы для обрезки концов раскатанных полос и для разрезания полос на карточки определенной длины в том случае, если холодн. прокатка ведется не ленточным, а листовым способом. За ножницами в самом конце стола помещается специальное приспособление (фиг. 141), которое служит для свертывания прокатанных полос в рулоны в случае дальнейшей обработки их ленточным способом. В новейших станах кроме основного заднего стола устраивают еще дополнительный задний стол, параллельный первому. На дополнительный стол полосы передаются шлеппераами, с одновременным переворачиванием их на 180° для возможности осмотра нижней поверхности полосы. Вспомогательные механизмы (ножницы, моталка), а кроме того еще и баки для замачивания полос после горячей П. и травильные баки (с раствором серной кислоты) располагаются у того или другого стола в зависимости от принятой схемы производства. Для нагрева слитков перед горячей П. перпендикулярно или параллельно с передним столом располагают методическ. печи. Если стан предназначается для П. одного сорта слитков (напр. латуни или алюминия), то ограничиваются установкой одной печи, при П. на одном стане и меди и алюминия для последнего устанавливается или отдельная печь (предпочтительно), имеющая муфель, или электрич. печь сопротивления. Печи в новых установках исключительно методические, снабжаются рекуператорами, имеют полугазовую угольную топку, а чаще всего работают на газе или на нефти (реже). Длина печей 10 м и выше (печь к трио-стану Кольчугинского з-да имеет длину 12,8 м, работает на нефти и имеет чугунные трубчатые рекуператоры). Передвижение слитков в методич. печи осуществляется толкателем, действующим от электромотора; из печи слитки берутся специальным краном легкого типа. Ширина печи, занятая слитками, 1 м. Расход топлива на нагрев латунных слитков в этих печах, считая на нефть, 2,8—3% от веса слитков.



Фиг. 141.

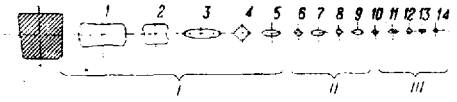
Фиг. 142.



Для горячей П. крупных слитков, весом свыше 1 т, в частности для П. медных толстых листов (весом до 3,5—5 т), а также

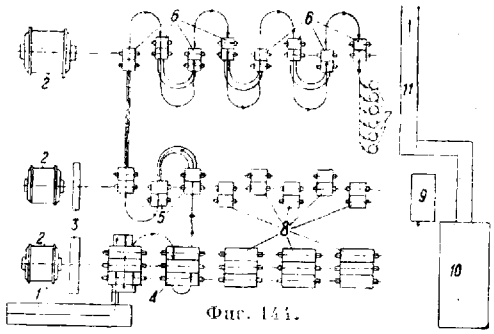
для П. полосовой заготовки для листовой П., служат или дуо-реверсивные станы с валками до 1 000 × 4 000 *мм* (фиг. 142, завода «Красный выборжец», мощность мотора 700 HP, 30 об/м., окружная скорость валков 1,56 *м/сек*) или простые с подъемными столами по обе стороны стана для передачи металла через верхний валок. Нажимное устройство у таких станов приводится в действие от электромотора при помощи червячной передачи. Кроме станов для П. в с к л а д к у и крупных дуо-станов устанавливаются также станы и промежуточных мощностей для прокатки более легких слитков или для черновой П. толстых и широких листов из толстой заготовки с больших станов упомянутого типа. Подъем столов у этих станов механизирован.

О б о р у д о в а н и е д л я П. п р о в о л о к и. П. медной, алюминиевой и другой проволоки производится в специальных проволочных станах, однотипных с применяемыми для П. железной проволоки, за исключением непрерывных станов, которые здесь распространения не получили. Калибровка валков совпадает с таковой же для железной проволоки (овал-квадрат, фиг. 143).



Фиг. 143.

Наиболее часто проволочные станы располагают в три линии (фиг. 144, где *1*—методическая печь, *2*—моторы, *3*—маховики, *4*—обжимная клеть, *5*—черновая клеть,



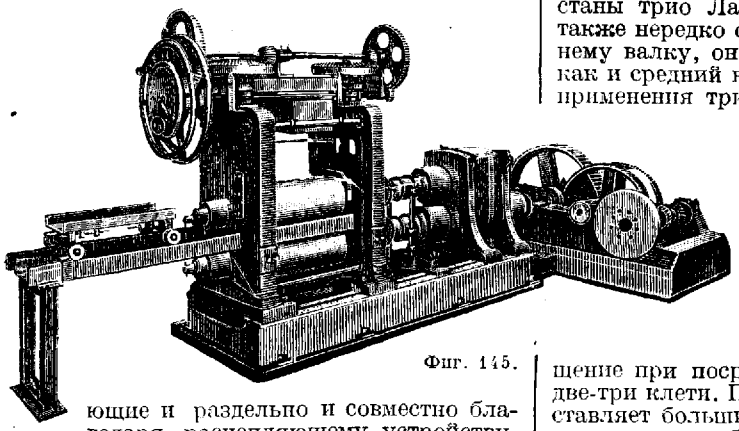
Фиг. 144.

6—отделочные клети, *7*—моталки Эденборна, *8*—клети для сортовой прокатки, *9*—электролизеры для электролиза меди, *10*—травильный чан, *11*—транспортер на склад), из к-рых первая, обжимная, имеет трио-клеть с диам. валков 400—450 *мм*, а чаще всего 420 *мм*, с длиною валков 1 400 *мм*, с числом об/м. до 125. Число клетей 1—5, из них для П. проволоки служит одна, редко две, а в остальных прокатывают прутки и полосы. Вторая линия, черновая, имеет клети трио и простые дуо с диам. валков 240—300 *мм*, длиною валков 700 *мм* и числом об/м. не более 400. В клетях этой линии (3—8 в зависимости от схемы прокатки) располагаются попеременно квадраты и овалы, всего 4—8 калибров. В нек-рых станах эта промежуточная линия отсутствует, и непосредственно с обжимной линии металл переходит в отделочную линию клетей (стан Кольчугинского з-да). Отделочная линия имеет клети дуо с валками ⌀ 250—270 *мм*, длиною до 700 *мм* и до 500 об/м. Здесь расположены калибры квадрат-овал и последний калибр—круг, всего обычно 5—9 пропусков. Из последнего ручья проволока автоматически попадает на моталки, расположенные непосредственно вблизи отделочной линии стана, где сматывается в мотки. Работа, начиная обычно с черновой линии, ведется петлями. Для нагрева слитков (вайербарсов весом 85—120 *кг*) служат методические печи, обслуживаемые толкателями, причем нагретый слиток после прохождения через печь или скатывается от печи и попадает на ролики, подающие его в валки, или подвозится от печи на ручной тележке, или подается клещами на подвесном пути. Производительность наших меднопрокатных станов до недавнего времени не превосходила 25 *т* в 8-час. смену. В настоящее время проволочные станы в СССР реконструируются с доведением их производительности до 80 *т* в смену (Кольчугинский з-д, Севкабель и др.). Производительность некоторых заграничных станов достигает 20 *т/ч* катаной медной проволоки диаметром 6,5 *мм*. Привод у большинства действующих станов общий от одного мотора, причем передача совершается канатами, ремнями, редко стальной лентой. В новейших станах, напротив, предпочитают снабжать отдельные линии стана самостоятельными электромоторами. Мощность электромоторов в последнем случае 600—750 HP для каждой линии, в первом же случае 850—1 000 HP и выше.

О б о р у д о в а н и е д л я П. ф а с о н н ы х п р о ф и л е й и з а л ю м и н и я и е г о л е г к и х с п л а в о в установлено лишь на заводе Американской алюминиевой компании в США и состоит из блуминга и сортового стана. Блуминг имеет валки с ⌀ 966 *мм* и длиной бочков 2 130 *мм*; число об/м. его до 150, электромотор мощностью 5 000 HP. Мотор стана—реверсивный, постоянного тока, соединен непосредственно с валками стана и питается током от мотор-генераторной группы Ильгнера. Во время работы валки стана поливаются минеральным маслом, предназначаемым скорее для смазки, чем для охлаждения. Заготовка с блуминга подается *рольгангом* (см.) к гидравлич. ножницам для разрезки, после чего отдельные части заготовки поступают в нагревательную печь балочного стана. Печь эта нефтяная, конвейерного типа. Балочный стан имеет 4 клети, из к-рых первые три—трио с валками диам. 600 *мм* и длиной бочков 1 500 *мм*, последняя клеть—дуо с валками диам. 660 *мм* и длиною бочков 1 220 *мм*. Балочный стан приводится в движение мотором постоянного тока в 600 V, мощностью 2 000 HP, с регулировкой скоростей, причем валки стана делают до 100 об/м.

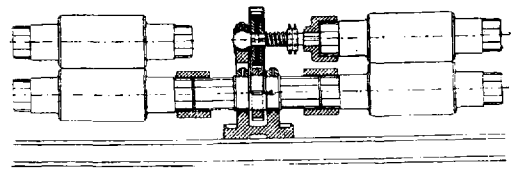
Оборудование для холодной П. цветных металлов. Сообразно с двумя основными методами холодной П. имеются два типа прокатных устройств: листовые станы для П. листов и ленточные станы для П. лент, причем современным методом является последний. Старые з-ды, работавшие ранее листовым способом, переходят на П. лентами, с частичным использованием старого оборудования и с установкой нового оборудования, гл. обр. ленточного типа. П. листовым способом производится на простых неревер-

сивных дуо-станах с ручной передачей листов через верхний валок: подъемные столы не применяются, а для облегчения передачи служат неподвижные, установленные с наклоном, задние столы, приподнимающие передний конец листа. Нажимные устройства наиболее простого типа действуют вручную от штурвала, причем в новых станах применяется независимая регулировка обоих нажимных винтов, для чего имеется два штурвала (фиг. 145), работающие и раздельно и совместно благодаря расцепляющему устройству.

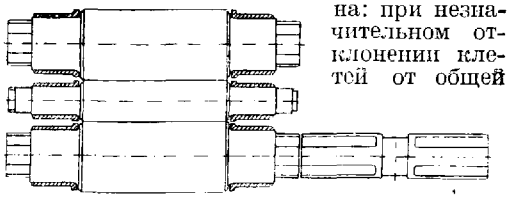


Фиг. 145.

Последний тип нажимного механизма дает возможность легкой регулировки положения верхнего валка без разобщения шестерен, но является более тяжелым сравнительно с обычным устройством. Диам. валков листовых станов не превосходит 600 *мм* при 30 об/м. (и ниже). Тонкие листы прокатываются в складку, причем применяется о к л а д, т. е. поверх прокатываемой пачки и под низ ее кладут жесткие листы. В виду того что по мере уменьшения толщины прокатываемых листов увеличивается влияние разности окружных скоростей обоих валков, являющейся следствием известной разницы в их диаметре после перешлифовок, необходимо вводить в передачу к верхнему валку фрикционные устройства (фиг. 146), делать переменную передачу к верхнему валку (фирма Шмитц и др.) или же работать со свободным верхним валком. Без принятия указанных мер прокатка листов ниже известной толщины становится невозможной вследствие получения рванин, складок, смятия листов и т. д. Кроме того этими мерами парализуется и вредное влияние ударов вследствие мертвого хода в передаче к валкам стана, легко дающее оковывание валков. Наиболее часто применяют клети со свободным верхним валком, что выгодно кроме того и благодаря отсутствию шестеренной клети верхнего соединительного шпинделя и муфт. В большинстве случаев в подобных клетях отсутствует вовсе и устройство для уравновешивания верхнего валка, т. к. во время передачи пачки листов через верхний валок последний должен получать движение трением о нижний валок, что было бы невозможно при уравновешивании; благодаря этому обстоятельству в указанных клетях имеют место беспрерывные удары верхнего валка о нижний, что вредно отзывается на службе валков и всей клети. Кроме простых дуо-станов для листовой П., представляющих собою наиболее старый тип оборудования, для данной цели применяются станы трио Лаута, причем в этом случае также нередко отсутствует передача к верхнему валку, он является свободным, равно как и средний валок (фиг. 147). Выгодность применения трио-станов в смысле большей их производительности совершенно очевидна. Отдельные клети листовых станов располагаются в одну линию, причем число их доходит до 8. Наравне со станами, имеющими передачу к клетям при посредстве нижних валков, имеются станы с общим продольным валом, от которого передается вращение при посредстве шестерни на каждые две-три клети. Последний тип станов представляет большие преимущества, так как в этом случае выбытие из строя одной из клетей не вызывает остановки всего стана. В станах первого типа особое значение имеет точная выверка прямолинейности оси стана: при незначительном отклонении клетей от общей



Фиг. 146.

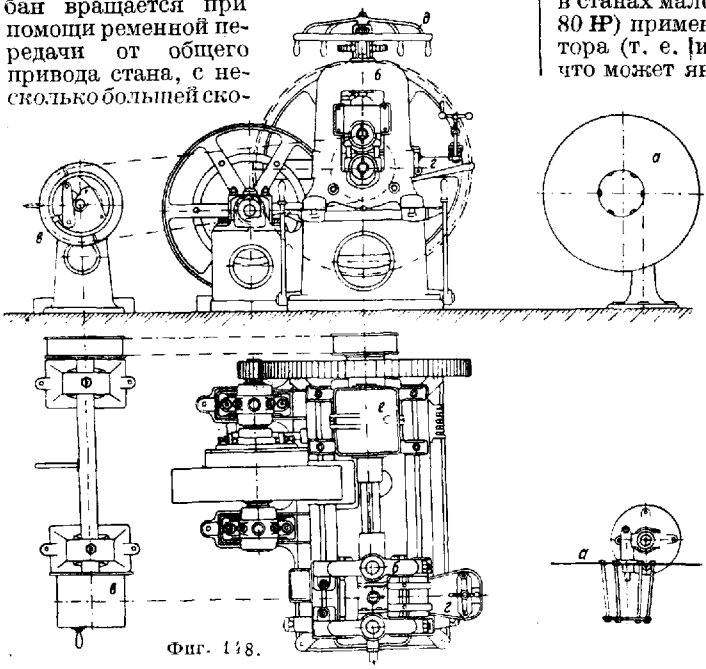


Фиг. 147.

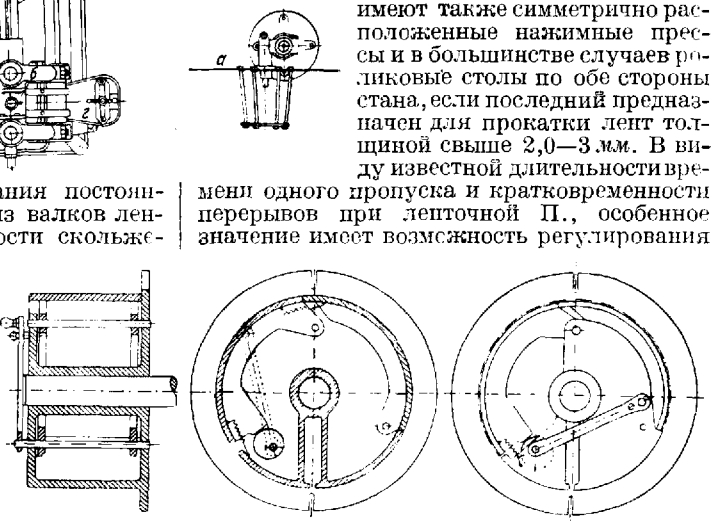
осевой линии имеет место приподнимание нижних валков и обратные удары их после пропусков в том случае, если данная клеть стоит ниже соседних клетей. Равным образом недопустима установка отдельных клетей с приводными верхними валками без шестеренных клетей у каждой клети стана, т. к. прямолинейность осей всех верхних валков уже вовсе не может иметь место в виду разного подъема верхнего валка в отдельных клетях. При несоблюдении этого требования в клетях, где верхний валок стоит выше соседних, неизбежны удары валка по металлу в момент подачи металла в рядом стоящих клетях. В легких станах обыкновенно применяется взамен шестеренных клетей установка шестерен с зубьями достаточной длины непосредственно на трефы верхнего и нижнего валков, что дает значительную экономию как в месте, так и в стоимости.

П. л е н т о ч н ы м с п о с о б о м производится в специальных ленточных станах, снабженных дополнительными устройствами для намотки и смотки ленты (барабанами). Наиболее простыми по устройству являются станы нереверсивные, с одним намоточным механизмом и катушкой или ящиком, служащим для размотки идущего

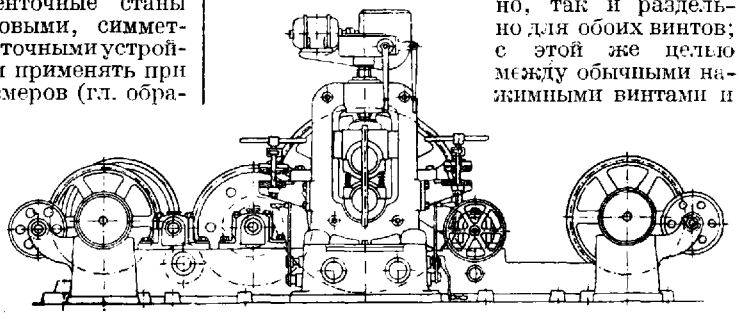
в П. рулона. На фиг. 148 изображен ленточный стан: *а*—барабан, *б*—клеть, *в*—наматывающий барабан, *г*—правильный пресс, *д*—центральное регулировочное устройство, *е*—шестеренная клеть. Намоточный барабан вращается при помощи ременной передачи от общего привода стана, с несколько большей скоростью, чем валки для создания постоянного натяжения выходящей из валков ленты, в виду чего для возможности скольжения передача к барабану обязательно имеет или ременный шкив или специальное фрикционное устройство; кроме того должна иметься возможность быстрого выключения и включения самого барабана. Намоточные барабаны изготовляются с раздвижными секциями, позволяющими при их сдвижении после П. легко снимать намотанный на барабан рулон (фиг. 149). Необходимой частью намоточного устройства являются колодки на рычагах, прижимающие наматываемую ленту к барабану при окончании ее П. (на фиг. 149 не показано). Реверсивные ленточные станы (фиг. 150) с двумя одинаковыми, симметрично расположенными намоточными устройствами становится выгодным применять при П. лент выше известных размеров (гл. образом имеет значение вес рулона), когда снимание рулона с барабана, доставка его обратно на переднюю сторону стана и надевание его на смоточный барабан отнимают слишком много времени. При работе на реверсивном стане эти операции отпадают, и лента обрабатывается непрерывно без снятия с барабана, на который она была намотана в предыдущем пропуске. При реверсировании попеременно один из барабанов выключается, соединяется с тормозом и т. о. является для данного пропуска смоточным барабаном. Направление вращения стана б. ч. изменяется механически с помощью шестеренного редуктора и только в станах малой мощности (приблизительно до 80 HP) применяют переключение электромотора (т. е. имеют реверсивный двигатель), что может являться невыгодным вследствие больших потерь во времени при остановках и пуске мотора при каждом реверсировании и высокой стоимости в этом случае самой электроустановки. Реверсивные редукторы имеют две обратных пружинных муфты (Линдзея), причем переключение осуществляется сдвижением дисков вправо или влево, с соответствующим захватом одной из пружин и соединением вследствие этого одной из противоположно вращающихся шестерен редуктора с валом стана. Кроме намоточных устройств реверсивные ленточные станы имеют также симметрично расположенные нажимные прессы и в большинстве случаев роликовые столы по обе стороны стана, если последний предназначен для прокатки лент толщиной свыше 2,0—3 *мм*. В виду известной длительности времени одного пропуска и кратковременности перерывов при ленточной П., особенное значение имеет возможность регулирования вытяжки на ходу стана, для чего нажимные устройства рассчитываются на работу под полным давлением П. как одновременно, так и раздельно для обоих винтов; с этой же целью между обычными нажимными винтами и верхними подушками ставятся специальные клинья для точной регулировки обжатия. Кроме того и вообще для целей



Фиг. 148.



Фиг. 149.



Фиг. 150.

особенно точной П. лент, так же как и в листовых станах, заменяют винтовое нажимное устройство клиновым; в этом случае клинья вдвигаются и выдвигаются также от штурвального колеса. Помимо настройки валков и регулировки на ходу вытяжка регулируется также работой нажимного пресса и соответствущей смазкой. В виду полной недопустимости разогревания валков применяют внутреннее водяное охлаждение их и центральную смазку подшипников минеральным маслом. В качестве материала для валков применяется главн. образом хромоникелевая сталь, чугунные же валки, хотя бы и закаленные, не применяются вовсе. В виду неизбежного наличия больших внутренних напряжений, закаленные стальные валки требуют весьма осторожного с ними обращения—предварительного легкого нагрева перед П. (пропусканием подогретой воды через внутреннюю полость) и предохранения от разогревания их во время работы, хранения их в помещении с постоянной $t°$ и пр. Выкрашивание поверхностного слоя валков, лопание вдоль оси и даже на отдельные части весьма нередки как во время работы, так и при хранении валков. Вследствие весьма больших требований к ленточным изделиям в смысле точности размеров по толщине и сильного влияния при холодной П. всякой неравномерности обжатия и при наличии больших деформаций валков при П., особые трудности представляет подбор профиля валков, к-рый придается им путем шлифовки; вопрос решается вообще удовлетворительно только при постоянстве работы стана в смысле размеров прокатываемой ленты и обжимов, т. к. каждая П. требует своего профиля. Кроме того оказывают влияние жесткость ленты, упругие свойства самого валка и его $t°$ по всему сечению. В качестве примера в табл. 33 приведен подбор выпуклости валков ленточных дуо-станов Мансфельдского завода (Германия).

Табл. 33.—Выпуклость валков ленточных дуо-станов Мансфельдского з-да.

Размер валка в *мм*	Прокатка в *мм*	Выпуклость в середине валка в *мм*	Прокатываемый металл
450×800	с 6 на 3	0,4	Ленточная латунь
425×800	» 5 » 3	0,4	
425×800	» 3 » 1,5	0,2—0,3	
400×800	1,5 » 0,9*	0,18	
350×800	1,5 » 0,75	0,15	

* Три пропуска: 1,5 на 1,04 на 0,85 на 0,75.

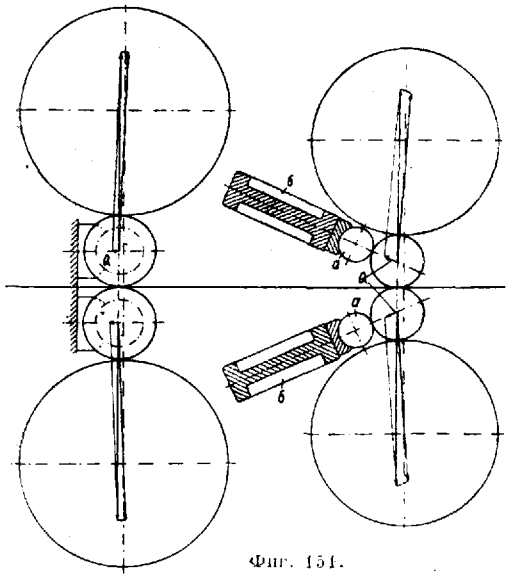
Тип и размеры ленточных станов определяются их назначением: для П. широкой полосовой заготовки непосредственно после горячей П., т. е. обычно с толщины ~6 *мм*, или для П. и более тонких и более узких лент. Для первого случая наиболее обычной является установка дуо-реверсивных станов с симметричными намоточными устройствами и с роликовыми столами. Средний размер валков этих станов 450—500 *мм* (вообще же ⌀ валков 300—600 *мм* при длине 400—1 200 *мм*). Скорость П. в среднем 0,35—0,45 *м/сек*. Нажимное устройство для верхнего валка от электромотора, но для возможности ручной регулировки часто имеется и штурвал; указатель для обжатий снабжен циферблатом и стрелкой. Станы располагаются вблизи трио-стана для горячей П. в общем с ним направлении и могут получать полосы шлеппером с заднего стола трио-стана или получать их в рулонах (в большинстве случаев). Для возможности работы на дуо-реверсивном стане, имеющем роликовые столы (при П. из рулонной заготовки), в начале переднего роликового стола устанавливается развертывающий станок, устройство и действие которого сходны с свертывающим станком, но рулон задается (механически клещами на цепной тяге) в станок с обратным расположением его кривизны по отношению к валкам стана, вследствие чего получается развертывание. При П. тонких лент применяются менее мощные станы, размеры к-рых зависят гл. обр. от ширины прокатываемых лент и при узких лентах м. б. весьма незначительны. К более крупным из станов м. б. отнесены имеющие валки ⌀ 300—450 *мм* при длине бочки 400—800 *мм*; средние станы:

Диам. в *мм*	150	180	210	260
Длина бочки в *мм*	160—180	180—200	210—250	350...

Станы еще меньшего размера могут иметь например размер валков: 100 *мм* диам. при 120 *мм* длины бочки, 120 *мм* диам. при 140—160 *мм* длины бочки и пр. Скорость П. обычно не превосходит 0,3—0,35 *м/сек*. Роликовые столы в станах данного типа отсутствуют совершенно, и по мере уменьшения мощности станов упрощается конструкция намоточных устройств, представляющих напр. легкую ременную передачу к одному барабану. П. лент на описываемых станах представляет известные выгоды, связанные с ленточным методом. Выгоды следующие: большой выход годного благодаря большой длине лент, непрерывность П., непрерывность процессов отжига и травления при ленточных способах. Этот метод не дает однако полного эффекта в силу ограниченности ширины лент, которые возможно прокатывать с достаточной точностью в станах данного типа. Увеличение же диаметра валков сверх указанных выше пределов для придания им большей прочности, с соответствующим увеличением ширины прокатываемой ленты, не является выгодным сравнительно с П. узких лент на валках малого диаметра вследствие возрастания потерь на трение.

Многовалковые станы для ленточной П. Для П. широких лент (до 1 000 *мм*) с большой точностью и с минимальным расходом энергии служат многовалковые станы. Основными преимуществами многовалковых станов являются: а) малые диаметры рабочих валков, дающие возможность получать бо́льшие вытяжки; б) наличие опорных валков большого диаметра, позволяющих давать бо́льшие обжатия, нежели в обычных дуо-станах; в) возможность, благодаря наличию опорных валков большого диаметра, применения роликовых подшипников, сводящих к минимуму потери на трение в шейках. Помимо указанных выше типов 4- и 6-валкового стана для П. цветных металлов употребляется еще одна разновидность многовалкового стана с боковыми опорными валками конструкции герм. завода Эрхард и Земер. Основным отличием

этой конструкции является то, что рабочие валки подпираются для противодействия слагающей силе Q (фиг. 151) не только в шейках, но и по всей длине бочек этих валков при помощи валков малого диам. *а*,



Фиг. 151.

опертых на траверсы *б*. Конструкция эта допускает применение рабочих валков очень малых диаметров не опасаясь их прогиба. В настоящее время эти станы еще не получили большого распространения, и достаточных данных, гарантирующих их работу, еще не имеется. Из остальных типов многовалковых станов наибольшее распространение для П. цветных металлов получил 4-валковый стан. Сравнение его с 6-валковым станом выявляет следующие минусы 6-валкового стана: 1) в 6-валковом стане диам. опорных валков геометрически почти не может превышать 2—2,5 диам. рабочих валков, тогда как для 4-валкового стана нет никаких конструктивных ограничений для диаметра опорных валков; 2) как следствие этого, давления, какие м. б. переданы при П. на рабочие валки 4-валкового стана, больше, чем в случае 6-валкового стана. Соответствующие расчеты показывают, что для случая давления металла на валок в 650 000 *кг* при заданном напряжении на изгиб в шейке опорного валка в 1 200 *кг/см*^{2} для 4-валкового стана достаточен диам. рабочего валка 325 *мм*, а для 6-валкового нужен 375 *мм*. Диаметры опорных валков будут соответственно 860 *мм* и 750 *мм*; 3) в 6-валковом стане доступ к рабочему валку затруднен, т. к. он закрыт выступающими опорными валками. В 4-валковом стане, имеющем только по одному опорному валку над и под каждым рабочим, таковой более доступен для обслуживания. Вместе с тем точность П., величина обжатий и скорость П. для этих обоих многовалковых станов совершенно одинаковы. Что касается стоимости, то 4-валковый, как менее громоздкий и имеющий меньшее число роликовых подшипников, дешевле в среднем на 20—25% 6-валкового стана. Новейшие 4-валковые станы имеют опорные валки специальной конструкции. Они представляют собой кованую стальную ось, диам. которой равен диам. шейки опорного валка, на которую надевается рубашка (обод) закаленного чугуна. Вследствие этого значительно увеличивается срок службы опорного валка. Для ускорения ручных операций при П. (повышения коэф. использования стана) современные конструкции многовалковых станов имеют следующие вспомогательные приспособления: кнопочный пуск и остановка стана, две различные скорости движения нажимных винтов (меньшая для установки валков под давлением металла на валки и большая—для подъема валков при смене их); сталкивание прокатанной и свернутой в рулон ленты с намоточного барабана при помощи сжатого воздуха; пневматич. ножницы для обрезки оттянутых концов ленты; пневматически действующие нажимные прессы для лент и пневматич. торможение конца ленты на намоточном барабане при окончании прокатки.

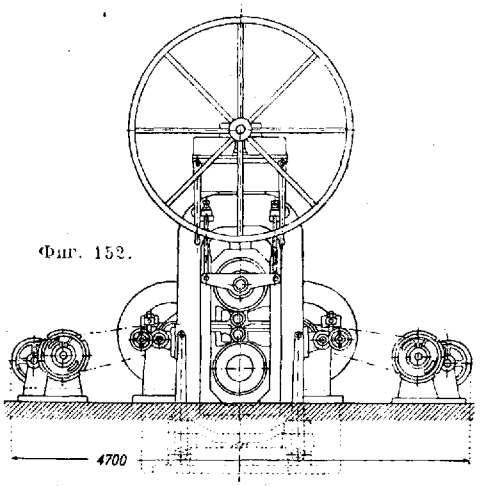
Нормальная скорость П. лент цветных металлов на многовалковых станах 20÷25 *м* в мин. Бóльшая скорость П. не рекомендуется вследствие трудности производства измерений ленты на ходу во время П., большого износа поверхности рабочих валков и сокращения срока службы роликовых подшипников. В виду связи величины линейного обжатия и диаметра рабочего валка $H-h=D\ (1-\cos\alpha)$ максимальная толщина лент, прокатываемых на многовалковых станах, ограничивается 2,5÷3 *мм*, так как для более толстых лент линейная величина обжатия при обычной П. на многовалковых станах оказывается не большей, чем при П. на обыкновенных дуо. Для создания более благоприятных условий захвата толстых лент 5÷6 *мм* многовалковые станы снабжаются специальными устройствами для подачи лент в валки. Это устройство состоит из двух станин с двумя валками, расположенными перед входной стороной рабочей клети многовалкового стана, назначение к-рых—подача с силой втянутой ими ленты в валки рабочей клети. Представление об обжатиях на этих станах дает табл. 34.

Табл. 34.—П. латунных лент на стане фирмы «Блисс» в холодном состоянии.

№ пропуска	Толщина полосы при входе в *мм*	Толщина полосы при выходе в *мм*	Обжатие в *мм*	Обжатие в %	Потребная мощность в HP	Скорость прокатки в *м/мин*
1	5,08	3,05	2,03	39	231	25
2	3,05	2,03	1,02	34,4	215	
3	2,03	1,45	0,58	28,8	151	
4	1,45	1,12	0,33	22,8	103	
1	3.56	1.8	1,76	49,3	235	
2	1.8	1.27	0.53	29,3	161	25
3	1.27	0,99	0.28	22	106	
4	0,99	0,76	0,23	23,1	77	
Общий процент обжатия за прокат 79%						

Здесь приведены данные П. латунной ленты шириной 500 *мм* состава 65½% меди и 34½% цинка. П. велась на 6-валковом стане америк. фирмы «Блисс», имевшем рабочие валки ⌀300×660 *мм* и опорные ⌀ 525×660 *мм*. Однако же такие обжатия на европейских

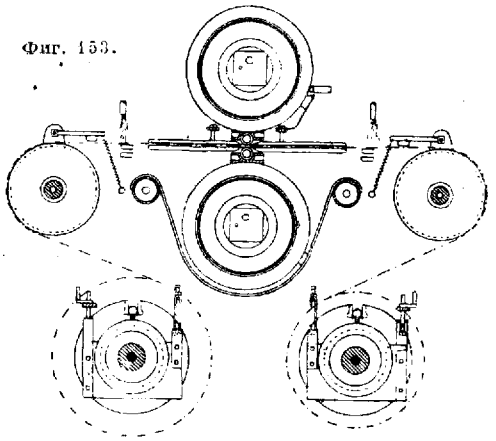
з-дах давать воздерживаются. В Германии % обжатия дается не более 55% за одну П., причем на многовалковых станах П. начинают с 3 *мм* и тоньше. При ширине ленты в 600 *мм* ее докатывают до толщины 0,25—0,20 *мм*, причем точность П. колеблется в пределах 0,01 *мм*. Вполне понятно, что возможность работать широкую ленту, а затем ее готовую разрезать вдоль на любое число узких является основным преимуществом многовалковых станов, дающих большие экономич. выгоды. Рабочие валки многовалковых станов изготовляются из закаленной стали с поверхностной твердостью 95—100 по склероскопу. Опорные валки имеют роликовые подшипники и вращаются без привода, тогда как рабочие валки, в частности у 4-валкового стана, снабжаются иногда бронзовыми подшипниками с внутренним водяным охлаждением. Привод рабочих валков осуществляется как при обычных ленточных дуо-станах при помощи шестеренной клети, которая имеет шестеренные валки из кованой стали с фрезерованными зубьями, вращающиеся в закрытом, изолированном от пыли корпусе, наполненном маслом. Вращение от главного мотора стан получает через шестеренный редуктор. Важным обстоятельством с точки зрения эксплоатации многовалковых станов является длительность смены рабочих валков. Для сокращения времени на смену валков многовалковые станы снабжаются соответствующими приспособлениями. Благодаря этому время на смену валков можно довести до 2 ч., приближаясь т. о. к длительности смены валков в обычных ленточных станах дуо. Выше было сказано о значении малых диаметров рабочих валков в многовалковых станах. Пределом для уменьшения диаметра валка является величина вращающего момента, к-рую при данном диам. валок спо-



Фиг. 152.

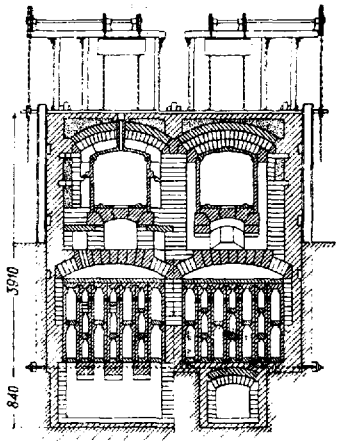
собен безопасно передавать. С целью уменьшения диам. валков в последние 2 г. в Америке сконструированы многовалковые станы (4-валковые), в к-рых приводными являются не рабочие валки, а намоточные барабаны. Вследствие этого рабочие валки освобождены от передачи вращающего момента и могут иметь минимальный диам. Схема таких станов дана на фиг. 152 и 153. Такие станы имеют диаметры рабочих валков 100—150 *мм*. Диам. опорных валков при этом берут в 6—10 раз больше диам. рабочих валков. Работа на этих станах ведется с небольшими обжатиями за каждый пропуск при скоростях 7 *м/сек*.

П е ч и д л я о т ж и г а. Наиболее простой отжигательной печью является пламенная с угольной, дровяной или нефтяной топкой, причем в первом случае допустимо производить отжиг металла только в черно-


Фиг. 153.

вом виде (заготовки при большой толщине), а в печах последних двух родов можно удовлетворительно отжигать любой металл. Для предохранения металла от действия печных газов в пламенных печах и получения чистой поверхности после отжига его закладывают в котлы или ящики из литой стали (или кованые, а равно и клепаные) с крышками с песочным затвором или с обмазкой глиной. Иногда перед укладкой в ящики полосы протирают керосином, кладут в ящики (или между двумя крышками у затвора) чугунную стружку и пр. с целью препятствовать окислению металла; вместо применения ящиков нередко ограничиваются плотным завертыванием полос в бракованные латунные листы. Отжиг с укладкой или укупоркой является дорогим и потому малоприменимым для рядовой работы. Более совершенный отжиг, чем в пламенных печах, достигается в печах муфельных, но при непременном условии хорошего состояния самого муфеля и при тщательном закрывании крышки (с винтовым затвором, обмазкой глиной и пр.); также применяется закладывание в муфель вместе с садкой нескольких бревен, а также впускание в муфель нейтрального газа. Муфельные печи строятся обычно сдвоенными и снабжаются рекуператорами (кирпичными, например Hermansen или чугунными); сам муфель складывается из шамотных фасонных плит с замком. Топка обычно — угольная полугазовая или нефтяная (фиг. 154). Расход топлива колеблется в зависимости от рода отжигаемых изделий, но в среднем составляет около 4÷5% от веса садки (считая на условное топливо). Капитальный ремонт печи производится приблизительно один раз в год, мелкие исправления муфеля — ежемесячно. Отжигательные печи описанных типов устанавливаются обычно в 1—2 ряда с обслуживанием одним посадочным краном, причем кран кладет товар после

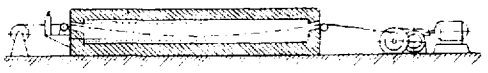
выемки из печи на железные стелюги-холодильники, на которых товар находится до полного остывания. Кран, имеющий свободу движения во всех направлениях, представляет наилучшую систему для обслуживания района отжигательных печей. Кроме посадочных кранов для обслуживания печей применяют шаржирные тележки, однако несмотря на большую первоначальную стои-



Фиг. 154.

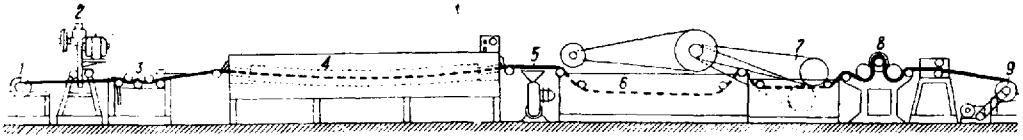
мость посадочных кранов им отдают предпочтение, т. к. они не загромождают помещения и не мешают грузовому в нем потоку.

Печи для отжига лент. Отжиг лент, свернутых в рулоны большого веса, имеет тот недостаток, что отдельные слои рулона отжигаются неравномерно. Исследованиями Рота, изучавшего явления перехода тепла между отдельными латунными



Фиг. 155.

листами при нагреве их в виде пакета, установлено, что при нагреве пакета возникают сопротивления переходу тепла от листа к листу, вследствие чего наружные слои пакета прогреваются быстрее внутренних. При отжиге в печи пакета латунных листов толщиной 0,7 *мм* и $t°$ в печи 550° наружные слои пакета, имевшего толщину в 500 *мм*, достигали $t°$ 450° через $1^1/_2$ ч., в то время как внутренний слой пакета толщиной в 300 *мм* приобретал эту же $t°$ только через $6^1/_4$ ч. Т. о. наружные листы пакета подвергались ок. 5 часов действию высокой $t°$, в то время как внутренние листы едва достигли желаемой $t°$. Такая разница в отжиге отдельных листов пакета сказывается не только на их механич. свойствах, но и на внешнем виде листов. Совершенно аналогичные явления происходят и в отдельных местах рулонов при отжиге их в свернутом виде. Для уничтожения этих вредных явлений были сконструированы непрерывные печи (Durchziehöfen), в которых лента отжигается в развернутом виде, протягиваясь через печь (фиг. 155). Непрерывная печь дает полную возможность отжигать ленту равномерно по всей ее длине. Качество отжига ленты зависит только от $t°$ печи и скорости протягивания ленты через печь, при этом следует отметить, что относительно большая поверхность отжигаемого металла к его весу позволяет сокращать время нагрева по сравнению с длительностью нагрева в печах иного типа. Непрерывные печи конструируются в виде муфелей, причем иногда для достижения отжига без окисления поверхности лент в концах муфелей ставят водяные затворы. При работе с непрерывными печами необходимо следить за провисанием ленты по длине муфеля и регулировать степень натяжения ленты т. о., чтобы стрела провисания была не больше известной величины, во избежание вытягивания ленты от собственного веса при $t°$ отжига; для этой цели при входе в муфель имеется тормозное устройство. В виду того что за процессом отжига почти всегда следует процесс травления, непрерывные печи снабжаются травильными устройствами. В этом случае лента, разматываясь со смоточного барабана, протягивается через муфель, по выходе из него проходит через травильный бак, затем бак с водой, очищается круглыми вращающимися щетками, поливаемыми водой, подвергается сушке на сушильном устройстве и свертывается в рулон на барабане. Муфель печи может отапливаться любым образом, но в целях облегчения регулировки температуры обыкновенно отдается предпочтение нефти или газу.

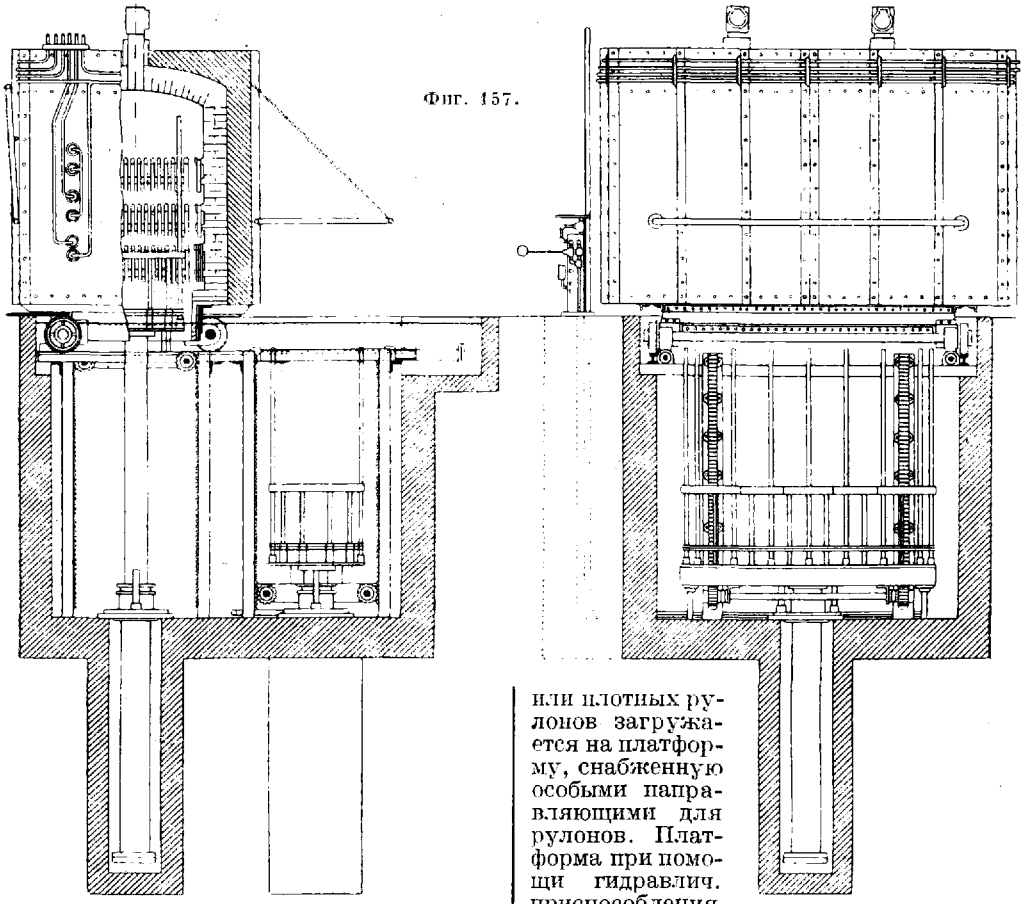


Фиг. 156.

В последнее время в связи с развитием применения электрических печей чаще всего непрерывные печи осуществляются в виде электрич. печей сопротивления (фиг. 156, где *1*—барабан с лентой, *2*—лентоскрепляющая машина, *3*—роликовый тормоз, *4*—электрическая отжигательная печь, *5*—охлаждающий вентилятор, *6*—травильный чан, *7*—щетки для очистки лент, *8*—сушильные барабаны, *9*—барабан для намотки руло-

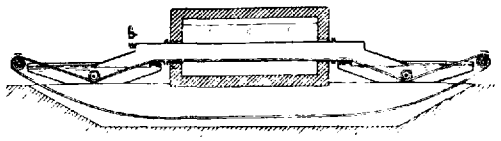
нов). Электрич. печи сопротивления не только в виде непрерывных печей, но и для целей нагрева, отжига, закалки за последние годы в цветной металлопромышленности получили чрезвычайно широкое распространение, так как им присущи следующие высокие достоинства: а) удобство в обращении, б) равномерность нагрева, в) идеальный автоматическ. контроль как израсходованной энергии, так и (что имеет колоссальное значение) $t°$ в любой зоне печи, г) сокращение в обслуживающей рабочей силе, д) легко осуществляемая герметичность и как результат уменьшение угара и улучшение качества обрабатываемых изделий, е) возможность расположения печей по ходу технологического процесса независимо от местонахождения дымовых труб и в связи с этим сокращение расходов по внутризаводскому транспорту, ж) вследствие возможности создания условий для минимального окисления—минимальные потери металла при травлении и в связи с этим сокращение расходов материалов и рабочей силы при травлении. Расход электрич. энергии на единицу нагреваемых изделий, или кпд печи, почти исключительно зависит от теплоизоляции печи и от ормы загрузочных и разгрузочных мест печи. В настоящее время кпд печей сопротивления доходит до 85%. Расход электроэнергии при отжиге латуни и меди в виде свернутых рулонов составляет 100—120 kWh на 1 *m* отжигаемого металла. В лучших конструкциях непрерывных печей этот расход снижается до 90 kWh на 1 *m* отожженного металла.

Печи для светлого (безокислительного) отжига. Для предохранения лент от окисления во время отжига и во время остывания после него, отжиг лент производят в специальных печах для светлого отжига. Эти печи конструируются в виде двух основных типов. В печах первого типа камера для отжига отделена от наружного воздуха водяным затвором. Эти печи м. б. нефтяные, газовые или электрические (фиг. 157). Металл в форме свертков



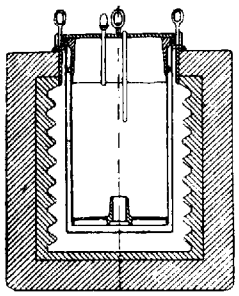
Фиг. 157.

или плотных рулонов загружается на платформу, снабженную особыми направляющими для рулонов. Платформа при помощи гидравлич. приспособления спускается в камеру с водой, поворачивается на требуемый угол и подымается вверх во внутреннее пространство печи. После отжига платформа с металлом опускается в ту же камеру с водой, где охлаждается. После подъема из воды металл подвергается сушке. К печам того же типа относится распространенная в Союзе печь Бетс и Пирдт (фиг. 158). Эта печь имеет бесконечную цепь, к звеньям которой укрепляются подлежащие отжигу небольшие рулоны лент. Цепи прод-



Фиг. 158.

вигаются зубчатками, получающими вращение от ременного привода, и проходят через водяной затвор. Желаемая степень отжига при данной длине печи достигается подбором $t°$ и скорости продвижения цепей. Муфель печи отапливается нефтью или газом. Печи этого типа получили широкое применение гл. обр. для отжига меди. В печах второго типа металл, подлежащий отжигу, закладывается в горшки, вместе с к-рыми помещается в печь для отжига. После отжига металл остывает вместе с горшком. Наиболее распространенной печью этого типа является печь с горшками Грюневальда. Печь сконструирована в виде барабана, в к-ром по окружности размещены нагревательные элементы сопротивления из нихрома (фиг. 159). Подлежащий отжигу металл укладывается на поддон, который при помощи тяг подвешивается крышкой горшка, после чего поддон с металлом вводится в горшок. Горшок имеет тонкие стенки (3 *мм*) и изготовляется из специальной стали. Между крышкой и горшком для создания герметичности прокладывается предохранительная прокладка.



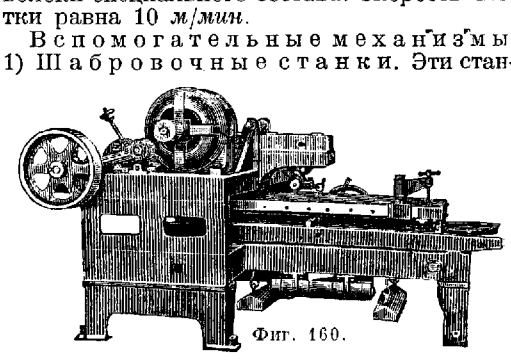
Фиг. 159.

Во время первоначального нагрева вследствие испарения масел и жиров бо́льшую часть воздуха удаляют через вентиль, который имеется в крышке горшка; к концу отжига давление атмосферы в горшке понижается, и вентиль закрывается автоматически. По достижении требуемой $t°$ нагрева горшок вынимается из печи и подвешивается в охладительных ямах, где остается 12—30 ч. Плотно закрытые крышка и вентиль не допускают проникновения воздуха во время остывания, и таким образом в горшке образуется вакуум до 400 *мм* ртутного столба. Время отжига 3—4 ч. На одну печь требуется 6 горшков. Для использования тепла, излучаемого остывающим горшком, в охладительную яму помещают горшки, загруженные металлом для предварительного подогрева. Благодаря этому расход электроэнергии на 1 *т* отожженного металла снижается до 80 kWh.

Устройства для травления. Травление осуществляется след. обр. Остывшая после отжига листовая заготовка и толстая лента в свертках укладываются в корзины или решетки из красной меди или алюминиевой бронзы и загружаются с помощью крана в травильный бак. Лучшим способом укладки является вертикальная установка листов в отделения корзины, образованные медными изогнутыми прутьями. После травления корзина переносится краном в бак с циркуляционной водой для промывки, причем перед этим нередко применяют также нейтрализацию в щелочном растворе. После промывки металл или сушится в специальных сушилках или устанавливается на деревянных решетках для естественного высыхания; часто металл протирают после водяного бака досуха древесными опилками. Весьма быстрое высушивание с чистой поверхностью без пятен и натеков получается с помощью центробежных сушил, представляющих собой приводимый в быстрое вращение диск, по окружности к-рого укрепляются высушиваемые предметы (напр. рулоны надеваются на пальцы диска). Для получения равномерного травления без пятен, омеднения и пр. весьма важно иметь чистые травильные растворы, постоянно поверяя их на содержание меди (допустимы десятые доли процента), и не допускать попадания железных частей в раствор. Рекомендуется установить циркуляцию раствора, для чего могут служить насосы из кислотоупорной бронзы или проще применять механич. встряхивание корзин. Баки для травильного раствора чаще всего делаются из дерева, изнутри бак обшивается листовым свинцом с пропайкой швов; свинцовая обшивка защищается сверху деревянными досками, для удержания к-рых через бока и дно бака кладут 2—3 скобы из полосовой меди. Перед обшивкой свинцом деревянный остов бака тщательно просмаливается. Для защиты от разъедания травильным раствором с успехом применяют асфальтирование (площадки у баков, сточная канализация и пр.).

Для травления лент служат травильные машины, дающие непрерывное протягивание лент последовательно через травильные баки, через баки с промывной водой или нейтрализующим раствором, вращающиеся щетки, обильно поливаемые водой, и сушильные барабаны или печи (последние — при толстой ленте): сушильные барабаны согреваются изнутри паром, газом или электричеством. Ленты получают движение от намоточных барабанов, находящихся за сушильным устройством. Скорость травления лент 8—10 *м/мин*. Существуют травильные машины для травления ленты толщиной в 4 *мм*, при ширине 650 *мм*. Электролитич. травление листов и лент применения пока не получило. Листы и ленты красной меди после отжига вместо травления могут подвергаться чистке на специальных щеточных станках. Щетки размером 200×900 *мм* приготовлены из проволоки специального состава. Скорость чистки равна 10 *м/мин*.

Вспомогательные механизмы. 1) Шабровочные станки. Эти станки служат для обдирки с помощью резца поверхностного слоя литых слитков перед горячей прокаткой и нередко также и заготовок. Станки имеют подвижной в двух перпендикулярных направлениях стол, с подъемом от ножной педали (фиг. 160). На столе зажимается шабруемая полоса. Станки приводятся в движение от отдельного мотора



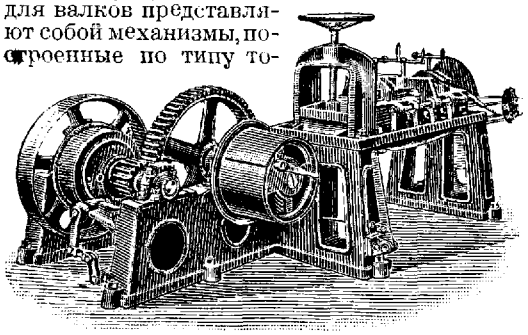
Фиг. 160.

(ок. 5 HP) или от трансмиссии через кривошипный механизм. Резец, зажатый в оправке (укрепленной на горизонтальном ползуне), получает движение с размахом ок. 300 *мм*. Стол с полосой прижимаются к резцу ногой рабочего, а в горизонтальной плоскости передвигаются руками. Кроме станков этого типа при шабровке более длинных и тонких полос применяются перемоточные барабаны со стоящим между ними наклонным столом, по которому скользит лента и здесь шабруется вручную. 2) Ножницы. Для разрезки листового металла, полосовой заготовки и пр. служат гильотинные ножницы самых разнообразных размеров и мощностей. Для удержания листа при точной разрезке применяются ручные зажимы, некоторые же ножницы имеют на верхней подвижной части зажимы на пружинах, которые и придавливают разрезываемый лист к столу в момент опускания верхнего ножа. Для разрезки полос на равные части по длине, равно как для резки листов однообразных размеров, пользуются упорами, которые укрепляются на переднем столе и позади ножниц. Для обрезки кромок у полосовой заготовки и лент или для разрезки на небольшое число частей применяют ножницы с круглыми ножами (см. *Ножницы*) с одним намоточным барабаном. Для разрезки ленты значительной ширины на отдельные части (по ширине) служат ножницы этого же типа; намоточное устройство имеет несколько барабанов для лент и два барабана для намотки обрезков (кромок). Круглые ножи с пазом насаживаются на два вала ножниц, имеющие шпонки по всей длине; для регулировки же расстояния между ножами данного вала пользуются точно калиброванными кольцевыми шаблонами. 3) Правильные станки. При изготовлении листов ленточным способом ленты пропускаются через комбинированные правильные станки с гильотинными ножницами (фиг. 161). На правильных станках под-



Фиг. 161.

вергаются правке и листы. Действие станка заключается в попеременном прогибании металла в противоположных направлениях с одновременным продвижением листа; это протягивание листа с попеременным проминанием уничтожает имеющиеся перед правкой на листе неровности, причем иногда листы пропускаются через станок по несколько раз; верхние валки могут прижиматься к нижним нажимными винтами. Станки изготовляют любой мощности с 5—7—9 валками, от самых малых размеров для лент до 3-*м* для листов; длинные валки поддираются опорными роликами. За последнее время в цветной металлопромышленности получили большое распространение за границей станки для правки листов растяжением. На таких крупных станках правят листы длиной 3—6 *м*, шириной 1—2 *м* и толщиной 3—6 *мм*. Станки бывают гидравлические и механические. 4) Станки для чистки лент предназначаются для чистки готовой ленты, работают с помощью намоточных приводных барабанов, протягивающих ленту через зажимы с кошмой (фиг. 162). 5) Шлифовочные станки для валков представляют собой механизмы, построенные по типу то-



Фиг. 162.

карных станков, в которых на подвижном супорте вращается шлифовочный камень (наждачный круг), а в центрах или на люнетах вращается шлифуемый валок. Для получения вогнутой или выпуклой шлифовки супорт, независимо от обычной продольной и поперечной подачи, может периодически качаться вокруг оси, параллельной оси валка, автоматически приподнимаясь или опускаясь сзади, тем самым приближая или отдаляя камень от поверхности валка; одно полное качание отвечает длине валка. Шлифовка производится при непрерывном поливании камня содовой водой или эмульсией. Перерывы в охлаждении или работа камня по одному месту валка могут вызывать трещины и выкрашивание поверхности его. Также недопустимо появление на бочке валка цветов побежалости. Кроме бочек валков на этих же станках предварительно шлифуются шейки валков и галтели их.

Лит.: Истомин П. С., Берман С. И. и Перлин И. Л., Прокатка цветных металлов, ч. 1 и 2, М.—Л., 1932; Справочник «Цветные металлы», под ред. Е. Г. Деречей, т. 2, вып. 2, М.—Л., 1932; Павлов И. М., Прокатка цветных металлов и сплавов, М.—Л., 1932; Деречей Е. Г., Наклеп и рекристаллизация цветных металлов и сплавов при обработке их давлением, «Труды II Всесоюзного совещания по цветным металлам», т. 1, вып. 2, М.—Л., 1927; Курнаков Н. С. и Жемчужный С. Ф., Давление истечения и твердость пластических тел, «ЖРМО», 1913, *3*; Шишокин В. И., Давление истечения металлов и сплавов при различной температуре, «Цветные металлы», М.—Л., 1930, *5*; Курдюмов А. Р., Монография о медно-цинковых сплавах, СПБ, 1904; Брылкин С. Д., Горячая прокатка латуни, «Труды II Всесоюзного совещания по цветным металлам», том 3, М.—Л., 1927; Истомин П. С., Современные методы обработки цветных металлов в Германии, «Техника и Производство», Л., 1928; Севергин Н. С., Влияние свинца и сурьмы на обрабатываемость некоторых сортов латуни, «Цветные металлы», М.—Л., 1930, *12*; Гронов Е. В., Влияние способа изготовления патронного мельхиора на механич. качества этих сплавов, «Зап. ИРТО», 1911, *10—11*; Котельников А. И., Медь для паровозных топок, Доклад на собр. Р. об-ва испыт. мат., М., 1912; Сердюков В. Г., Обработка толстых листов топочной и красной торговой меди, «Цветные металлы», М.—Л., 1930, *4*; Широ-

ков П. Ф. и Коварский, Плавка цинка для нужд прокатки, там же, *6*, стр. 934—940; Королькоов А. И., Свойства никель-хромовых сплавов и их изготовление. там же, 1931, *11*; Воскресенский В. Н. и Маркелов В. В., Прокатка фасонных профилей из алюминиевых сплавов. там же, 1930, *11*; Музолевский Ю. Г., Прокатываемые легкие металлы и сплавы, Курс лекций, М., 1931 (на правах рукоп.); Берман С. И., Производство алюминиевой фольги, Сборн. ст. Гипроцветмета, М., 1932, *12/17*; Бочвар А. А., Основы термич. обработки сплавов, М.—Л., 1931; Сибилев А. В., Электрич. печи сопротивления, М., 1927, «Цветные металлы», М.—Л., 1931, *2*; Швейцер М. В., О выборе типа многовалкового стана для прокатки лент шириною 600 *мм*, Сборн. ст. Гипроцветмета, М., 1931, *4/9*; Современное оборудование цветной металлопромышленности и возможности изготовления его в СССР, 2 изд., М.—Л., 1931; Puppe J. u. Stauber G., Walzwerkwesen, B. 1, B., 1929; Werkstoffhandbuch, B., 1928; Smithells-Hessenbruch, Beimengungen u. Verunreinigungen in Metallen, B., 1931; Weiss L., Der Kalt u. Ziehvorgang u. sein Leistung verbrauch, «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1922; Weiss L., Die Nutzarbeit des Walzvorganges, *ibid.*, 1923; Weiss L., *Die* Leistungsberechnung des Walzvorganges in Abhangigkeit von Walzendurchmesser, ibid., 1928, H. 8; Weiss L., Die Ursachen d. Abhängigkeit des Walzvorganges vom Walzendurchmesser, ibid., 1931, H. 2; Siebel E. u. Pomp A., Walzdruck u. Walzarbeit beim Kältwalzen von Metallen, «Mitt. d. K. W. Inst. f. Eisenforschung», Düsseldorf, 1929, B. 11; SKF, «Die Kugellrager Zeitschrift», 1930, *3*, *4*; Soehs, Grundbegriffe d. Mechanischen Technologie d. Metalle, B., 1925; Developments in the Manufacture Copper Wire, «Journal of the American Institute of Electric. Eng.», 1927, April; Wunier W., Das Einreissen Americanischen Elektrolytkupfer Drahtbarren beim Warmwalzen, «Ztschr. f. Metallkunde», Berlin, 1927, H. 7; Anderson R. J., The Metallurgy of Aluminium a. Aluminium Alloys, N. Y., 1925; «Цветные металлы», М.—Л., 1930—32; «За овладение техникой», М.—Л., 1931—32; «Легкие металлы», М.—Л., 1932; «Опыт предприятий цветной и золотоплатиновой пром-сти», М.—Л., 1931—32; «Металлург», Л., 1926—1932; «Вестник металлопромышленности», М., 1924—32; «ЖРМО»; «Русско-Германский вестник науки и техники», Берлин, 1930—32; «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1920—1932; «Mitt. d. K. W. Inst. f. Eisenforschung», Düsseldorf, 1927—1932; «St. u. E.», 1916—1932; «Hackszeitschrift der V. A. W. und Eritwerk A. G. für Aluminium», B., 1931—32; «Revue d'Aluminium», P., 193 —32; «Revue de Nickel», P., 1929—32; «Revue de Metallurgie», P., 1924—1932; «Journal of the Institute of Metals», L., 1927—1932; «The Metal Industry», L., 1928—1932; «The Metal Industry», N. Y., 1928—1932; «Metallurgia», the British Journal of Metals, London, 1931—32; «The Iron Age», N. Y., 1927—1932.

С. Берман, И. Павлов, М. Швейцер.

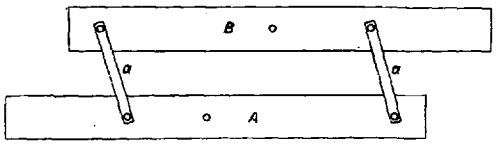
ПРОКАТНОЕ ДЕЛО, см. *Прокатка.*

ПРОКАТНЫЕ ВАЛКИ, см. *Прокатка.*

ПРОКАТНЫЕ СТАНЫ, см. *Прокатка.*

ПРОКЛАДОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ, приборы для ведения во время плавания прокладки пути судна по правилам *навигации* (см.). Главнейшими П. и. являются *циркуль* (см.) обыкновенный, линейка параллельная и транспортир.

Параллельная линейка состоит из двух обыкновенных линеек *A* и *B*, скрепленных двумя планками одинаковой длины *a*, *a* (фиг. 1). Отодвигая одну половинку линейки от другой на нек-рое расстояние, можно перенести направление, по к-рому установлена линейка, на желаемое расстояние и к любой точке карты. Для обеспечения параллельности переносимых линий срезы линеек при различных раздвижениях обеих половинок должны быть всегда строго параллельны друг другу, что обеспечивается в точности одинаковыми размерами соединительных планок.



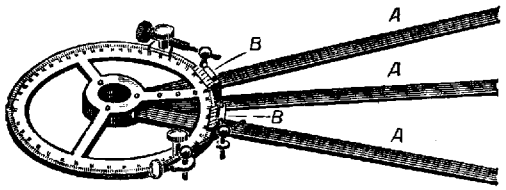
Фиг. 1.

Транспортир служит для прокладки на карте курсов и пеленгов и для снятия с карты проложенных на ней направлений. Чтобы проложить на карте требуемый курс или пеленг, кладут на карту транспортир центром на один из начерченных на карте меридианов и затем, удерживая центральный штрих на меридиане, поворачивают транспортир вправо или влево, пока соответствующий требуемому направлению штрих дуги транспортира не совпадет с тем же меридианом карты. Тогда линия среза линейки транспортира будет составлять с меридианом требуемое направление. Приложив к линейке транспортира параллельную линейку и убрав транспортир, можно заданное направление перенести к требуемой точке карты.

Кроме описанных П. и. имеются те же приборы в несколько измененном виде. Так, имеются одноручные циркули, к-рые можно раздвигать и сдвигать одной рукой. Параллельные линейки иногда заменяются линейками катящимися, где перенос линии параллельно самой себе осуществляется благодаря двум медным цилиндрам, к-рые прокатываются по карте. Цилиндры одеты на концы оси, укрепленной внутри сделанного в линейке продолговатого выреза. Для устранения скольжения по производящим цилиндров сделаны вырезы металла, так что при прокатывании линейки по карте ось цилиндров перемещается параллельно самой себе. По срезам линейки нанесены штрихи, обозначающие направления от центрального штриха линейки в градусах от 0 до 360°. так что катящаяся линейка совмещает в себе и параллельную линейку и транспортир. Для той же цели служит и линейка капитана Фильда, представляющая собой обыкновенную параллельную линейку с нанесенными по ее срезам градусными делениями. Приложив к меридиану карты центральный штрих линейки и повернув ее так, чтобы тот же меридиан прошел через деление линейки, соответствующее заданному направлению, сможем, раздвигая половинки линейки, проводить параллельные линии, которые все будут составлять с меридианом требуемый угол. Неудобство линейки Фильда то же, что и катящейся линейки: около направлений 0—180° и 90—270° трудно проложить точно нужное направление из-за неопределенности в совмещении центрального штриха с меридианом карты в первом случае и из-за слишком мелких делений во втором случае.

Наконец прокладка мест корабля, определенных по углам, производится посредством протрактора. Этот П. и. состоит из медного, разделенного через $^1/_2$° круга с 3 медными же линейками *A*, линии срезов к-рых проходят через центр круга (фиг. 2). Средняя линейка скреплена с кругом наглухо, а две крайние могут раздвигаться на различные углы относительно средней. Углы раздвижения линеек определяются по разделенному кругу и при помощи верньеров *B*, м. б. отсчитаны с точностью до 1′ дуги. Такая точность для навигационных определений является конечно излишней, но она необходима при нанесении посредством про-

трактора на планшет положений определенных по углам точек при съемочных или промерных работах. Протрактор применяется след. обр. Установив крайние линейки по отношению к средней под углами, равными левому и правому измеренным углам, кладут протрактор на карту или планшет так, чтобы срезы всех трех его линеек проходили через 3 точки, изображающие на карте предметы, между к-рыми были измерены углы. Тогда центр круга протрактора и будет той точкой, откуда эти углы измерялись, т. е.



Фиг. 2.

искомым местом судна. В центре круга имеется небольшое отверстие, сквозь к-рое карандашом и отмечается искомая точка. У исправного протрактора линии срезов его линеек должны всегда пересекаться в одной точке, совпадающей с центральным отверстием для карандаша, и отсчеты по разделенному кругу должны в точности соответствовать углам растворения линеек. Протрактор перед употреблением проверяют,— чтобы допускаемые ошибки были не более 0,2—0,3°. Наибольшая из ошибок протрактора—мертвый ход линеек—заключается в нек-ром изменении угла раздвижения линеек при перемещении протрактора по карте после установки линеек, к-рая также не превосходит указанной величины. Кроме основных П. и. имеются различные разновидности тех же инструментов, выпускаемые на рынок разными фирмами: транспортиры в виде полного круга или треугольной формы, параллельные линейки с различного рода сложными связями обеих половинок, обеспечивающими их полную параллельность, различного рода комбинации линейки и транспортира и пр.

Лит.: Санеллари Н. А., Описание мореходных инструментов, ч. 1, Л., 1928. **Н. Санеллари.**

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ для синтеза красителей являются переходной ступенью от простейших углеводородов (см. *Коксобензольное производство*) к сложным красителям (см. *Красящие вещества* синтетические) и производятся на анилокрасочных ф-ках в значительных количествах и в большом многообразии. Нередко получение красящих веществ из П. п. не представляет технич. затруднений, в то время как изготовление П. п. требует ряда сложных операций, протекающих в сложных технич. аппаратах. Так, *азокрасители* (см.) получают при помощи сравнительно простой операции азосочетания диазотированных аминов с производными аминов и фенолов бензольного или нафталинового ряда; эти же П. п. для синтеза азокрасителей получают путем последовательного ряда сложных операций, к-рые будут описаны ниже. Точно так же весьма ценные и сложные по составу *кубовые красители* (см.) получаются при несложной конденсации заранее приготовленных П. п. индольного и антрахинонового ряда, изготовление к-рых представляет значительные технич. затруднения. Значение П. п. в технологии красящих веществ весьма велико. Кроме того П. п. нередко являются конечными продуктами или П. п. для фармацевтич. и фотографич. препаратов, взрывчатых и отравляющих веществ. Основным органич. сырьем для производства П. п. служат циклич. углеводороды ароматич. ряда и нек-рые гетероциклич. соединения, например бензол, толуол, ксилолы, нафталин, антрацен, карбазол и др., получаемые из каменноугольной, коксовой или газовой смолы, или при пирогенизации нефти. Эти циклич. соединения, подвергаясь ряду последовательных операций, переходят в П. п. различной степени сложности. П. п. не могут быть классифицированы по своим функциям, т. к. весьма часто один и тот же П. п. обладает различными группами, обусловливающими различные функции. Для систематич. ознакомления с П. п. необходимо в силу этого рассматривать в определенной последовательности не самые П. п., а те основные химич. реакции, при помощи к-рых эти П. п. получаются.

Классификация этих реакций м. б. произведена по следующим признакам. В первую очередь все реакции м. б. разбиты на две группы: первая из них, бо́льшая по объему, объединяет все реакции *конденсации* (см.), в к-рых два остатка (радикала) двух химич. соединений вступают в тесную, «плотную», связь, образуя продукт конденсации. В случае, если оба вступающие в конденсацию остатка находятся в одном и том же соединении, имеет место внутримолекулярная конденсация, приводящая либо к новому, по сравнению с исходным, взаимному положению групп, называемая перегруппировкой, либо к замыканию нового цикла, называемая циклизацией. Вторая группа реакций представляет реакции восстановления и окисления; в этой группе также возможны внутримолекулярные реакции, если окисляющая и окисляемая группы находятся в одном и том же соединении. Реакции конденсации в свою очередь м. б. разбиты на два класса. В первом из них конденсация обусловлена прежде всего ароматич. характером соединения, вступающего в конденсацию, и приводит к введению в ядро циклич. соединения новой группы. Во втором классе—конденсация обусловлена гл. обр. специфич. свойствами групп, представляющих боковую цепь вступающего в конденсацию соединения, а не его ароматич. свойствами. Все же в силу наличия этих ароматич. свойств продукты конденсации второго типа в боковой цепи соединения способны к внутримолекулярной перегруппировке, когда введенная в боковую цепь группа перемещается в ядро соединения. К первому классу конденсаций относятся реакции введения (в ароматич. ядро) нитрогруппы, сульфогруппы, галоида и углеродсодержащих групп, а также введение свободных и замещенных гидроксильной и амидной групп путем обмена заранее имевшихся нитро-, сульфо-, амино-, окси-групп и галоида. Ко второму классу конденсаций относятся реакции гидроксильной, амидной, альдегидной, метильной и нитрозо-групп, обусловленные в первую очередь реакцие-

способностью этих групп, а не ядра соединения. Т. о. все реакции получения П. п. могут быть разобраны по нижеследующей классификации.

I. Реакции конденсации.

А. Реакции, обусловленные ароматич. характером соединения:
1) нитрование,
2) сульфирование,
3) галоидирование,
4) аминирование и гидроксилирование,
5) введение углеродсодержащих групп.

Б. Реакции, обусловленные свойствами боковой цепи соединения:
1) ацилирование,
2) алкилирование,
3) введение в боковую цепь двувалентных метиленовой и амидной групп.

В. Реакции внутримолекулярной конденсации:
1) циклизация,
2) перегруппировка.

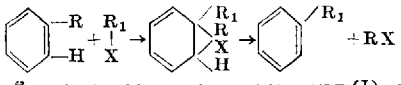
II. Реакции окисления и восстановления.

Весьма часто мы имеем дело со сложной реакцией, к-рая для правильного понимания д. б. расчленена на ряд последовательных реакций, относящихся к различным классам. В дальнейшем реакции получения П. п. рассматриваются в последовательности, соответствующей вышеприведенной классификации, с попутным разбором наиболее характерных и ценных из получаемых по этим реакциям П. п.

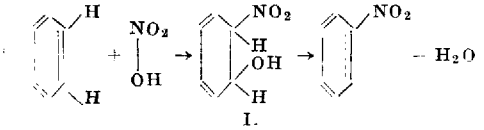
I. Реакции конденсации. Они м. б. представлены в наиболее общем виде схемой

$$R \cdot X + R_1 \cdot Y \rightarrow R \cdot R_1 + X \cdot Y,$$

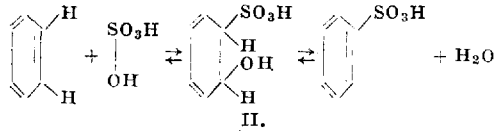
к-рая показывает, что остатки R и R_1 в результате конденсации пришли в плотную связь. Реакции конденсации, обусловленные ароматич. характером одного из вступающих в конденсацию соединений, д. б. рассмотрены более детально. По К. Мейеру ароматич. свойства соединения выражаются в активности двойной связи этого соединения, и можно представить, что в первую очередь по месту этой двойной связи идет присоединение элементов второго соединения, вступающего в конденсацию. Затем при наличии надлежащих условий (водо- или кислотоотнимающие средства, повышенная $t°$, катализаторы и т. п.) из продукта присоединения удаляются элементы воды, кислоты и т. п. с образованием ароматич. соединения, содержащего новую группу. Сказанное можно выразить схемой



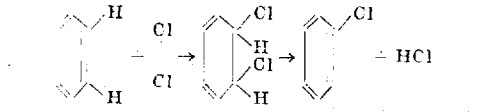
По этой схеме реакции нитрования (I), сульфирования (II), галоидирования (III), аминирования (IV), гидроксилирования (V) и ввода углеродсодержащей группы (VI) м. б. изображены следующим образом



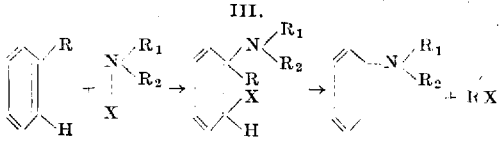
I.



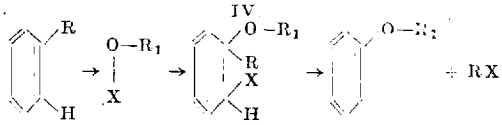
II.



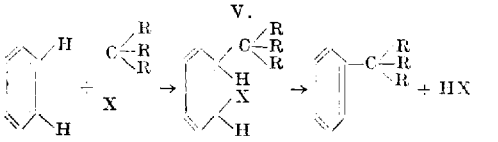
III.



IV.

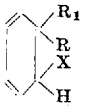


V.



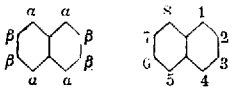
VI.

Существование продуктов присоединения с бесспорностью доказано для реакций галоидирования, для остальных же реакций их существование не противоречит, а иногда и подтверждается всем ходом реакции. Удаление из продуктов присоединения элементов воды, HCl, RX и т. п. происходит под влиянием водоотнимающих средств (для удаления воды), повышения $t°$ или катализатора (для удаления HCl и избытка вступающего в реакции агента—в случае гидроксилирования и аминирования). Гидролиз сульфогруппы в сульфокислотах (см. ниже) также является нек-рым подтверждением промежуточной стадии присоединения, но реакция в случае гидролиза, т. е. при недостаточной крепости водоотнимающего средства, идет в обратном направлении. За последнее время предложено объяснение ароматич. свойств соединения электронными явлениями, но до сих пор нет еще вполне четкого представления в этой области, и мы будем в силу этого придерживаться вышеприведенных взглядов об активности двойной связи и о промежуточной фазе присоединения. Степень легкости конденсации, обусловленной ароматич. свойствами соединения, или, иначе говоря, степень легкости введения в ядро ароматич. соединения вместо водородного атома или какой-либо новой группы, зависит от активности двойной связи и от подвижности водородного атома или уже имеющейся группы. Активность двойной связи облегчает присоединение по ней и образование промежуточной стадии—продукта присоединения

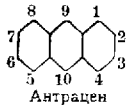


Подвижность же водорода или группы R облегчает выделение из этого продукта молекулы RX. В незамещенном бензоле мы имеем равноценные двойные связи и равноценные атомы водорода. В производных же бензола заместители могут оказывать двоякое влияние. Одна категория заместителей облегчает реакцию конденсации, направляя в то же время новую группу в *о-* или *п*-положение к уже имеющемуся заместителю; вторая ка-

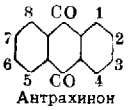
тегория заместителей затрудняет конденсацию и, препятствуя введению заместителя вообще, препятствует в меньшей мере введению его в *м*-положение к уже имеющемуся заместителю. К первой категории относятся группы OH, NH_2, галоиды, CH_3 и их производные, ко второй—SO_3H, NO_2, а также COOH и другие карбонилсодержащие группы с карбонилом при ядре. В двузамещенных бензолах возможны случаи, когда оба заместителя направляют согласованно, облегчая тем самым конденсацию, или когда оба заместителя направляют в разные места, образуя при этом вследствие конкуренции смесь изомеров, причем превалирует в этой смеси тот изомер, который получился вследствие направляющей роли более активного заместителя. В нафталиновом ряду в отличие от бензольного даже в незамещенном нафталине не все водородные атомы равноценны. Так, водородные атомы в *α*-положениях более подвижны, чем в *β*-положениях, вследствие чего конденсации в нафталиновом ряду идут в первую очередь в *α*-положении. В замещенных нафталинах наблюдаются те же закономерности, что и в бензольном ряду, но число возможных «хиногенных» мест, т. е. равноценных *о*- и *п*-местам бензола, значительно больше. Так например, для *α*-замещенных нафталина



хиногенными по отношению к месту 1 будут положения 2, 4, 5, 7, причем легкость вступления новой группы в хиногенные места убывает в последовательности положений 4, 2, 5, 7. Для *β*-замещенных нафталина хиногенными по отношению к месту 2 являются положения 1, 3, 6, 8, причем легкость вступления новой группы в хиногенные места убывает в порядке положений 1, 8, 6, 3. (В главе о сульфировании нафтолов будет приведена полная иллюстрация этого явления.) В антрацене наиболее реакциеспособными



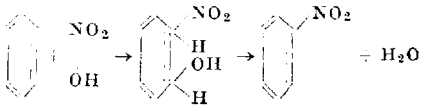
Антрацен



Антрахинон

являются мезо-положения 9 и 10, куда преимущественно и направляется присоединение или конденсация. Но иногда, в частности при сульфировании, антрацен ведет себя как замещенный нафталин, реагируя в первую очередь своими *α*-местами (1, 4, 5, 8), а во вторую очередь *β*-местами (2, 3, 6, 7). В антрахиноне мы имеем два равноценных бензольных ядра, связанных двумя карбонильными группами. Поэтому получение монопроизводных антрахинона представляет некоторые трудности, т. к. каждое из бензольных его ядер способно к реакциям присоединения. Указанные общие положения о конденсации, обусловленной ароматич. характером соединения, позволяют перейти к рассмотрению отдельных типов этих реакций.

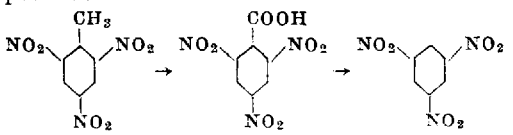
А. Реакции, обусловленные ароматическим характером соединений. 1) Реакция нитрования согласно вышеизложенному м. б. выражена следующей схемой (для бензола)



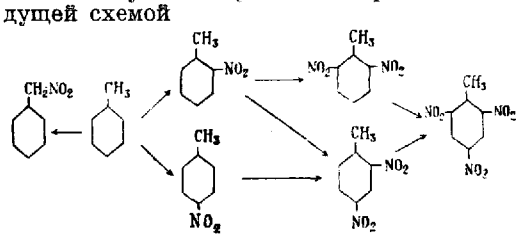
Как видно из приведенной схемы, для доведения реакции до конца необходимо наличие водоотнимающего средства. Действительно в отличие от жирных углеводородов, которые нитруются разбавленной азотной кислотой при повышенных температуре и давлении, ароматические углеводороды и их производные нитруются крепкой азотной кислотой при участии водоотнимающих средств, преимущественно серной кислоты, и при более низкой температуре (см. *Нитрование*). Иногда азотная кислота заменяется сухим нитратом в смеси с серной к-той. Последний метод имеет то преимущество, что в технической азотной кислоте содержится значительное количество (до 40%) воды, для связывания которой необходим большой избыток серной кислоты, в то время как при употреблении сухих нитратов эти нежелательные количества воды отпадают. Иногда нитрование ведется окислами азота в газообразном виде или в виде нитрозилсерной к-ты. В научном исследовании пользуются также смесью азотной и уксусной к-т, к-рая играет роль водоотнимающего средства. Весьма энергично и изящно идет нитрование ацетилнитратом (смешанным ангидридом азотной и уксусной к-т) $NO_2 \cdot O \cdot CO \cdot CH_3$. Реакция нитрования протекает в зависимости от следующих факторов: 1) концентрации водоотнимающего средства, 2) темп-ры, 3) состава нитрующего и водоотнимающего агентов. Последние факторы влияют гл. обр. на место введения нитрогруппы; кроме того концентрация водоотнимающего средства и $t°$ реакции сказываются на числе введенных нитрогрупп. В большинстве случаев азотной к-ты берут почти теоретич. количество, водоотнимающего же средства—необходимое по расчету (см. *Нитробензол*) для получения оптимальной концентрации отработанной кислоты, и регулируют $t°$ так, чтобы она не превышала оптимальной. Т. к. реакция нитрования экзотермична (так напр., при получении 1 *г*-моля нитробензола выделяется ок. 36 cal), то ее приходится часто вести при наружном охлаждении, в особенности при получении мононитросоединений. Полинитросоединения получаются при большой концентрации водоотнимающего средства и при более высокой $t°$. Роль катализаторов в реакции нитрования не вполне еще выяснена. Известно, что ртуть и ее соединения способствуют не только нитрованию, но и окислению нитруемого тела; так, при нитровании бензола в присутствии ртути получаются динитрофенол и пикриновая к-та. В технике реакция нитрования проводится в специальных аппаратах из кислотоупорного чугуна или алюминия (стойкого к азотной кислоте), снабженных мощной мешалкой и охлаждающей (нагревающей) рубашкой. Для интенсификации перемешивания и охлаждения предложены нитраторы специальных конструкций. Нитросоединения представляют в большинстве случаев продукты, окрашенные в желтый до оранжевого цвет, и часто обладают специфическим миндальным запахом. Большинство нитросоединений облада-

ет взрывчатыми свойствами. Нитрогруппа качественно, помимо физич. свойств, м. б. определена путем реакции восстановления и по образованию амидной группы при помощи цветной реакции сочетания диазотированного амина с R-солью. Количественно же нитрогруппа определяется по Лимпрехту восстановлением точной навески исследуемого нитротела избытком титрованного раствора $SnCl_2$ и обратным оттитрованием непрореагировавшего $SnCl_2$ иодом. Кроме того также применим метод восстановления нитрогруппы титрованным раствором $TiCl_3$ в струе инертного газа.

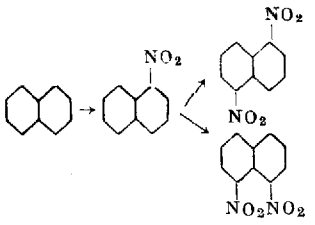
Нитрование бензола протекает весьма легко; при достаточной концентрации серной к-ты и несколько повышенной $t°$ получается *м*-динитробензол, т. е. первая нитрогруппа направляет следующие в *м*-положение. Необходимо отметить, что введение трех нитрогрупп непосредственным нитрованием бензола не приводит к надлежащим результатам, вследствие чего тринитробензол получается окольным путем из тринитротолуола—окислением и удалением CO_2 из тринитробензойной к-ты по схеме



Толуол нитруется легче бензола, вследствие чего может при достаточно крепкой серной к-те и высокой $t°$ (120—130°) переходить в тринитротолуол. При этом необходимо—во избежание разбавления реакционной смеси водой при предварительном введении двух нитрогрупп—выделять промежуточные моно- и динитропродукты. При нитровании толуола до мононитропродукта получаются два изомера. Разбавленная азотная к-та нитрует толуол в метильной группе, давая фенилнитрометан. Все стадии нитрования толуола могут быть выражены следующей схемой



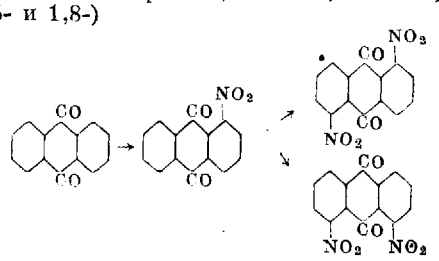
Нафталин в виду особенностей нафталинового ядра нитруется в α-положении по схеме



Получившиеся изомеры динитропродуктов разделяются благодаря значительно большей растворимости изомера 1,8- в органических растворителях. β-нитронафталин получается лишь окольным путем, исходя из β-нафтиламина.

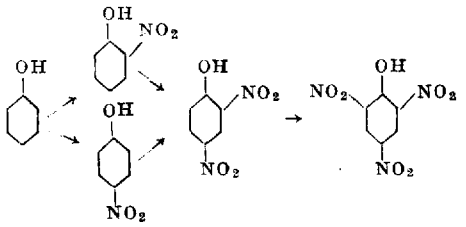
Нитрование антрацена мало применяется, т. к. при этом наряду с присоединением азотной к-ты в мезо-места антрацена имеет место и окисление антрацена.

Антрахинон при действии азотной к-ты переходит в мононитроантрахинон с нитрогруппой в α-месте, который весьма легко нитруется дальше, давая смесь динитроантрахинонов с преобладанием α, α-изомеров (1,5- и 1,8-)

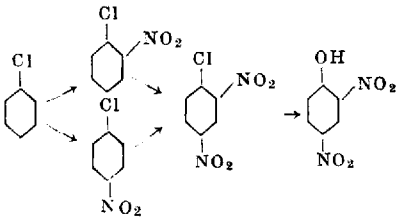


Введение нитрогруппы в β-место протекает с трудом, но нек-рые производные антрахинона, как ализарин, при нитровании в уксуснокислой среде дают 3-нитроализарин, в то время как тот же ализарин при нитровании в серпокислой среде дает 4-нитроализарин. На данном примере видна ориентирующая роль уксусной к-ты.

Фенолы в силу наличия в них активирующей гидроксильной группы нитруются весьма легко. Так, обыкновенный фенол нитруется уже 60%-ной азотной к-той в отсутствии водоотнимающих средств в смесь *о*- и *п*-нитрофенолов. Более жесткое нитрование приводит преимущественно к ди- и тринитрофенолу по схеме



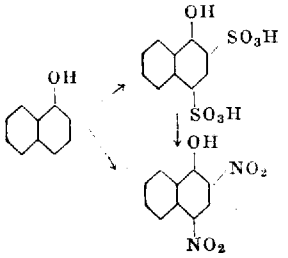
Те же ди- и тринитрофенолы м. б. получены при каталитич. нитровании бензола в присутствии ртути. Обычно в технике динитрофенол получают не нитрованием фенола, а омылением динитрохлорбензола, получаемого нитрованием хлорбензола по схеме



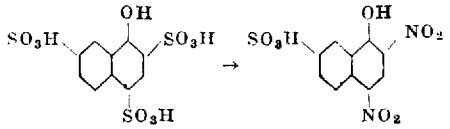
Этот окольный путь представляет то преимущество, что в динитрохлорбензоле хлор весьма подвижен вследствие наличия в молекуле в *о*- и *п*-положениях двух отрицательных нитрогрупп, благодаря чему он заменяется гидроксильной группой при нагревании с водными растворами щелочи, в то время как введение гидроксильной группы до нитрования представляет технически более трудную задачу (см. ниже). Кроме того хлорбензол более доступен, чем сульфокислота бензола—

исходный продукт для синтетического получения фенола.

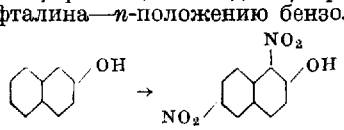
Нафтолы также нитруются весьма легко, причем гидроксильная группа направляется в хиногенные места. Так, α-нафтол вводит нитрогруппы в положения 2 и 4, т. е. в то ядро, где имеется гидроксильная группа, т. к. α-нафтол можно представить как сочетание бензольного и фенольного ядер, а фенол нитруется значительно легче бензола. Но т. к. при этом нитровании всегда имеют место и реакции окисления α-нафтола, то для получения этого ценного динитропродукта (краситель—желтый Марциуса) пользуются сульфированием α-нафтола и заменой подвижных в данном случае сульфогрупп нитрогруппами по схеме



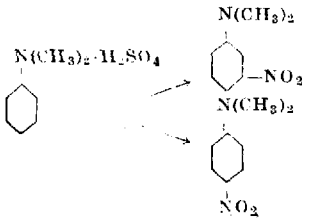
Аналогично получается и краситель нафтоловый желтый S из трисульфокислоты α-нафтола по схеме



β-нафтол при нитровании также вводит две нитрогруппы в хиногенные места, из коих лишь одно находится в фенольной половине нафтола, а второе в положении 6 (в амфиположении, равноценном для β-производных нафталина—п-положению бензола)

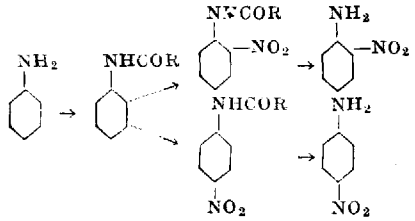


Непосредственное нитрование аминов применяется редко вследствие опасности окислить амины азотной к-той. Для защиты аминогруппы применяется нитрование аминов в растворе концентрированной серной к-ты, но при этом нитрогруппа вступает преимущественно в м-положение к амидной группе. Так, диметиланилин в этих условиях дает по схеме



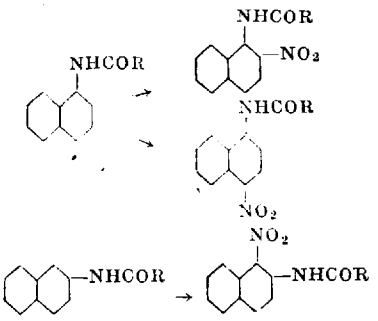
ок. 60% м-изомера и 40% п-изомера. Для самого анилина эта реакция не применяется, т. к. экономичнее получать м-нитроанилин частичным восстановлением динитробензола.

о- и п-нитроанилины получаются при нитровании защищенного введением ацильной группы анилина и последующим омылением ацильного продукта по схеме

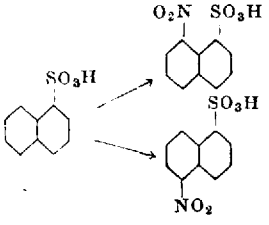


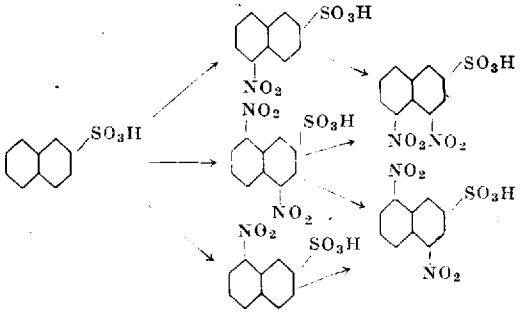
Аналогично м. б. получен и 2, 4-динитроанилин. Эти продукты м. б. получены также аминированием нитрохлорбензола (см. ниже). Соотношение о- и п-изомера при нитровании ациланилинов зависит от характера ацильной группы, от t° нитрования и среды. Однако повышение t° способствует увеличению выхода о-изомера. Точно так же нитрование в уксуснокислой среде или ацетилнитратом приводит почти исключительно к о-изомеру.

Нафтиламины также нитруются в виде ацильных производных, давая 2- и 4-нитро-1-нафтиламины для α-нафтиламина и 1-нитро-2-нафтиламин для β-нафтиламина. Незащищенный β-нафтиламин нитруется в сильно кислой среде в α-положениях 5 и 8

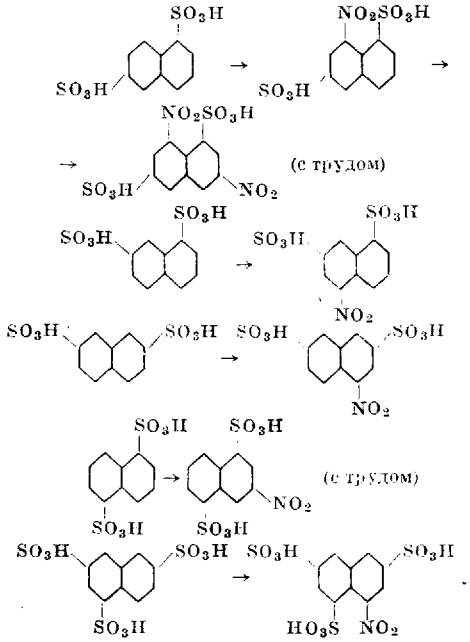


Весьма большое значение в технике имеет нитрование сульфокислот. Для получения нитросульфокислот возможен и путь сульфирования нитропродуктов, т. к. направляющая ориентация нитро- и сульфогруппы одинакова. Но технически в большинстве случаев удобнее нитровать заранее полученные сульфокислоты, т. к. при этом есть возможность, не выливая сульфурационной массы в воду, прибавить к ней необходимое количество азотной к-ты. Оставшаяся после сульфирования серная к-та играет роль водоотнимающего средства. При иной последовательности процессов пришлось бы сначала выделять нитропродукт, сушить его и затем сульфировать дымящей серной к-той при высокой t°. Эти реакции применяются чаще всего в нафталиновом ряду и служат промежуточной стадией для получения тех сульфокислот α-нафтиламина, к-рые не м. б. получены непосредственным сульфированием α-нафтиламина (различная ориентация групп). В приведенных ниже схемах указаны получаемые при этом нитросульфокислоты



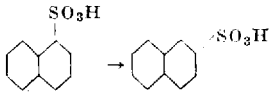


Как видно из схемы, нитрогруппа преимущественно направляется в то ядро, где нет сульфогруппы, т. к. сульфогруппа затрудняет введение нитрогруппы в свое ядро. Часто нитруются и дисульфо- и трисульфокислоты нафталина по схеме

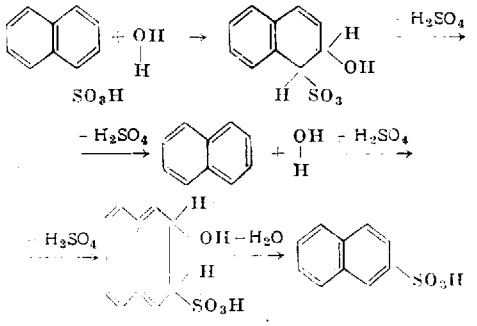


Аналогично нитруются и сульфокислоты антрахинона. Иногда нитрогруппа вводится в уже готовые красители. Интересны опыты по нитрованию окислами азота, но исследования в этой области еще не закончены.

2) Реакция сульфирования протекает по схеме II (для бензола), приведенной выше на ст. 163. Для доведения реакции до конца необходимо водоотнимающее средство; в большинстве случаев таковым является избыток сульфирующего агента—серной к-ты. Количество последней берется таким, чтобы по окончании сульфирования оставшаяся (т. н. отработанная) серная к-та имела необходимую, оптимальную концентрацию, к-рая определяется по легкости сульфирования данного объекта. При концентрации отработанной к-ты ниже оптимальной реакция не идет до конца. Кроме того нагревание заранее приготовленной сульфокислоты с кислотой более низкой концентрации, чем оптимальная, приводит к так наз. «гидролизу» сульфогруппы, т. е. к замене последней водородом. Очевидно эта реакция идет по той же схеме присоединения, но в обратном направлении. Для иллюстрации этого вышеприведенная схема написана в виде обратимой реакции. При нагревании заранее приготовленной сульфокислоты с серной к-той такой концентрации, что исключена возможность как дальнейшего сульфирования, так и гидролиза сульфогруппы, возможны моменты так наз. «странствования сульфогруппы». Это явление особенно распространено в нафталиновом ряду и вообще в тех соединениях, где при сульфировании введение сульфогруппы протекает легко и где легко в силу этого происходит гидролиз сульфогруппы. При этом введенная в определенное положение сульфогруппа «перегруппировывается» в другое, более стойкое положение. Так, α-сульфокислота нафталина при нагревании с серной кислотой, недостаточно концентрированной для введения второй сульфогруппы и достаточно концентрированной, чтобы воспрепятствовать полному гидролизу введенной сульфогруппы, переходит в β-сульфокислоту



Очевидно при этом наступает частичный гидролиз нестойкой, легко введенной сульфогруппы, после чего присоединение элементов серной к-ты идет в ином направлении, и в результате отнятия воды получается сульфокислота с сульфогруппой в ином месте, чем в исходном продукте. Т. к. в нафталиновом ряду повышение t° вызывает не только переход сульфогруппы из α- в β-положение, но и непосредственное сульфирование в β-положении, то можно предположить, что при повышенной t° в нафталине активируется двойная связь между β-углеродами с возможной осцилляцией двойных связей, в результате чего и присоединение элементов к-ты идет в β-места и после отнятия воды получается β-сульфокислота. В силу этих соображений т. н. «перегруппировка» α-сульфокислоты нафталина м. б. изображена следующей схемой



Соответствующее толкование могут получить и остальные случаи странствования сульфогруппы, о к-рых будет речь ниже, а также и странствование карбоксильной группы (см. ниже). Ход реакции сульфирования зависит от следующих, взаимно связанных факторов: степени легкости сульфирования данного объекта, концентрации и свойств сульфирующего агента, t° реакции и от катализаторов. Степень легкости сульфирования находится в связи с группами, активирующими двойную связь соединения и придающими подвижность водородным его ато-

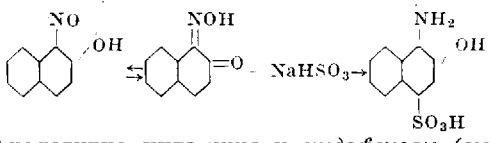
мам. Общие закономерности, наблюдаемые во всех реакциях, обусловленных ароматич. характером соединения, находят подтверждение и в реакциях сульфирования. Так, фенолы сульфируются в высшей степени легко, в то время как нитросоединения, сульфокислоты и карбоновые к-ты с карбонильными производными вообще требуют весьма жестких условий сульфирования.

В качестве сульфирующих агентов применяют: серную к-ту различных концентраций, олеум, т. е. дымящую серную к-ту, содержащую свободный серный ангидрид, и иногда хлорсульфоновую к-ту $Cl \cdot SO_2 \cdot OH$. При применении последней в результате сульфирования образуется и хлорангидрид получаемой сульфокислоты, переходящий в соответствующую сульфокислоту лишь при недостатке сульфирующего агента (от омыляющего действия реакционной воды). Выбор концентрации сульфирующей серной кислоты зависит от легкости сульфирования объекта. Чем труднее сульфируется вещество, тем крепче д. б. отработанная к-та и тем больший избыток сульфирующего средства д. б. применен для реакции. Но т. к. значительные избытки сульфирующей к-ты могут затруднить выделение конечной сульфокислоты из сульфурационной массы, то часто сульфирование ведут дымящей серной к-той, свободный ангидрид к-рой (SO_3) играет роль водоотнимающего средства; этим достигается получение необходимой концентрации отработанной к-ты при не слишком больших ее избытках. Дымящая серная к-та применяется также во всех тех случаях, когда даже 100%-ная серная к-та недостаточна для отнятия воды от продукта присоединения. Темп-ра реакции играет двойную роль: с одной стороны, определенная $t°$ является необходимым условием для реакции, т. к. при более низкой $t°$ реакция не идет; с другой стороны, $t°$ реакции влияет на активность двойной связи и на место введения сульфогруппы. Так, в нафталин при низкой $t°$ сульфогруппа входит в α-места, при повышенной же—в β-места. Влияние катализаторов наиболее изучено при сульфировании антрахинона, к-рый сульфируется при обычных условиях в β-местах; сульфирование же в присутствии солей ртути протекает в α-положении. Хорошее перемешивание при сульфировании, особенно в моменты загрузки и смешения реагентов, играет существенную роль, т. к. в эти моменты возможны местные перегревы, приводящие не только к нежелательному введению сульфогруппы в иные положения, но и к образованию сульфонов строения $R \cdot SO_2 \cdot R$ и к окислению сульфируемых продуктов. В технике в силу этого часто пользуются предварительным осторожным растворением сульфируемого вещества в серной к-те и последующим приливанием, при строгом соблюдении $t°$-ных условий, избытка сульфирующего агента.

Для сульфирования применяют чугунные кислотные сульфураторы, снабженные мощной мешалкой, обогревательными приспособлениями и необходимой арматурой для загрузки реагентов, для взятия проб и для выгрузки. Обогрев сульфураторов производится либо глухим паром, либо огнем, либо по системе Фредеркинга (когда необходима очень равномерная $t°$). Иногда загрузка сульфирующего агента производится в несколько приемов во время хода реакции. Это имеет место особенно при получении полисульфокислот, когда последние сульфогруппы необходимо вводить при более жестких условиях, чем первые; сульфирование начинают обычной серной к-той, приливая в середине реакции дымящую серную к-ту для дальнейшего полисульфирования. Конец сульфирования определяется по растворимости взятой пробы в воде или в водных щелочах. По окончании реакции вся смесь передавливается в чаны с водой или льдом, где, в случае нерастворимости продукта сульфирования в кислой воде, последний выпадает в осадок и отфильтровывается. Растворимые в воде сульфокислоты м. б. выделены либо высаливанием либо в виде кальциевых солей. Высаливание поваренной или глауберовой солью возможно лишь в тех случаях, когда сульфокислота является более сильной кислотой, чем серная, и вытесняет свободные соляную и серную к-ты из их солей и когда натриевая (иногда калиевая) соль сульфокислоты плохо растворима в кислой воде. Выделение сульфокислот в виде кальциевых (иногда бариевых) солей состоит в обработке всей сульфурационной массы известью или мелом по выливании в воду. При этом кальциевые соли сульфокислот остаются в растворе и отфильтровываются от выпавшего в осадок гипса. Последний тщательно промывают водой, объединенные фильтраты выпаривают до необходимой концентрации и обрабатывают строго необходимым количеством соды. При этом кальциевые соли сульфокислот переходят в натриевые, раствор которых отфильтровывают от осадка $CaCO_3$, так же тщательно промывая последний. Объединенные фильтраты натриевых солей выпаривают либо до начала кристаллизации либо досуха. Изомерные сульфокислоты разделяют дробной кристаллизацией их Na-, K-, Ca-, Ba-солей или свободных сульфокислот.

Весьма интересен для техники так называемый *бакпроцесс* (см.). По этому методу кроме сульфаниловой к-ты получают также и две сульфокислоты нафтиламинов: 4-сульфокислоту α-нафтиламина и 6-сульфокислоту β-нафтиламина.

Так же интересен метод одновременного «сульфирования» и восстановления хинонных производных с помощью бисульфита. Так, нитрозо-β-нафтол при действии бисульфита переходит в 1-амино-2-нафтол-4-сульфокислоту по схеме

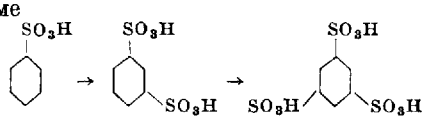


Аналогично индамины и *индофенолы* (см.) при действии бисульфита переходят в сульфокислоты производных дифениламина.

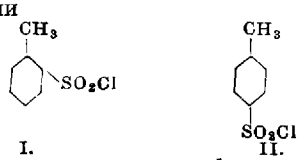
Сульфокислоты, а также их соли представляют в большинстве бесцветные соединения, часто кристаллизующиеся с кристаллизационной водой, в большинстве не имеющие явной $t°_{пл.}$. Для идентификации их переводят действием PCl_5 в соответствующие хлорангидриды (т. н. сульфохлориды), к-рые кристаллизуются из органич. растворителей и имеют явные $t°_{пл.}$. Сульфокислоты либо

непосредственно применяются в синтезе красителей либо служат для изготовления других П. п.

При сульфировании бензола практически получается моносульфокислота, к-рая при более жестких условиях (олеум, повышенная $t°$) переходит в ди- и трисульфокислоту по схеме

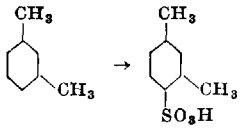


Толуол сульфируется чаще всего хлорсульфоновой к-той, давая при этом два изомера. Один из них—*о*-толуолсульфохлорид (I)—служит П. п. для синтеза сахарина. Параизомер (II) является отбросом этого процесса и применяется при реакциях этерификации



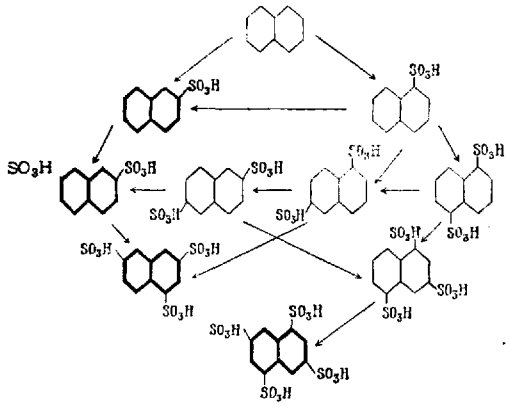
I. II.

Изомерные ксилолы сульфируются с различной степенью легкости. Легче всех сульфируется *м*-ксилол, обе метильные группы которого согласовано ориентируют сульфогруппу:

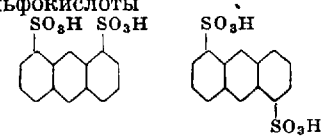


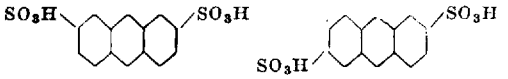
Этим пользуются для разделения ксилолов.

При сульфировании нафталина сказываются особенности нафталинового ядра. В зависимости от $t°$ сульфирования и от концентрации серной к-ты и олеума получаются различные изомеры. При этом изомеры с более подвижными сульфогруппами могут переходить в более стойкие, гл. обр. β-изомеры, к-рые на нижеприведенной схеме изображены более толстыми линиями:

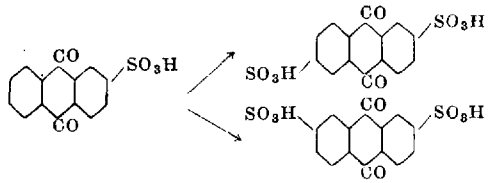


Антрацен при реакции сульфирования обыкновенно дает не моно-, а дисульфокислоты, причем в зависимости от температуры сульфирования получаются либо α- либо β-дисульфокислоты

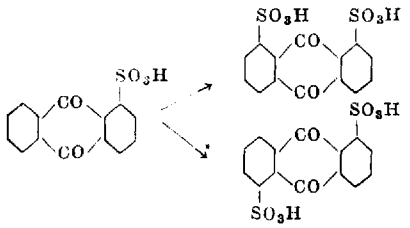




В технике значительно чаще сульфируют не антрацен, а продукт его окисления—антрахинон. Сульфокислоты антрахинона являются ценными П. п. для синтеза ряда антрахинонных красителей. Антрахинон содержит два вполне равноценных бензольных ядра, к-рые соединены двумя карбонильными группами, в одинаковой степени затрудняющими сульфирование обоих ядер. Поэтому, несмотря на то что антрахинон сульфируется с трудом, в него входят сразу две сульфогруппы, по одной в каждое ядро. Лишь при сульфировании недостаточным количеством сульфирующего агента (олеума) возможно ввести в антрахинон одну сульфогруппу; при этом ок. 50% введенного в реакцию антрахинона остается без изменения и регенерируется из сульфурационной массы. Как правило сульфогруппы входят в антрахинон в β-положение, приводя к следующим дисульфокислотам

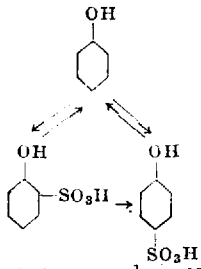


М. А. Ильинским было найдено, что сульфирование антрахинона при тех же условиях, но в присутствии солей ртути, приводит не к β-, а к α-сульфокислотам антрахинона, причем все сказанное выше о методе получения β-моносульфокислоты относится также и к способу получения α-моносульфокислоты

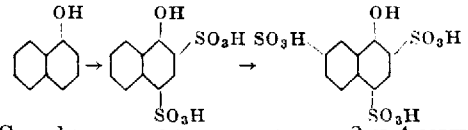


Интересно, что поваренная соль играет роль антикатализатора и что сульфирование антрахинона в присутствии и солей ртути и поваренной соли приводит вследствие образования и возгонки каломели к β-сульфокислотам. Комбинируя оба метода, можно получить смешанные α-β-дисульфокислоты.

В замещенных углеводородах введение сульфогруппы подчинено общим приведенным выше закономерностям. Легче всего сульфируются фенолы. Обыкновенный фенол сульфируется даже разбавленной серной к-той с содержанием 60—65% H_2SO_4; при этом при пониженной $t°$ сульфогруппа вступает в первую очередь в *о*-положение к гидроксилу и лишь при повышенной $t°$ направляется в *п*-положение. Сульфогруппы, введенные в молекулу фенола, м. б. легко удалены гидролизом, причем легче гидролизуется сульфогруппа в *о*-положении. Этим гидролизом пользуются при разделении изомерных крезолов. Схематически указанные превращения выражаются обратимой схемой

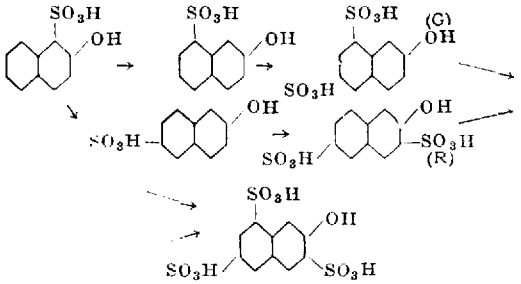


При сульфировании нафтолов сказываются и их фенольные свойства. В первую очередь сульфируется фенольное ядро нафтола; в α-нафтол входят при этом одновременно две сульфогруппы в положения 2 и 4. Хотя положение 2 и является β-положением нафталина, но в то же время и *o*-положением к гидроксилу, вследствие чего легкость введения сульфогруппы в это положение почти равна легкости введения сульфогруппы в положение 4. При жестких условиях эта дисульфокислота принимает еще одну сульфогруппу в положение 7, к-рое является хиногенным (т. е. равноценным *o*- и *n*-положениям) по отношению к гидроксильной группе и нехиногенным (т. е. равноценным *м*-положению) к обеим другим сульфогруппам



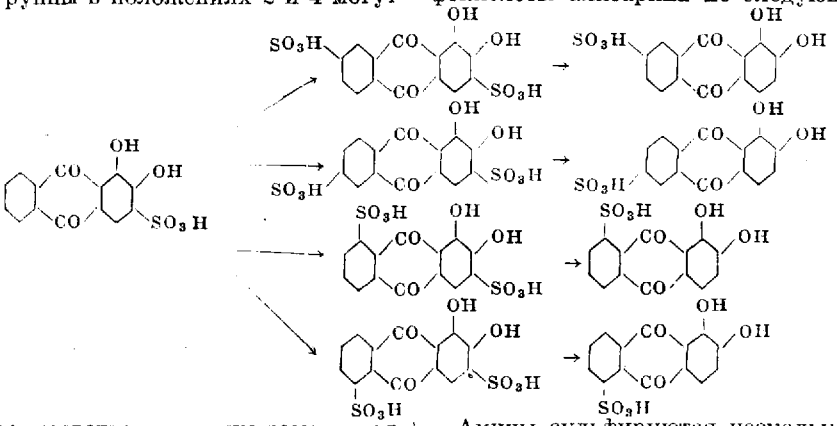
Сульфогруппы в положениях 2 и 4 могут легко гидролизоваться, а также заменяться иными группами, в частности нитрогруппами, чем пользуются для получения динитронафтола и динитронафтолсульфокислоты. Другие сульфокислоты α-нафтола получают окольными путями—превращением сульфокислот α-нафтиламина или частичным гидроксилированием полисульфокислот нафталина (об этом см. ниже). β-нафтол точно так же принимает первую сульфогруппу в фенольное ядро в положение 1. Но сульфогруппа в этом положении нестойка как вследствие того, что она находится в *o*-положении к гидроксилу, так и вследствие своего нахождения в α-месте нафталина; поэтому она перегруппировывается в остальные хиногенные места.

При сульфировании в сравнительно мягких условиях получается 8-α-сульфокислота β-нафтола; более высокая *t*° приводит к 6-β-сульфокислоте. При дальнейшем сульфировании получают весьма ценные дисульфокислоты, называемые по оттенкам, которые они придают азокрасителям,—R (rot) и G (gelb), и трисульфокислота по следующей схеме

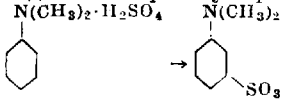


Другие изомерные сульфокислоты β-нафтола получаются соответствующим превращением β-сульфокислот нафталина или частичным гидроксилированием дисульфокислот (см. таблицу в конце статьи).

Сульфирование оксипроизводных антрахинона производится по правилам сульфирования нафтолов; так, в ализарин можно легко ввести (сульфируя в мягких условиях) сульфогруппу в положение 3. При более жестких условиях следующая сульфогруппа вводится во второе ядро, а именно в положения 6 и 7 при нормальном сульфировании и в положения 5 и 8 при сульфировании в присутствии солей ртути. Сульфогруппа в положении 3 может быть удалена гидролизом; в этом случае получаются сульфокислоты ализарина по следующей схеме

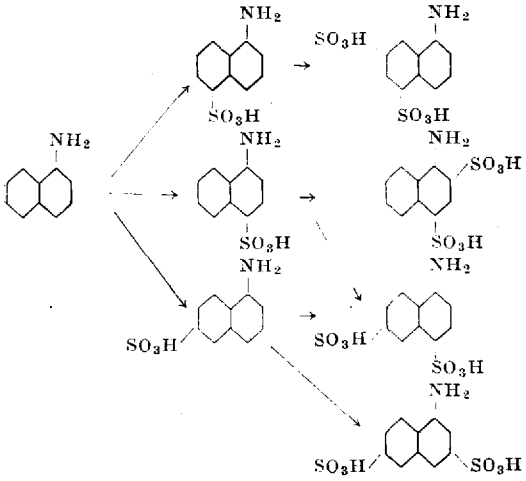


Амины сульфируются несколько труднее фенолов. Кроме описанного выше метода введения сульфогруппы бакпроцессом сульфогруппа м. б. введена в амины и обычным путем сульфирования. При этом активирование двойной связи и введение сульфогруппы происходят не только в хиногенных по отношению к аминогруппе положениях, но и в нехиногенных, т. к. аминогруппа в сильно кислой среде направляет как кислая группа—$NH_2 \cdot H_2SO_4$. Чем выше концентрация олеума, тем больше получается нехиногенных производных. Так, анилин при сульфировании купоросным маслом при 160° дает сульфаниловую к-ту $NH_2 \cdot C_6H_4 \cdot SO_3H$. Алкиланилины при сульфировании 25%-ным олеумом дают гл. обр. *м*-сульфокислоты, напр.

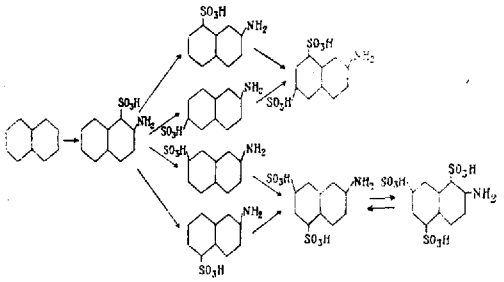


к-рые служат ценными продуктами для изготовления производных *м*-аминофенола.

Наибольшее значение имеет сульфирование аминов нафталинового ряда. Так, α-нафтиламин дает ряд изомеров по схеме



Вследствие этого наиболее ценную 1, 4-нафтиламинсульфокислоту, называемую нафтионовой, обычно получают запеканием. Другие сульфокислоты α-нафтиламина получают восстановлением нитросульфокислот нафталина или аминированием сульфокислот α-нафтола. β-нафтиламин сульфируется чаще; его сульфокислоты не могут быть получены восстановлением нитросульфокислот нафталина, т. к. введение нитрогруппы в нафталин в β-положение прямым путем невозможно. В зависимости от *t*° сульфирования и концентрации SO_3 сульфогруппа вступает прочно в α- или β-положения другого ядра, давая 4 различных изомерных моносульфокислоты, две изомерные дисульфокислоты и одну трисульфокислоту, обладающую легко подвижной сульфогруппой в положении 1, к-рая возможно является первой промежуточной стадией при сульфировании



Дисульфокислоты β-нафтиламина являются ценными П. п. для изготовления употребительных—в синтезе азокрасителей—сульфокислот аминонафтола: γ- и I-кислоты. Иногда сульфогруппа вводится в готовые красители обычным сульфированием. Число вырабатываемых сульфокислот, особенно нафталинового и антрахинонового рядов, весьма велико.

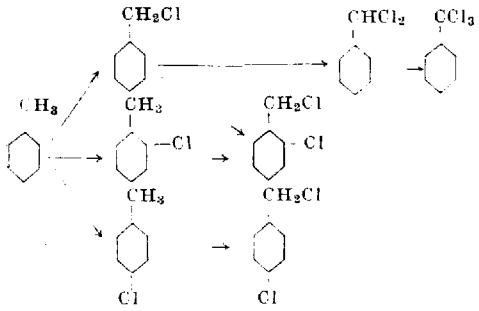
3) Реакция галоидирования постепенно приобретает все большее технич. значение. Из галоидов наибольшее применение имеет хлор. Фтор вследствие неудобств работы с ним не применяется вовсе. Бром и иод имеют весьма ограниченное применение—лишь в тех случаях, когда необходимо придать продукту вполне определенные, вызываемые данным галоидом свойства; чаще всего это имеет место у готовых красителей, которые приобретают при введении брома или иода более ценные качества. Если же галоид вводится лишь временно (для последующей замены его в П. п. другой группой), то применяется почти исключительно дешевый, технически доступный хлор (реакция хлорирования). Реакция хлорирования протекает по схеме III, приведенной на ст. 164. Существование П. п. присоединения при галоидировании является доказанным: так, выделены и исследованы продукты присоединения хлора к бензолу и нафталину. Лишь в тех производных бензола и нафталина, где наличие заместителей активирует водород ядра, реакция идет до конца, не останавливаясь на промежуточной стадии. Реакция хлорирования имеет преимущественное значение в рядах бензола и антрахинона, в то время как в ряду нафталина главную роль играет реакция сульфирования. Ход реакции хлорирования (галоидирования) зависит от характера хлорируемого вещества и хлорирующего агента, от *t*° реакции, действия света и наличия катализаторов. Характер хлорируемого вещества сказывается преимущественно во влиянии имеющихся в соединении заместителей, активирующих ход реакции. В качестве хлорирующего агента применяется гл. обр. газообразный хлор, в меньшей мере—хлорноватистая к-та и хлористый сульфурил (SO_2Cl_2). Вероятное действие последнего состоит в предварительном введении группы SO_2Cl с последующим удалением SO_2. В редких случаях применяется хлористая сера. Темп-рные условия сказываются главным обр. на разложении П. п. присоединения при повышенной *t*°. Этому же разложению способствуют катализаторы, гл. обр. $TeCl_3$ и $AlCl_3$, расшатывающие систему хлорируемого тела и сообщающие тем самым большую подвижность его атомам. Взаимное влияние *t*°-ных условий света и катализатора будет рассмотрено ниже.

Кроме непосредственного введения галоида реакцией хлорирования существуют окольные методы хлорирования, при к-рых галоид вводится либо превращением диазосоединений по методу Зандмейера и Гаттермана либо превращением сульфокислот при обработке последних хлором in statu nascendi или хлористым сульфурилом (вероятной промежуточной стадией является хлорангидрид сульфокислоты); значительно реже хлорпроизводные получаются действием PCl_5 на фенолы.

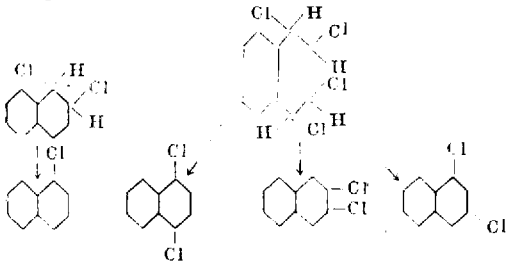
При хлорировании бензола всегда образуется продукт присоединения хлора; при достаточном количестве хлора на солнечном свету может получиться и исчерпывающий продукт присоединения—гексахлорциклогексан $C_6H_6Cl_6$. В присутствии катализатора, гл. обр. $TeCl_3$, из продуктов присоединения выделяется HCl и получаются хлорзамещенные бензола. При подобном каталитич. хлорировании бензола получается не только монохлорбензол, но и дихлориды (иногда и полихлориды), причем количество последних возрастает по мере увеличения содержания в реакционной смеси монохлорбензола и уменьшения бензола. Т. к. полихлориды

являются отбросом производства, то обычное хлорирование бензола ведут не до конца, останавливая процесс, когда в реакционной смеси содержится 40—42% C_6H_6, 50—55% C_6H_5Cl и 3—10% полихлоридов. Из этой смеси фракционной перегонкой выделяют бензол и хлорбензол.

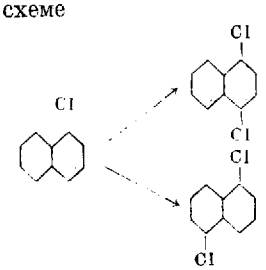
При хлорировании толуола имеет место конкуренция между ароматич. ядром и метильной группой. При наличии катализаторов получаются исключительно хлортолуолы, в то время как отсутствие катализаторов и действие света вызывают введение галоида в боковую цепь. Повышение $t°$ в отсутствии катализатора также ведет к введению галоида в боковую метильную группу. Сочетанием ряда условий можно добиться получения полихлоридов, содержащих галоид и в ядре и в боковой цепи. Вышесказанное можно объединить в схеме



Нафталин может точно так же дать продукты присоединения, именно нафталиндихлорид и нафталинтетрахлорид, к-рые выделяют HCl даже в отсутствии катализатора (при нагревании). При этом из нафталиндихлорида получается α-хлорнафталин, а из нафталинтетрахлорида—три изомерных дихлорнафталина по схеме

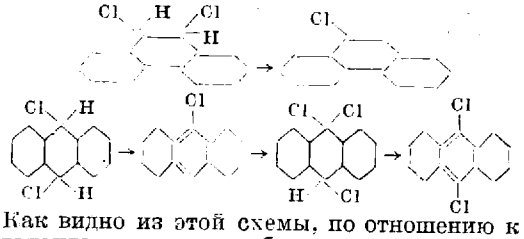


При хлорировании расплавленного нафталина в присутствии катализатора получается непосредственно α-хлорнафталин, к-рый дальше хлорируется в тех же условиях уже под влиянием направляющего действия атома хлора по схеме



β-хлорнафталин и другие ди- и полихлорнафталины получаются либо из аминов либо чаще из сульфокислот и имеют лишь теоретич. значение, т. к. позволяют идентифицировать различные производные нафталина.

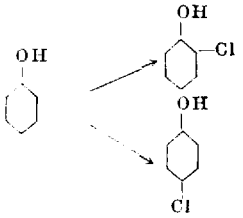
Фенантрен и антрацен присоединяют хлор по своим мезо-местам и далее, отщепляя HCl, переходят в галоидопроизводные по схеме



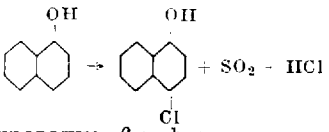
Как видно из этой схемы, по отношению к галоидам в антрацене более податливы места 9 и 10, в то время как сульфирование идет по боковым ядрам.

В антрахиноновом ядре непосредственное хлорирование применяется редко. Чаще хлорантрахиноны получают из сульфокислот антрахинона либо синтезом из фталевого ангидрида и его хлорпроизводных с хлорпроизводными бензола.

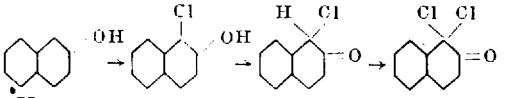
Фенолы хлорируются весьма легко при действии щелочного раствора хлорноватистой к-ты на фенол по схеме



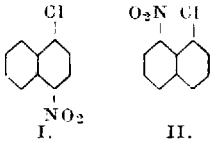
Аналогично α-нафтол хлорируется в смесь *o*- и *n*-изомера. Применение хлористого сульфурила приводит почти исключительно к *n*-изомеру по схеме



Хлорирование β-нафтола приводит к 1-хлор-2-нафтолу, к-рый в дальнейшем хлорируется алифатически в кетоформе по схеме

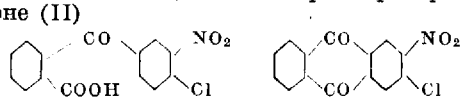


Из галоидопроизводных наиболее важны нитрохлорбензолы, в к-рых влияние нитрогрупп сказывается на подвижности хлора (см. выше). И в ряду нафталина продукт нитрования α-хлорнафталина (I)



обладает подвижным хлором, в то время как при хлорировании нитронафталина главным продуктом реакции является изомерный с предыдущим 1,8-хлорнитронафталин (II), в к-ром подвижность хлора меньшая. Оказывается, что лишь в тех галоидопроизводных подвижность хлора велика, в к-рых в *o*- и *n*- (а также равноценных в нафталине)

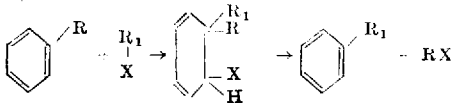
местах находятся т. н. отрицательные группы. Так напр., в соединении (I) хлор значительно подвижнее, чем в получаемом из этого соединения нитрохлорантрахиноне (II)



I. II.

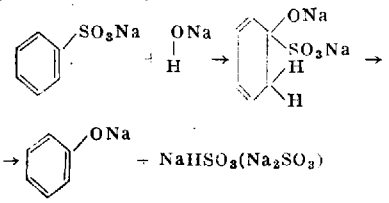
В технике хлорирование производится в чугунных сосудах, освинцованных в тех своих частях, к-рые соприкасаются с выделяющимся при реакции HCl. Через хлорируемое вещество или через раствор последнего в инертном растворителе пропускают хлор, регулируя $t°$ реакции. Для хлорирования бензола и толуола предложены периодически и непрерывно действующие колонные аппараты.

4) Реакции гидроксилирования и аминирования протекают по общей схеме

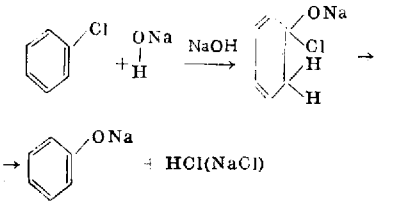


и могут представлять следующие частные случаи (для бензола)

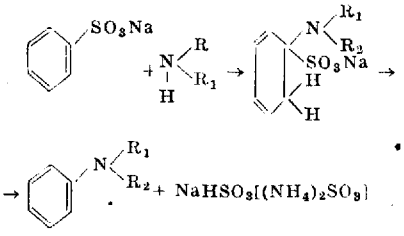
I.



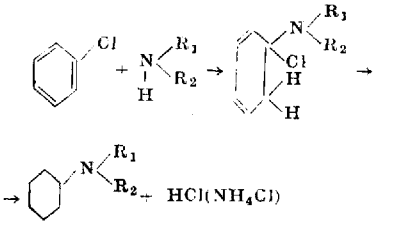
II.



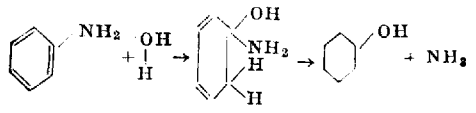
III.



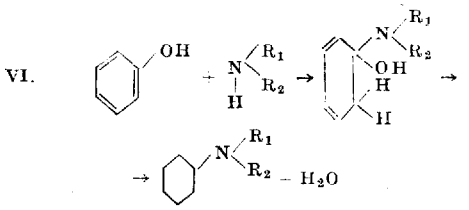
IV.



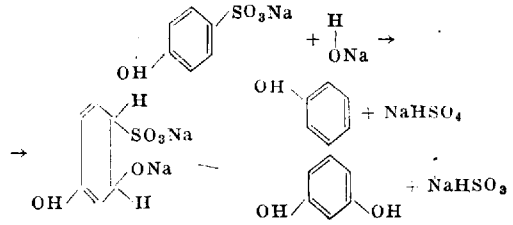
V.



VI.

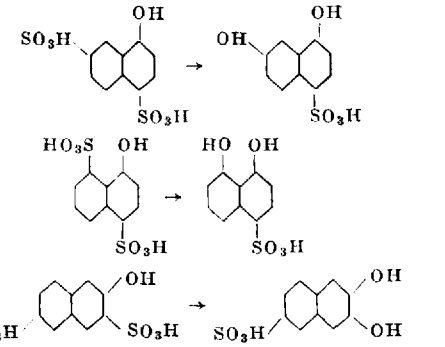


Гидроксилирование нитропроизводных применяется весьма редко (лишь в антрахиноновом ряду) и протекает вероятно по аналогичной схеме. Реакция (1), называемая щелочным плавлением, т. к. технически она проводится путем сплавления солей сульфокислот со щелочами, имеет наибольшее значение и является наиболее удобным методом получения фенолов и их производных. Ее ведут в закрытых чугунных или железных котлах, снабженных мощной скребущей мешалкой и паровым обогревом. Часто реакция ведется под давлением, когда необходимо вести плавление в водном концентрированном растворе щелочи при $t°$ более высокой, чем $t°_{кип.}$ этого раствора. В реакцию щелочного плавления вводят не только сульфокислоты, но и их производные, переходящие в производные фенолов. При щелочном плавлении помимо замены сульфогруппы на гидроксил возможны и побочные явления, как «гидролиз» сульфогруппы, т. е. замена ее водородным атомом, или введение вместо сульфогруппы гидроксила не в то же место, а в соседнее. С точки зрения промежуточных стадий присоединения эти побочные явления м. б. объяснены присоединением элементов щелочи по месту той же двойной связи, но в обратном направлении, по схеме

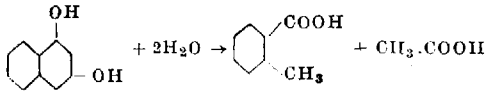


Кроме того ненормальное течение процесса наблюдается и в ряду антрахинона, когда одновременно с заменой сульфогруппы гидроксилом в молекуле в *о*-положение к первому гидроксилу становится второй. Во избежание этого плавление в антрахиноновом ряду (если подобное окисление нежелательно) ведут не с гидратами окисей щелочных металлов, а с гашеной известью. При щелочном плавлении нафталиновых производных особую роль играет подвижность сульфогруппы. Необходимо отметить, что подвижность сульфогруппы при щелочном плавлении не всегда соответствует подвижности сульфогруппы при ее кислотном гидролизе. При последнем в полном согласии с термодинамич. положениями наиболее подвижна та сульфогруппа, к-рая наиболее легко была введена в соединение. При щелочном плавлении мы имеем иные термохимич. условия, в результате к-рых легче всего уходит сульфогруппа, занимающая по отношению к другому заместителю незаконное место, т. е. такое, в к-рое сульфогруппа не могла бы вступить или вступает с большим трудом при не-

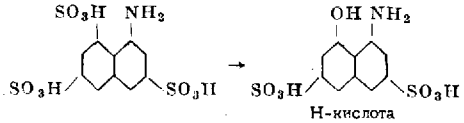
посредственном сульфировании. Лишь при прочих равных условиях сульфогруппа в α-положении более подвижна, чем сульфогруппа в β-положении и при щелочном плавлении. Иллюстрацией служат следующие примеры



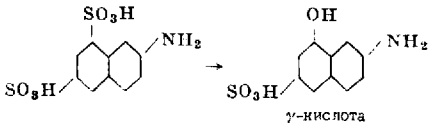
Особенностью является также то явление, что сплавление со щелочью *м*-дисульфокислот и *м*-оксисульфокислот нафталина приводит не к нафторезорцину, а к *о*-толуиловой к-те. Очевидно получающийся при этом нафторезорцин под действием щелочи и высокой $t°$ разлагается по схеме



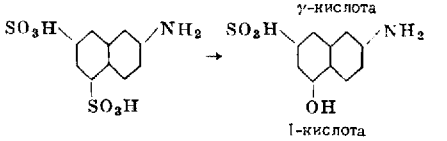
В технике по этим реакциям получают фенол, β-нафтол, аминонафтолсульфокислоты H-, γ- и I-кислоты, оксиантрахиноны и ряд других ценных продуктов, напр.



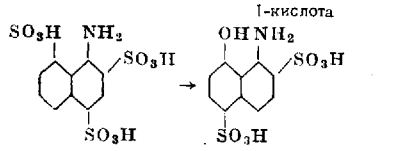
H-кислота



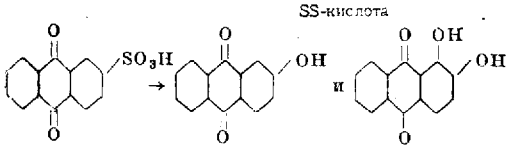
γ-кислота



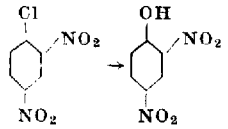
I-кислота



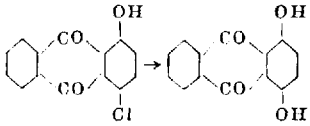
SS-кислота



Реакция (II) называемая иначе о м ы л е н и е м г а л о и д о п р о и з в о д н ы х, имеет преимущественное значение в бензольном ряду и идет наиболее легко при наличии отрицательных групп в *п*- и *о*-положениях. В этих условиях ароматически связанный хлор приобретает подвижность, равноценную подвижности алифатич. хлора. Омыление ведут путем нагревания с разбавленными растворами щелочей. По этой реакции получают напр. динитрофенол из динитрохлорбензола



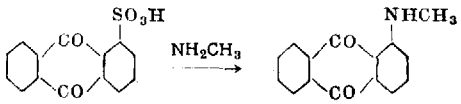
и хинизарин из продукта конденсации фталевого ангидрида с *п*-хлорфенолом



Употребление вместо щелочи алкоголятов или фенолятов приводит к алкильным или арильным производным фенолов (реакции алкоксилирования и ароксилирования), напр.

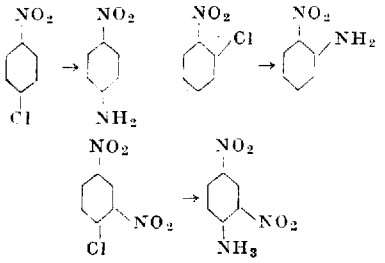
$C_6H_5 \cdot OCH_3$; $C_6H_5 \cdot OC_2H_5$; $C_6H_5 \cdot O \cdot C_6H_5$.

По ур-иям (III) и (IV) в ароматич. ядро вводится амино- или алкаминогруппа. Чаще однако ароматич. первичные амины получают восстановлением нитро- и нитрозосоединений. Замена сульфогруппы или галоида свободной или замещенной аминогруппой применяется лишь в тех случаях, когда соответствующий амин не может быть получен восстановлением нитросоединения из-за трудности введения нитрогруппы в необходимое место. В частности нитрогруппа не может быть введена в β-положение нафталиновой и антрахиноновой молекулы, и соответствующие амины получают либо по вышеприведенному методу либо превращением оксипроизводных. Кроме того метод прямого аминирования применяется в тех случаях, когда выгоднее ввести замещенную амидную группу одной операцией, например монометил-α-аминоантрахинон наиболее удобно получать по данному методу через сульфокислоту (алкаминированием)

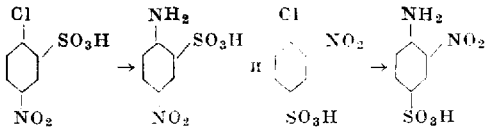


В то же время β-аминоантрахинон и его производные м. б. получены исключительно аминированием β-сульфокислоты антрахинона, так как β-нитроантрахинон не может получаться непосредственным нитрованием антрахинона. Технически реакция аминирования проводится нагреванием сульфокислот и ароматич. галоидопроизводных с амидом натрия $NaNH_2$ или, еще чаще, с аммиаком и замещенными аминами. В виду необходимости высоких $t°$ и летучести аминов реакция при употреблении последних проводится в автоклавах под высоким давлением. Из аминов употребляются аммиак, метиламин, этиламин, диметиламин, диэтиламин, анилин и гомологи последнего. Сказанное выше (при гидроксилировании) о подвижности сульфогруппы и галоида находит подтверждение и при реакции введения амидных групп; так, сульфогруппы в α-положении нафталина и антрахинона могут замещаться аминогруппой при более низкой $t°$, чем соответствующие сульфогруппы в β-положении; точно так же и хлор является более подвижным при наличии в той же молекуле в *о*- и *п*-положениях отрицательных групп. Наибольшее

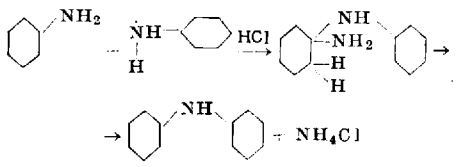
значение эта реакция имеет в бензольном и антрахиноновом рядах; в нафталиновом же ряду преимущественное значение имеет реакция замещения гидроксила аминогруппой. В ряду бензола наиболее применимы реакции превращения галоидопроизводных в амины; напр. нитрохлорбензолы легко превращаются при действии аммиака под давлением в нитроанилины по схемам



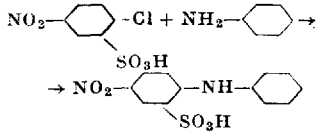
Этот метод получения нитроанилинов является конкурентом обычного метода получения их нитрованием защищенного анилина. Аналогично получаются и нитросульфокислоты аминов по схеме

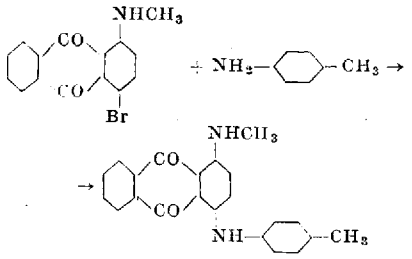


При действии на подвижные сульфогруппу или хлор ароматич. аминов происходит т. н. **ариминирование**, т. е. введение ариламидных остатков: анилина, толуидинов, α- и β-нафтиламина, аминоантрахинонов и т. п. Высокая $t°_{кип.}$ этих аминов позволяет, при достаточной подвижности сульфогрупп или хлора, вести эту реакцию без давления. Иногда реакция ведется и с самими аминами по схеме (для дифениламина)



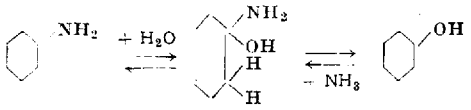
но при этом вследствие значительно меньшей подвижности амидной группы в бензоле приходится вести реакцию в автоклаве под большим давлением. Наиболее легко идет замена хлора ариламидной группой, напр.



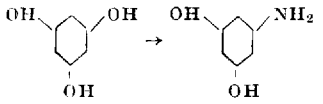


Обычно в антрахиноновом ряду, в особенности при введении остатков аминоантрахинона (получение антримидов), требуются катализаторы, напр. мелко раздробленная медь или соли закиси меди (по Ульману).

В нафталиновом ряду ариминирование находит применение по отношению к нафтолам, как и вообще введение любой амидной группы по ур-ию VI. Ур-ия (V) и (VI) м. б. объединены в обратимую реакцию по схеме

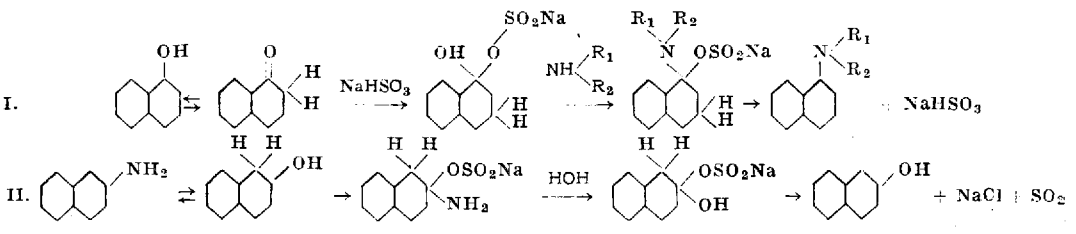


Эта реакция имеет преимущественное значение в нафталиновом ряду. Иногда она применяется и в ряду бензола, гл. обр. для аминирования фенолов, в присутствии $CaCl_2$ или $ZnCl_2$. Таким путем флороглюцин м. б. легко переведен в аминорезорцин

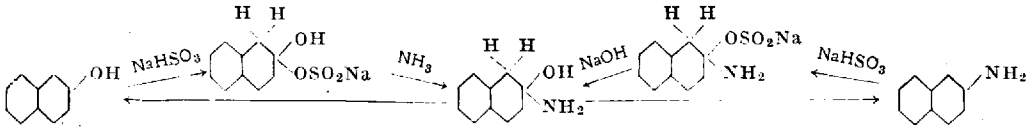


Менее сложные фенолы аминируются труднее и с худшими результатами. Превращение аминогруппы в гидроксил в бензольном ряду чаще осуществляется через диазогруппу (см. *Диазосоединения*).

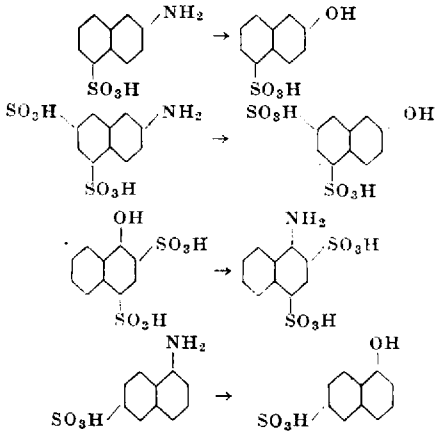
Как указано выше, аминирование нафталиновых производных чаще всего проводят, исходя из оксипроизводных нафталина; обратный процесс гидроксилирования первичных аминов нафталинового ряда также находит широкое применение. Эти взаимно противоположные реакции проходят особенно легко с помощью найденного Бухерером сульфитного метода, состоящего в предварительной обработке аминов или нафтолов солями сернистой к-ты. Механизм реакции по исследованиям Н. Н. Ворожцова состоит в предварительном присоединении к аминам или нафтолам (реагирующим в кето-форме) элементов сернистокислой соли. При этом наличие у одного кислородного атома двух остатков делает каждый из них более подвижным, вследствие чего его способность к обмену на другую группу, имеющуюся в избытке, возрастает. Эти реакции м. б. изображены следующими схемами



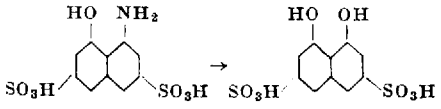
или в виде обратимого процесса по следующей схеме:



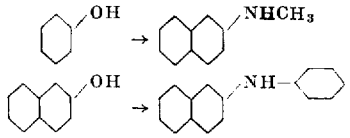
реакция применима и к α- и к β-производным нафталина; лишь находящаяся в м-положении сульфогруппа, равно как и сульфогруппа в о-положении к находящейся в α-положении реакционной группе, препятствует нормальному ходу процесса. Аминирование и гидроксилирование нафтолов и нафтиламинов м. б. проведены и без участия бисульфита, но при более высоких $t°$ и давлениях, что требует более сложного технич. оборудования; бисульфитная же реакция протекает при нормальном или слегка повышенном давлении и в нек-рых случаях ее можно вести даже в открытых сосудах или с обратным холодильником. Благодаря этой реакции мы имеем возможность получать целый ряд таких сульфокислот нафтолов и нафтиламинов, получение к-рых непосредственным сульфированием затруднительно или невозможно, например



В тех редких случаях, когда бисульфитная реакция не идет, возможно провести гидроксилирование аминов через диазосоединения. В отдельных случаях бывает достаточно одного нагревания амина с разбавленным раствором щелочи под давлением, напр.

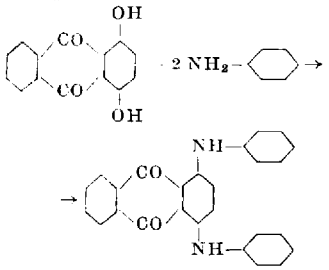


Если при бисульфитной реакции аминирования нафтолов употреблять вместо аммиака его производные, как метиламин, анилин и т. п., то легко получаются замещенные амины, напр.

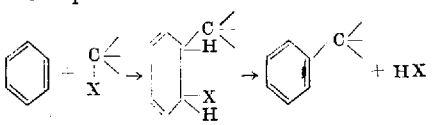


причем реакция идет значительно легче при более низкой $t°$ и с лучшими выходами, чем в отсутствии бисульфита.

В антрахиноновом ряду часто применяется замена гидроксила ариламидным остатком— непосредственным нагреванием смеси реагентов, напр.

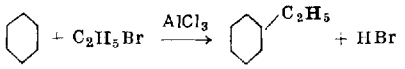


5) Реакция введения в ядро углеродсодержащей группы протекает по вероятной схеме

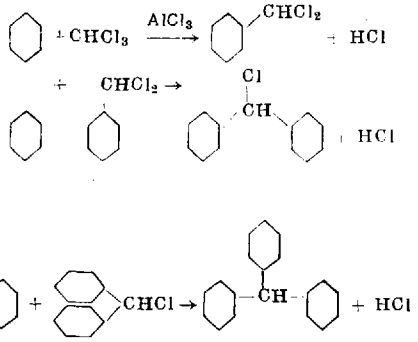


В зависимости от характера остатка X реакция проводится либо в присутствии водоотнимающих средств и сопровождается выделением воды из промежуточного продукта присоединения либо в присутствии кислотосвязывающих средств и сопровождается выделением из промежуточного соединения элементов к-ты, чаще всего галоидоводородной. Иногда для удаления последней из сферы реакции достаточно одного нагревания при условии, что реакция проходит в абсолютно безводной среде. Окси- и аминопроизводные обладают и при этих реакциях значительной активностью двойной связи и достаточной подвижностью водородного атома, вследствие чего введение углеродсодержащей группы в их ядро протекает в большинстве случаев при более мягких условиях, невысокой $t°$ и, чаще всего, в отсутствии катализаторов. Не исключена возможность, что при этом в первую очередь идет образование нестойких продуктов конденсации за счет боковой окси- или аминогруппы, немедленно в тех же условиях перегруппировывающихся в соединения, содержащие углеродную группу в ядре. Но в виду того, что аналогичные реакции идут и с незамещенными углеводородами, приводя к аналогичным продуктам и протекая лишь в более жестких условиях, будет целесообразно рассматривать все эти реакции как непосредственное введение углеродсодержащей группы в ядро. При отсутствии активирующих окси- или аминогрупп, т. е. в незамещенных углеводородах реакцию проводят с помощью катализаторов, роль к-рых еще не вполне ясна; для этого применяется чаще всего безводный $AlCl_3$, реже $AlBr_3$ и $FeCl_3$; иногда применяют также медь или ее соли. В зависимости от характера углеродсодержащей группы можно получать соединения различных функций: в ядро соединения м. б. введены алкильные и арильные остатки,

различные галоидалкильные группы, карбинольная, карбонильная, карбоксильная и т. п. Иногда здесь возможны вторичные реакции, приводящие к иным, часто более сложным продуктам. В качестве реагирующих с циклич. соединениями веществ применяют галоидгидрины, спирты, альдегиды, кетоны, ароматич. галоидопроизводные и галоидангидриды кислот. В качестве галоидгидринов применяются моно- и полигалоидопроизводные, причем в зависимости от условий реакции в результате побочных ее направлений могут получаться производные с различными функциями. При действии на ароматич. углеводороды галоидалкилов в присутствии $AlCl_3$ получаются по реакции Фриделя и Крафтса ароматич. углеводороды с боковой алкильной группой; напр. этилбензол м. б. получен по схеме

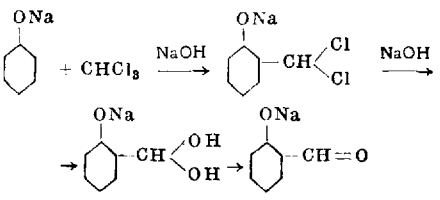


Применение полигалоидгидринов может при аналогичной реакции в присутствии $AlCl_3$ привести к последовательному усложнению продукта реакции; напр. взаимодействие хлороформа $CHCl_3$ с бензолом при наличии избытка последнего приводит последовательно, через ряд реакций конденсаций, к трифенилметану по схеме

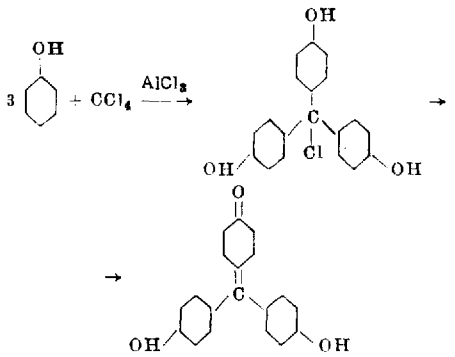


Трифенилметан м. б. получен и минуя первую фазу, исходя из заранее приготовленного хлористого бензилидена $C_6H_5 \cdot CHCl_2$, конденсацией его с бензолом в тех же условиях.

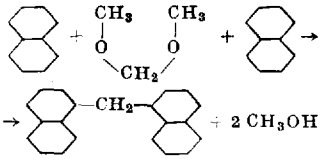
Конденсация того же хлороформа с фенолом протекает при более мягких условиях: для этого достаточно нагреть хлороформ с водным раствором фенолята в присутствии нек-рого избытка щелочи, играющего роль кислотосвязующего средства. При этом в первой фазе получается аналогично предыдущему оксипроизводное хлористого бензилидена, к-рое в водношелочном растворе скорее омыляет атомы хлора боковой метильной группы, чем вступает в дальнейшую конденсацию с фенолом. Вследствие этого в результате реакции получается не триокситрифенилметан, а салициловый альдегид по схеме



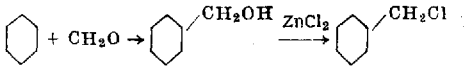
Оксипроизводные трифенилметана получаются при конденсации фенолов с галоидгидринами не в водношелочной среде, а в безводной среде в присутствии $AlCl_3$, $FeCl_3$ или $ZnCl_2$. Так напр., в результате трех последовательных конденсаций четыреххлористого углерода с 3 молекулами фенола получается при выделении четырех молекул HCl розоловая к-та по схеме



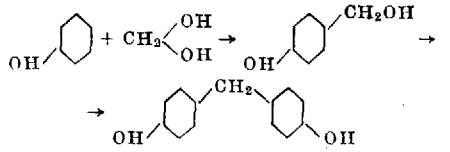
Аналогично галоидгидринам могут реагировать с ароматич. соединениями и кислородные производные; из них доминирующую роль играют альдегиды. Для конденсации последних с углеводородами необходима достаточная подвижность водородных атомов в углеводородах. Альдегиды при этом реагируют вероятно в ацетальной форме, т. к. реакция идет лучше не с самими альдегидами, а с эфирами соответствующих им ацеталей. Так, нафталин с метилалем $CH_2(OCH_3)_2$ дает после двух последовательных конденсаций динафтилметан, вероятнее всего α, α-динафтилметан по схеме



В присутствии $ZnCl_2$ возможно и иное направление реакции, когда первый продукт конденсации, первичный спирт, под действием $ZnCl_2$ переходит в соответствующий галоидгидрин. Так, из бензола и формальдегида м. б. получен хлористый бензил по схеме



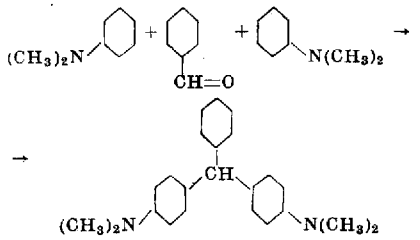
С фенолами и аминами конденсация альдегидов идет значительно легче. При этом в зависимости от условий реакции могут получаться продукты большей или меньшей сложности. При конденсации фенола с водным раствором формальдегида получается в первую очередь *n*-оксибензиловый спирт, переходящий при избытке фенола и более жестких условиях в диоксидифенилметан



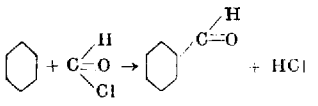
Специфические условия конденсации приводят к более сложным, нерастворимым продуктам конденсации, называемым *бакелита-*

ми (см.) и применяемым в качестве искусственных смол.

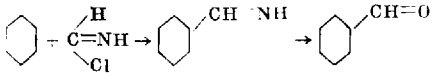
Аналогично и амины легко конденсируются с альдегидами, причем первичные амины дают при этом азометины (см. ниже). Третичные амины аналогично фенолам вводят углеродсодержащую группу в ядро, давая ди- и трифенилметановые производные. Так, диметиланилин с бензальдегидом дает после двух последовательных конденсаций тетраметилдиаминотрифенилметан



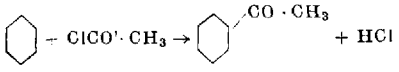
Конденсация ароматич. соединений с карбоновыми к-тами или их галоидангидридами приводит к различным, в зависимости от взятой к-ты, карбонильным производным, в частности к альдегидам и кетонам. Иногда нестойкие галоидангидриды к-т, напр. хлорангидрид муравьиной к-ты, реагируют in statu nascendi. Так, из бензола и газообразной смеси CO и HCl, к-рая в присутствии $AlBr_3$ реагирует подобно хлористому формилу HCOCl (в свободном состоянии неизвестному), получают с достаточными выходами бензальдегид по схеме



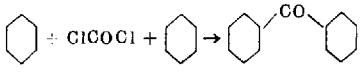
CO в этой реакции м. б. заменена синильной к-той, реагирующей в изоформе и дающей имид альдегида, переходящий в тех же условиях в альдегид



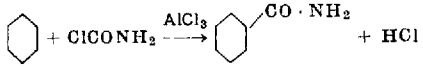
Если вместо производных муравьиной к-ты в реакцию введены производные уксусной или более сложных к-т, то в результате реакции получаются не альдегиды, а соответствующие кетоны. Так, из бензола и хлористого ацетила получается в присутствии $AlCl_3$ ацетофенон



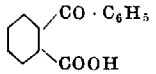
Соответственно из фосгена (дихлорангидрида угольной к-ты) и бензола в присутствии хлористого алюминия получается путем двух последовательных конденсаций бензофенон



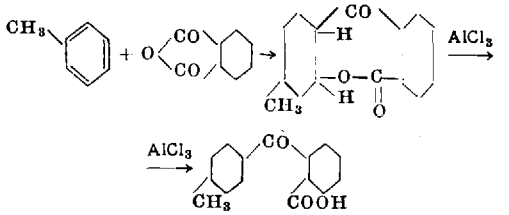
При замене фосгена в этой реакции его моноамидом получается в результате одной конденсации бензамид



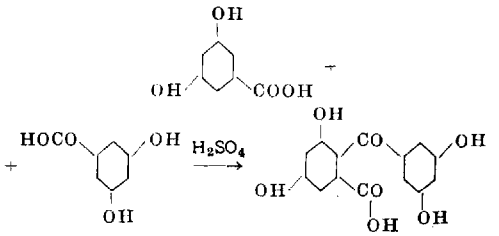
Наибольшее значение имеет конденсация углеводородов с ароматич. карбоновыми кислотами, приводящая к производным бензоилбензойной к-ты



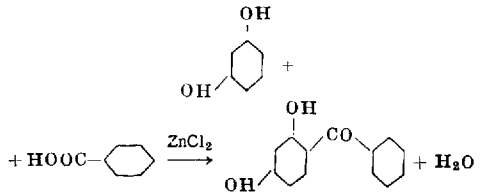
Последние путем замыкания цикла переводятся в производные антрахинона, благодаря чему можно получить целый ряд производных антрахинона, равно как и сам антрахинон, синтетич. путем. Наиболее употребителен метод конденсации углеводородов (бензол, толуол, нафталин и т. п.) с фталевым ангидридом по схеме (для толуола)



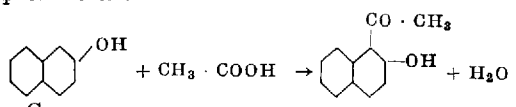
Иначе производные бензоилбензойной к-ты м. б. получены при конденсации производных 2 молекул монокарбоновой к-ты, напр. резорцинкарбоновой к-ты по схеме



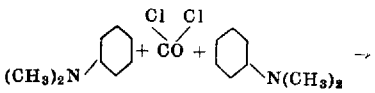
С фенолами конденсация карбоновых к-т и их галоидангидридов идет значительно легче: иногда даже отпадает необходимость применения более реакциеспособных галоидангидридов кислот. Так, фенолы дают легко при действии карбоновых к-т и $ZnCl_2$ оксипроизводные кетонов. Напр. резорцин при этих условиях дает резацетофенон и резобензофенон по схеме (для последнего)

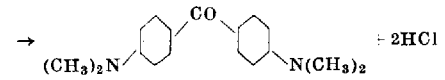


Аналогично β-нафтол дает α-ацето-β-нафтол по схеме



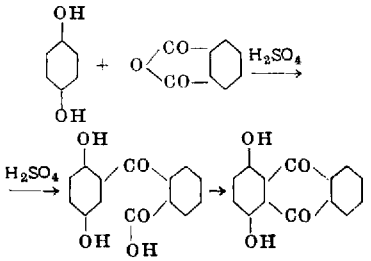
С галоидангидридами кислот реакция идет в высшей степени легко. Так, диметиланилин, реагируя последовательно в две стадии двумя молекулами, с одной молекулой фосгена дает в конечном итоге т. н. кетон Михлера—тетраметил-*п*-диаминодифенилкетон, ценный П. п. для синтеза ряда основных красителей



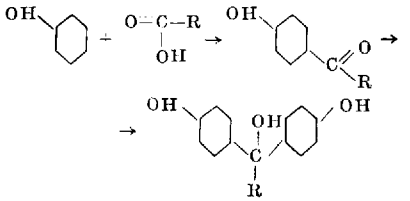


Эта реакция протекает при пропускании фосгена через диметиланилин, причем избыток последнего играет роль кислотосвязывающего средства.

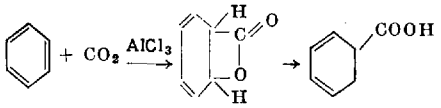
Точно так же при получении производных бензоилбензойной к-ты наличие гидроксильных групп в исходном продукте облегчает течение конденсации с фталевым ангидридом и позволяет вести реакцию без катализатора, лишь в присутствии серной к-ты. Применяемая при этом борная к-та преимущественно этерифицирует гидроксильные группы. При этой конденсации сразу получают производные антрахинона. Так, гидрохинон с фталевым ангидридом дает при такой конденсации 1,4-диоксиантрахинон (хинизарин)



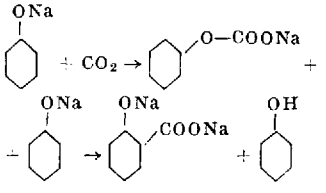
Другие карбоновые к-ты, реагируя с фенолами в присутствии $ZnCl_2$, дают иные продукты конденсации по схеме



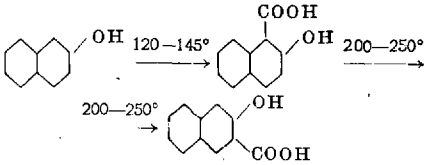
Эти продукты представляют уже не П. п., а основания метиленхинонных красителей (см. *Красящие вещества* синтетические). И сама угольная к-та также может служить для введения углеродсодержащей группы в ядро соединения. Так, при пропускании CO_2 через бензол в присутствии $AlCl_3$ получается нек-рое количество бензойной к-ты:



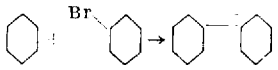
С фенолами эта реакция идет в высшей степени легко. Так, по синтезу Кольбе получается в результате перегруппировки эфира салициловая к-та по схеме



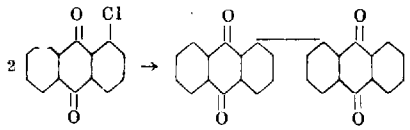
Аналогично β-нафтол при той же конденсации дает две оксикарбоновые к-ты, из которых первая получается при 120—145° и переходит при повышении $t°$ в более стойкую 2,3-нафтолкарбоновую к-ту



Аналогично предыдущему в ядро соединения м. б. введен и ароматич. остаток. Напр. при взаимодействии бензола и бромбензола в присутствии $AlCl_3$ м. б. получен дифенил



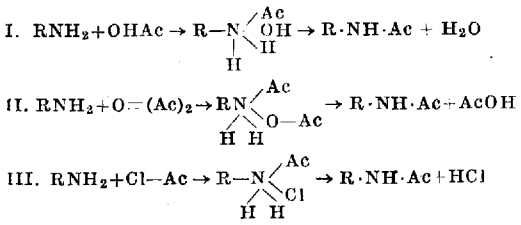
Аналогичные диарилы м. б. получены при конденсации двух молекул галоидопроизводных в присутствии Zn или Cu. Так например, при действии мелко раздробленной меди на α-хлорантрахинон получается 1, 1-диантрахинонил



Б. Реакции, обусловленные свойствами боковой цепи соединения. В подавляющем большинстве эти реакции возможны как для алифатических, так и для ароматич. соединений, и для проведения их достаточно лишь наличия активных групп. В ароматич. ряду эти реакции часто облегчаются благодаря влиянию ароматич. ядра, но иногда наличие последнего вызывает и побочные реакции вторичного порядка. Как общее правило можно отметить, что в результате реакций этого класса органоген, связанный с ядром соединения в исходном П. п., остается в той же связи и после реакции конденсации, к-рая имеет место лишь в боковой ветви соединения. Среди реакций этого типа наибольшее применение имеют следующие: 1) введение ацильного остатка в аминогруппу или в гидроксил; 2) введение алкильного остатка в аминогруппу, гидроксил или метильную группу; 3) введение гидроксила или аминогруппы в метильную группу; 4) введение метиленового ($=CH_2$) или имидного ($=NH$) остатков в амино-, метил-, нитрозо- и альдегидную группы.

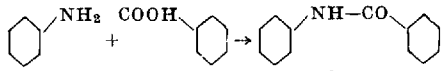
1) Реакция ацилирования (введения остатка к-ты) имеет либо самостоятельное значение либо применяется в качестве временной меры защиты П. п. при нек-рых операциях. Так, при нитровании аминов, для защиты их от окисления за счет азотной к-ты вследствие реакциеспособности аминогруппы, последнюю ацилируют, вследствие чего амин становится более стойким. По окончании нитрования и выделения нитропродукта аминогруппа м. б. освобождена от защищавшей ее ацильной группы реакцией дезацилирования или омыления, в результате чего получаются нитроариламины. Точно так же при окислении аминопроизводных гомологов бензола в соответствующие аминокарбоновые к-ты амидная группа защищается ацилированием от действия окислителя. В качестве ацилирующих агентов применяют кислоты, их ангидриды и га-

лоидангидриды, вероятно дающие промежуточные продукты присоединения. Реакция ацилирования протекает по след. схемам

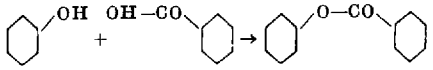


где Ac—ацильный остаток. По схеме (I) ацилирование идет с выделением воды, которая связывается избытком ацилирующей к-ты или удаляется из сферы реакции нагреванием. По схеме (II) ацилирование идет весьма легко, т. к. в процессе реакции получается не вода, а безводная к-та, к-рая в свою очередь обладает ацилирующими свойствами. Для более спокойного течения процесса в этом случае иногда рекомендуется вести реакцию в среде инертного растворителя, как бензол, толуол или ксилол. По схеме (III) реакция сопровождается выделением галоидоводородной к-ты, для связывания к-рой можно применять безводную натриевую соль той к-ты, хлорангидрид к-рой взят для ацилирования. Иногда одновременно кислотосвязывающим средством и растворителем служит пиридин или другое органич. основание.

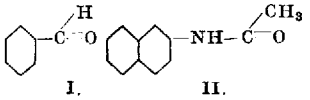
Ацилирование аминов можно рассматривать так же как амидирование кислот. Так, бензоилирование анилина является в то же время фениламидированием бензойной к-ты



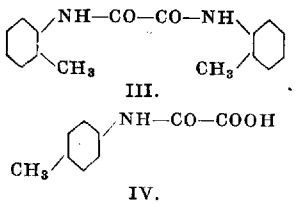
Ацилирование же фенолов м. б. трактовано как получение сложных эфиров третичного спирта (фенола) и кислоты. Так, соответствующий бензоиланилину бензоилфенол является фенильным эфиром бензойной к-ты



В качестве ацилирующих к-т в технике применяются карбоновые к-ты (угольная, муравьиная, уксусная, щавелевая, различные ароматич. к-ты) и минеральные к-ты, напр. серная. Иногда применяют ароматич. сульфокислоты, преимущественно в виде их хлорангидридов. Продукты ацилирования называются а р и л и д а м и с соответственным латинским названием кислоты, играющей роль ацилирующего средства. Так, производные муравьиной к-ты называются ф о р м а р и л и д а м и, производные уксусной кислоты—а ц е т а р и л и д а м и, производные щавелевой к-ты—о к с а л а р и л и д а м и. При действии двуосновных к-т, как щавелевая к-та, возможны д и а р и л и д ы и м о н о а р и л и д ы, называемые а р и л о к с а м и н о в ы м и к-тами. В зависимости от взятого амина название «арилид» заменяют корнем названия исходного амина, напр.



I. II.

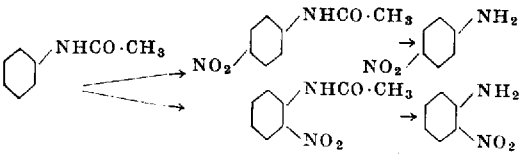


III.

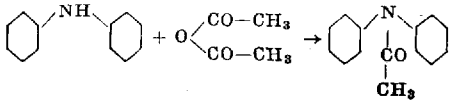
IV.

соответствуют нижеследующим названиям: I—ф о р м а н и л и д, II—а ц е т-β-н а ф т а л и д, III—о к с а л-о-т о л у и д, IV—*n*-т о л и л о к с а м и н о в а я к и с л о т а. Обычно простейшие арилиды получаются при нагревании исходного амина с соответствующей к-той, причем характер к-ты играет роль при дальнейших реакциях анилида.

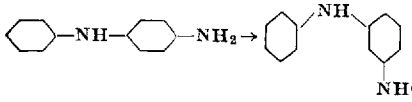
Из анилидов в технике особенно важен а ц е т а н и л и д, получаемый нагреванием анилина с уксусной к-той, лучше всего в алюминиевых ацетиляторах. Для этой операции нет необходимости брать ледяную уксусную к-ту, т. к. реакция идет с 80%-ной к-той, но в процессе реакции приходится отгонять выделяющуюся при реакции воду вместе с частью к-ты, получая в отгоне в среднем 30%-ную к-ту. Все же выход анилида стоит в связи с концентрацией ацилирующей к-ты. В производстве П. п. ацетанилид является промежуточной стадией при получении нитроанилинов по общей схеме



Значительно труднее ацилируются вторичные ароматич. амины. Так, дифениламин ацилируется лишь при действии уксусного ангидрида



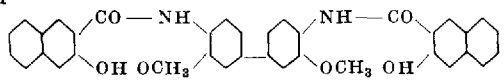
При действии уксусного ангидрида на аминодифениламин ацилируется в 1-ю очередь его первичная аминогруппа



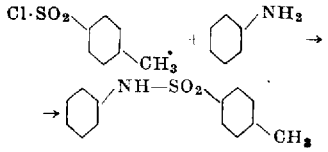
причем эта реакция идет лучше всего в инертном растворителе (бензол). В качестве ацилирующих агентов применяются также ароматич. карбоновые к-ты—бензойная, салициловая, нафтойная и оксинафтойная.

Наибольшее технич. значение имеют арилиды 2-нафтол-3-карбоновой к-ты, или β-оксинафтойной к-ты, являющиеся ценными П. п. для получения на волокне ледяных азокрасителей и выпускаемые в продажу под названием нафтолов AS (см. *Нафтолы*). Простейший из них—анилид β-оксинафтойной к-ты—получается при обработке анилина нафтолкарбоновой к-той в присутствии PCl_3 и нейтрального растворителя (толуола)

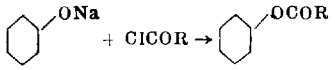
Более сложным представителем является нафтол AS марки BR—дианизидид β-оксинафтойной к-ты



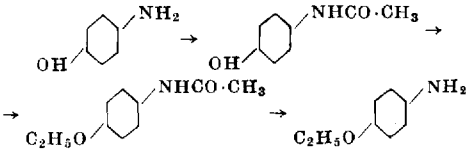
При действии на амины серной к-ты, а также ее хлорангидрида и хлорангидридов ароматич. сульфокислот получаются либо сульфаминовые к-ты либо арилсульфоариламиды. Сульфаминовые к-ты являются иногда промежуточными стадиями при сульфировании аминов. Из хлорангидридов ароматич. сульфокислот наиболее применим *n*-толуолсульфохлорид (отброс сахаринового производства), дающий, напр. с анилином, *n*-толуолсульфофениламид



Фенолы ацилируются значительно труднее аминов. Лучшие результаты получаются при действии на фенол галоидангидрида к-ты в присутствии кислотосвязывающего средства, как пиридин и т. п., или при действии того же галоидангидрида на фенолят натрия

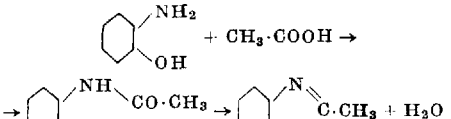


В виду этого при ацилировании аминофенолов в обычных условиях мы имеем возможность проацилировать лишь аминогруппу, не затрагивая оксигруппы, к-рая может в дальнейшем подвергаться любым операциям, в к-рых наличие свободной аминогруппы препятствовало бы желательному течению процесса. Так, при получении алкилированного в оксигруппе *n*-аминофенола возможно заранее защитить аминогруппу ацилированием, удалив по окончании реакции ацильную группу омылением

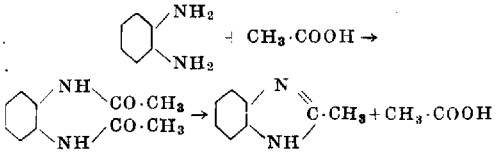


Ацилирование *o*-аминофенолов и *o*-диаминов обычно не приводит к истинным продуктам ацилирования, так как последние, легко выделяя элементы воды или кислоты, замыкаются в циклы типа оксазола или имидазола по следующим схемам

I.



II.



Ациларилиды и ацилированные фенолы являются довольно стойкими веществами и лишь при длительном нагревании с разбавленными щелочами и разбавленными к-тами дезацилируются или омыляются, переходя в соответствующие амины и фенолы по схемам

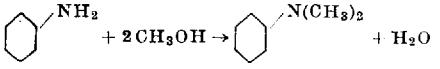
$$R\cdot NH\cdot COR_1 + H_2O \rightarrow R\cdot NH_2 + R_1COOH,$$
$$R\cdot O\cdot COR_1 + H_2O \rightarrow R\cdot OH + R_1COOH.$$

2) Реакция алкилирования, т. е. введения алкильного остатка, идет по общим правилам, установленным Гофманом и для жирных аминов, и имеет в ароматич. ряду при производстве П. п. весьма большое значение, т. к. алкилированные амины и фенолы обладают иными свойствами, чем неалкилированные исходные продукты; кроме того красящие вещества, получаемые из алкилированных аминов, обладают более ценными качествами и более глубоким цветом, чем аналогичные красители из неалкилированных аминов. Алкильная группа м. б. введена в тиофенолы, амины, фенолы и—каталитически—в углеводороды с боковой метильной группой. Наиболее легко алкилируется SH-, затем NH_2- и наиболее трудно OH-группа; CH_3-группа вовсе не алкилируется при обычных условиях. Вероятнее всего легкость алкилирования зависит от силы остаточного сродства органогена и подвижности водородных атомов при нем. При этом вероятны промежуточные продукты присоединения. Общая схема алкилирования следующая

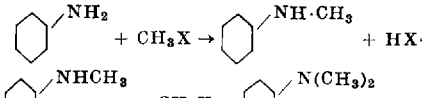
$$RSH + CH_3X \rightarrow RSCH_3 + XH$$
$$RNH_2 + CH_3X \rightarrow RNHCH_3 + XH$$
$$ROH + CH_3X \rightarrow R\cdot O\cdot CH_3 + XH$$
$$RCH_3 + CH_3X \rightarrow RCH_2\cdot CH_3 + XH$$

Алкилирующими средствами являются спирты, галоидопроизводные и алкильные эфиры серной к-ты (диалкилсульфаты и алкилсерные к-ты), а также соответствующие производные ароматических сульфокислот, например *n*-толуолсульфокислота, причем наиболее сильным алкилирующим средством является диалкилсульфат.

В технике наибольшее значение имеет алкилирование аминов, в частности анилина, проводимое при действии соответствующего спирта на анилин при высоких $t°$ и давлении в присутствии небольшого количества соляной или серной к-ты. При этом возможна промежуточная стадия образования галоидопроизводного или эфира серной к-ты, которые фактически и алкилируют. В результате процесса получается при избытке алкилирующего агента диалкиланилин, напр. диметиланилин по схеме



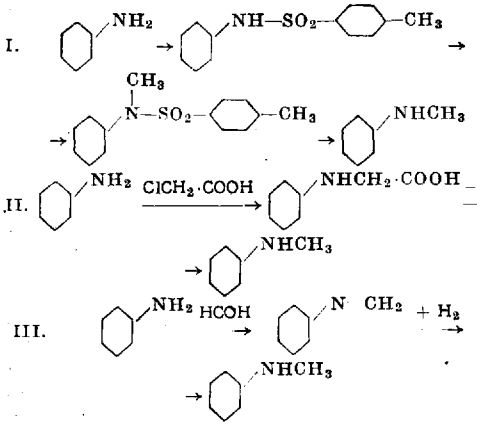
Реакция получения диметиланилина идет в две стадии, т. е. алкилирование протекает по ступеням по схеме



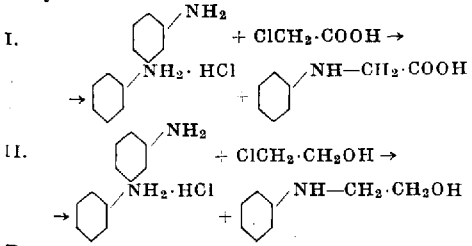
Скорость алкилирования в обеих фазах примерно одинакова. Поэтому при взаимодействии анилина с одной молекулой метилового спирта в результате алкилирования получается не исключительно монометиланилин,

а смесь его с анилином и диметиланилином, разделение к-рых довольно затруднительно.

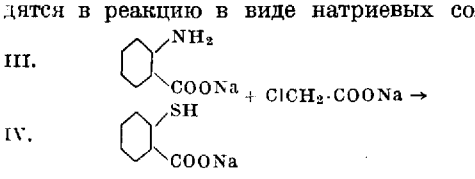
Аналогично идет алкилирование и в остальных случаях. Применение галоидалкилов не меняет общего хода процесса, но ускоряет и облегчает его течение. Ценные в качестве П. п. и для военных целей простейшие моноалкиланилины, получаемые при обычном алкилировании в смеси с первичными и третичными аминами, м. б. получены окольными путями. Для этого можно временно заменять один из водородных атомов аминогруппы ацильным остатком, к-рый по минование надобности убирается, либо получать моноалкиланилин элиминированием CO_2 из алкильного производного, содержащего в боковой углеродсодержащей цепи карбоксильную группу, либо получать моноалкиланилины восстановлением т. наз. азометинов, или шиффовых оснований

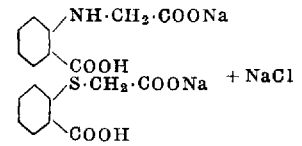


Кроме собственно алкильного остатка в аминогруппу м. б. введены и более сложные остатки, напр. $—CH_2·COOH$, $—CH_2—C_6H_5$ и т. п. Введением остатка уксусной к-ты получают производные гликоколя (глицина)—ценные продукты, служащие П. п. для синтеза индигоидных красителей. Так, при действии избытка анилина на монохлоруксусную к-ту (I) получаем фенилглицин (см. *Индиго*). Аналогично при конденсации анилина с хлоргидрином этиленгликоля (II) получается ω-оксэтиланилин

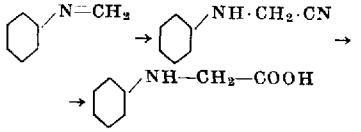


В аналогичную конденсацию вступает также и *о*-карбоновая к-та анилина—антраниловая кислота (III) и ее содержащий серу аналог—*о*-тиофенолкарбоновая к-та (IV), к-рые вводятся в реакцию в виде натриевых солей

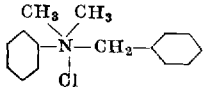




Соответствующие фенилглицины могут быть получены и из азометинов—присоединением элементов синильной к-ты и омылением получаемого нитрила по схеме

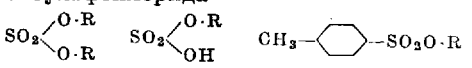


Арилалкильный, преимущественно бензильный остаток $—CH_2—C_6H_5$, вводится весьма легко при действии хлористого бензила $ClCH_2—C_6H_5$ или, еще легче, при обработке соединения *лейкотропом* (см.), представляющим хлористый диметилбензилфениламмоний строения



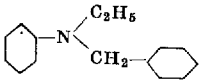
бензилирующий как бы in statu nascendi, причем бензилирование идет в щелочной среде при непрерывной отгонке острым паром выделяющегося при этом диметиланилина. При этом фенолы, более реакциеспособные в щелочной среде, бензилируются очень легко (легче аминов).

Весьма сильными алкилирующими средствами являются эфиры серной к-ты и ароматич. сульфокислот, применяемые гл. обр. при алкилировании фенолов, к-рые вообще алкилируются труднее, чем амины. Для этого служат главн. обр. алкилсульфаты (I), алкилсерные к-ты (II) и алкильные эфиры *п*-толуолсульфокислоты (III), получаемые из отброса сахаринового производства—*п*-толуолсульфохлорида

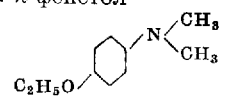


Применение алкилсульфатов позволяет вести реакцию алкилирования без давления, но при этом используется лишь половина алкильных остатков, т. к. алкилсульфаты переходят в алкилсерную к-ту, к-рая сама способна алкилировать лишь под давлением.

Сочетая различные методы алкилирования, возможно получать смешанные алкильные производные аминов и аминофенолов. Так, получив моноалкиланилин, можно ввести в него бензильную группу и получить ценные П. п., напр. этилбензиланилин

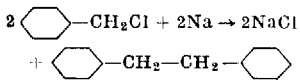


Соответственно можно получать смешанные алкильные производные аминофенолов, напр. диметиламин-*п*-фенетол

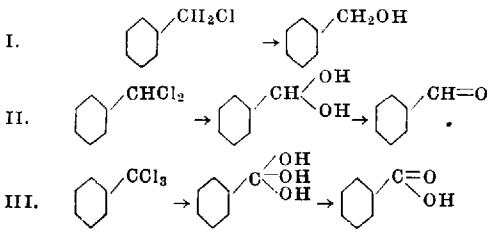


Наиболее трудно протекает алкилирование метильной группы в боковой цепи соеди-

нения; для этого требуются сильно действующие реагенты или катализаторы. Реакция вполне аналогична синтезу жирных углеводородов по Вюрцу, напр. дифенилэтан получается при действии цинка или натрия на две молекулы хлористого бензила

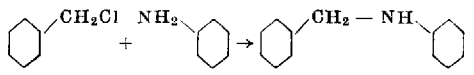


Следующий класс реакций, обусловленных характером боковой цепи, состоит в типично жирном омылении галоидопроизводных, содержащих галоид в боковой углеродсодержащей цепи; напр. при омылении хлористого бензила (I), хлористого бензилидена (II) и бензотрихлорида (III) получаются соответственно бензиловый спирт, бензальдегид и бензойная кислота

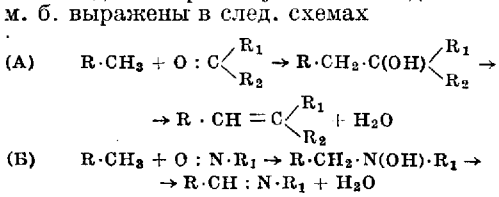


Эти реакции проходят довольно легко при действии щелочей и даже известкового молока. С этими способами получения ароматич. альдегидов и карбоновых к-т конкурирует способ окисления гомологов бензола (см. ниже, а также *Окисление*).

Наряду с заменой атома хлора гидроксильной группой возможна замена его и аминогруппой. Фактически реакция бензилирования анилина является в то же время и фениламинированием хлористого бензила по следующей схеме



3) Реакция введения в боковую цепь двувалентной свободной или замещенной метиленовой или имидной группы имеет весьма большое значение при производстве П. п. Эта реакция в большинстве случаев ведется в разбавленных растворах, сопровождается выделением воды, и для проведения ее необходимо наличие в двух реагирующих веществах реакциеспособных групп двух типов: одна из групп должна обладать двумя подвижными атомами водорода, другая же — подвижным атомом кислорода, связанным двойной связью с углеродом или с азотом. Такими группами являются: с одной стороны, метил (в особых условиях) или аминогруппа, а с другой,—карбонил (преимущественно в альдегидах) или нитрозогруппа. Вероятнее всего эти реакции протекают отнятием воды из промежуточного соединения и м. б. выражены в след. схемах



(А) $R\cdot CH_3 + O : C\langle^{R_1}_{R_2} \rightarrow R\cdot CH_2\cdot C(OH)\langle^{R_1}_{R_2} \rightarrow R\cdot CH = C\langle^{R_1}_{R_2} + H_2O$

(Б) $R\cdot CH_3 + O : N\cdot R_1 \rightarrow R\cdot CH_2\cdot N(OH)\cdot R_1 \rightarrow R\cdot CH : N\cdot R_1 + H_2O$

(В) $RNH_2 + O : C\langle^{R_1}_{R_2} \rightarrow RNH\cdot C(OH)\langle^{R_1}_{R_2} \rightarrow RN : C\langle^{R_1}_{R_2} + H_2O$

(Г) $RNH_2 + O : N\cdot R_1 \rightarrow RNH\cdot N(OH)\cdot R_1 \rightarrow RN : N\,R_1 + H_2O$

Радикалы R, R_1, R_2 могут принадлежать к жирному, ароматич. и гетероциклич. ряду; наибольшее значение имеют те соединения, в к-рых по крайней мере один из радикалов относится к ароматич. или гетероциклич. ряду. Обязательным условием для реакций (А) и (Б) является подвижность водородных атомов метильной группы, вызываемая специфич. свойствами соединения. Наиболее простые примеры конденсаций по типу (А), обусловленных подвижностью водородных атомов метильной группы, известны в ряду жирных соединений. Так, уксусный альдегид конденсируется с самим собой (I) в кротоновый альдегид, с ацетоном (II) в этилиденацетон и с нитрометаном (III) по схемам

I. $CH_3\cdot CHO + CH_3\,CHO \rightarrow CH_3\,CH(OH)\cdot CH_2\cdot CHO \rightarrow CH_3\,CH : CH\,CHO$

II. $CH_3\cdot CHO + CH_3\cdot CO\cdot CH_3 \rightarrow CH_3\,CH(OH)\cdot CH_2\cdot CO\cdot CH_3 \rightarrow CH_3\,CH : CH\cdot CO\cdot CH_3$

III. $CH_3\,CHO + CH_3NO_2 \rightarrow CH_3\,CH(OH)\cdot CH_2NO_2 \rightarrow CH_3\,CH : CHNO_2$

Во всех этих соединениях подвижность водородных атомов метильной группы вызывается соседством карбонила или нитрогруппы.

Эти соединения м. б. представлены и в энольной форме или в ациформе, так что подвижность водородных атомов в метильной группе объясняется возможным переходом водорода из метильной группы в соседнюю группу карбонила или в нитрогруппу по схемам

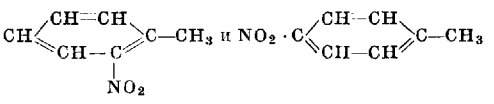
$$CH_3\cdot CO\cdot CH_3 \rightleftarrows CH_2 : C(OH)\cdot CH_3$$

$$CH_3NO_2 \rightleftarrows CH_2 : N\langle^{O}_{OH}$$

Можно в силу этого предположить, что водороды свободной или замещенной метильной группы будут достаточно подвижны и в других соединениях, где есть возможность подобной кетоэнольной изомеризации соединений или изомеризации в ациформу, а также и других реакций, где допускается переход водородных атомов из метильной или метиленовой группы в другие группы. Такие соединения д. б. вообще способны к конденсации с карбонильными производными. Они м. б. выведены из простейших, вышеприведенных групп $—CH_2\cdot CO—$ и $—CH_2\cdot NO_2$, если метильная (метиленовая) группа последних будет отделена от карбонильной (или нитрогруппы) сопрягающей цепью виниленовых групп по схемам

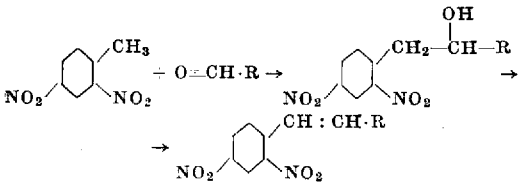
$$—CH_2\cdot(CH : CH)_x\cdot C\langle^{O} \quad \text{и} \quad —CH_2\cdot(CH : CH)_xNO_2$$

Подобную группировку мы встречаем в нитротолуолах с нитрогруппами в *о-* и *п-*положениях

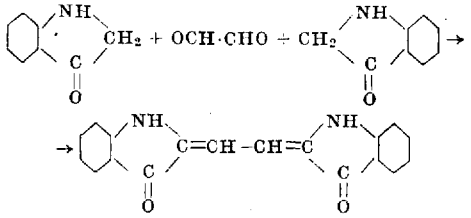


к-рые в силу этого обладают достаточной подвижностью водородных атомов метильной группы, возрастающей с увеличением числа

нитрогрупп. Так например, уже 2, 4-динитротолуол легко конденсируется с альдегидами по следующей схеме

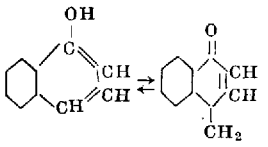


Подвижные водородные атомы имеются и в индоксиле и др. аналогичных соединениях, к-рые в кетоформе легко конденсируются с карбонилсодержащими соединениями, напр. с изатином (см. *Индиго*) или с глиоксалем, давая любопытный краситель

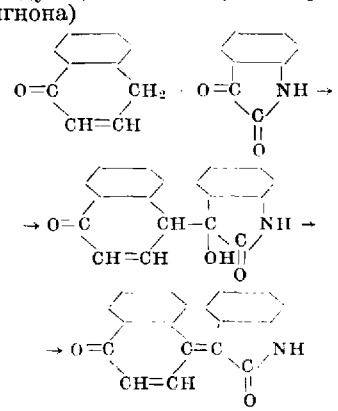


Подвижность атомов водорода в данном случае обусловлена близостью CO-группы, так как последняя создает возможность кето-энолтаутомерии.

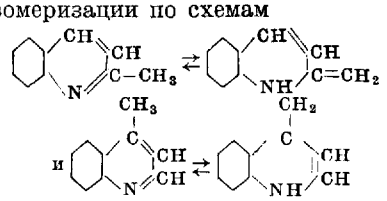
Подобная же таутомерия возможна и в β-нафтоле и в любом другом продукте соответствующего строения. Но и α-нафтол может, сопрягаясь через виниленовую группу, по схеме



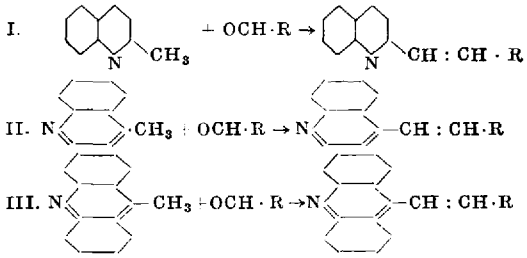
давать достаточную подвижность водородных атомов метиленовой группы в кетоформе, что позволяет проводить конденсацию с карбонилсодержащими соединениями по нижеследующей схеме (для простейшего индолигнона)



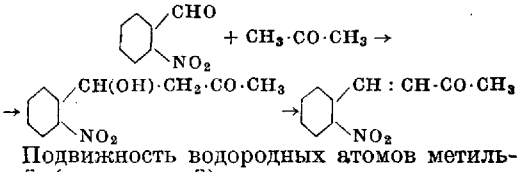
В ряду гетероциклич. соединений мы наблюдаем ту же подвижность водородных атомов метильной (метиленовой) группы, если по соседству с ней (или отделяясь через сопрягающую виниленовую группу) стоит гетероатом, преимущественно азот, способный отдавать свои валентности водороду метильной группы. Такую картину мы имеем в метилпиридине, а особенно в α- и γ-метилхинолинах. Так, хинальдин и лепидин способны к изомеризации по схемам



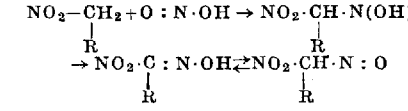
и обладают достаточной подвижностью водородных атомов метильной группы для конденсаций с альдегидами (I) и (II). Аналогично ведет себя и мезо-метилакридин (III), который является фенопроизводным лепидина. Все эти продукты (кроме, естественно, β-метилхинолина, неспособного к изомеризации) реагируют с альдегидами по следующим схемам (написаны упрощенно)



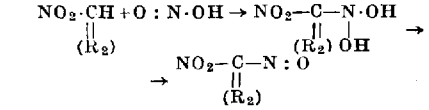
Все они могут реагировать с любыми альдегидами. Особенно ценные П. п. получаются, если и радикал, связанный с альдегидом, имеет ароматич. или гетероциклич. характер. Так, П. п. для синтеза *индиго* (см.) по Байеру и Дренсену получается при конденсации *о*-нитробензальдегида с ацетоном



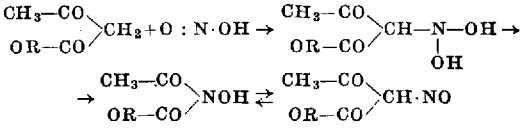
Подвижность водородных атомов метильной (метиленовой) группы позволяет конденсировать продукты, содержащие эти группы, также с соединениями, содержащими нитрогруппу —NO по ур-ию (Б). Наиболее простой тип таких конденсаций в жирном ряду—это конденсация первичных нитропарафинов с азотистой к-той в нитроловые к-ты



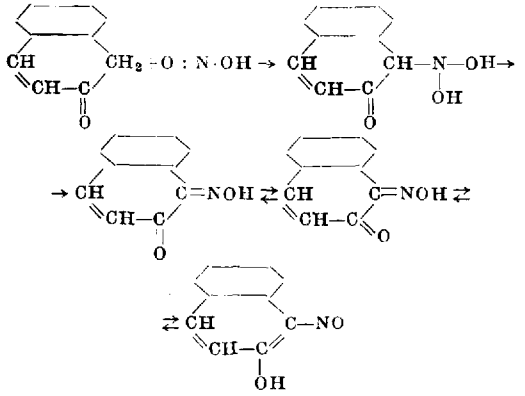
и вторичных нитропарафинов в псевдонитролы по схеме



Более сложный пример—конденсация ацетоуксусной к-ты (кетоэнолтаутомер) с азотистой к-той по схеме

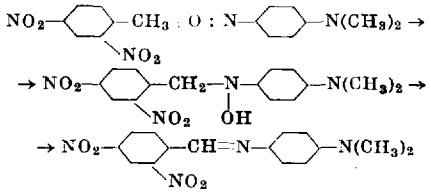


Соответственно и другие кетоэнолтаутомеры, как например фенол, нафтолы и т. п., могут давать с азотистой кислотой продукты конденсации — нитрозопродукты по схеме (для β-нафтола)

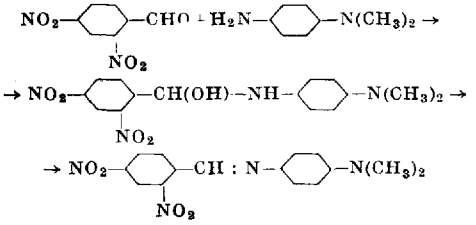


существующие в различных формах.

Соединения с подвижными водородными атомами метильной группы могут вступать в конденсацию и с другими соединениями, содержащими нитрозогруппу, в частности с ароматич. нитрозосоединениями, давая в результате конденсации азометины. Так напр., 2, 4-динитротолуол, обладающий, по вышесказанному, подвижными водородами метильной группы, дает с *n*-нитрозодиметиланилином продукт конденсации—азометин



Аналогичные азометины м. б. получены и по ур-ию (В) конденсацией соответствующих альдегидов с аминами. Так, вышенаписанный азометин м. б. получен при конденсации 2, 4-динитробензальдегида с *n*-аминодиметиланилином

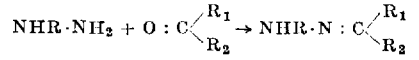


Амины вообще вступают в подобные конденсации легче, чем метильные производные, т. к. водороды аминогруппы более подвижны и не требуют наличия в молекуле других групп, способствующих их подвижности. В силу этого конденсация аминов, особенно ароматических, с альдегидами идет весьма легко и часто применяется при производстве П. п. Продукты этой конденсации—а з о м е т и н ы, или о с н о в а н и я Ш и ф ф а, получение и строение к-рых м. б. выражено схемой

$$Ar\cdot NH_2 + OCH\ R \rightleftarrows Ar\cdot N : CH\ R;$$

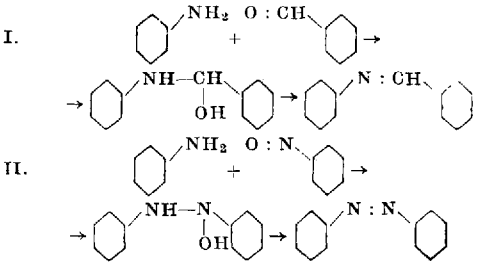
они отличаются небольшой стойкостью и расщепляются при действии к-т обратно на альдегид и амин. Эта нестойкость соединения способствует также и иным реакциям азометинов, в частности их восстановлению и присоединению элементов синильной к-ты (см. выше). Кроме того азометины способны к реакциям дальнейшего присоединения аминов и последующих перегруппировок в производные полифенилметанов.

Другой тип такой конденсации—конденсация гидразинов с кетонами по схеме



приводящая в случае дикетонов к пиразоловому циклу. Амины способны также вступать в аналогичные конденсации с соединениями, содержащими нитрозогруппу—NO; напр. при конденсации анилина с нитрозобензолом по ур-ию (Г) получается азобензол.

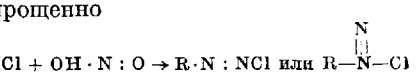
Образование азометина из анилина и бензальдегида



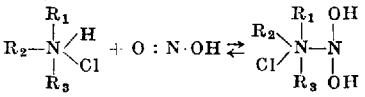
обнаруживает полную аналогию между этими процессами. Еще резче выступает аналогия между альдегидами и нитрозотелами, если сопоставить с этиленовыми производными альдоксимы и диазогидраты

$$R\cdot CH : CHOH, \quad R\cdot CH : NOH, \quad R\cdot N : NOH,$$

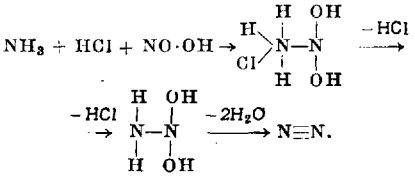
к-рые все способны к цис- и транс- (син- и анти-) изомерии. К данной группе реакций необходимо отнести также реакции, идущие по схеме (Г), конденсации аминов с азотистой к-той OH · NO, которые обыкновенно пишутся упрощенно



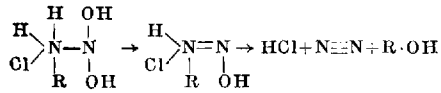
(см. *Диазосоединения*), но с точки зрения вышеизложенных положений должны трактоваться более сложно. Любой амин (жирный или ароматич., даже неорганический) реагирует с азотистой к-той, образуя нестойкий продукт присоединения



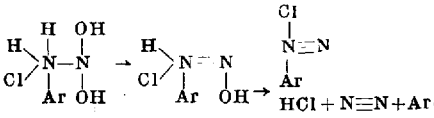
Если в этом промежуточном соединении хоть один из радикалов представляет водородный атом, то возможны выделение элементов воды и образование более прочной двойной связи между атомами азота и дальнейшие реакции, обусловленные свойствами амина. Для аммиака реакция эта м. б. представлена следующей схемой



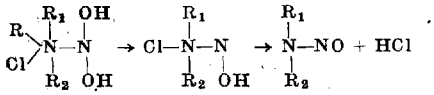
Первичные алкиламины вследствие непрочности связи алкильного остатка с основным азотом дают нестойкие промежуточные соединения, распадающиеся с образованием спирта по схеме



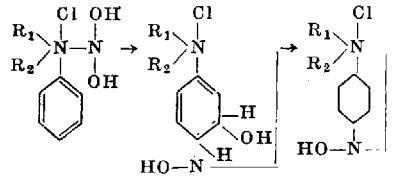
Первичные ариламины, в к-рых связь кислого арильного остатка (Ar) с основным азотом более прочна, дают более стойкие диазониевые соли, к-рые лишь при нагревании переходят (с элиминированием азота) в фенолы по схеме



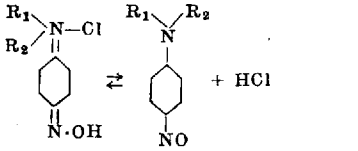
Вторичные амины, жирные, жирно-ароматические и ароматические, дают при выделении воды соли нитрозаминов, легко гидролизующиеся в нитрозамины



В третичных аминах невозможно выделение воды и они вообще не взаимодействуют с азотной к-той. Но если один из радикалов ароматический, то в нем весьма подвижны водородные атомы в *n*-положении и двойная связь ядра активна, в результате чего выделяется вода и образуется (в перекисной форме) соль хиноноксима, переходящая далее в нитрозопродукт



или в хиноидной форме

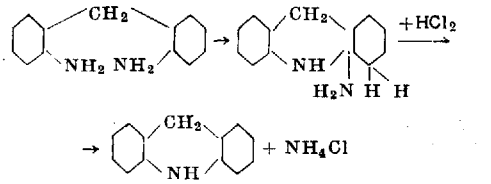


Проведение этих реакций в технике см. *Диазосоединения*.

В. Реакции внутримолекулярной конденсации. Этот класс реакций получения П. п. отличается от предыдущих тем, что конденсация идет внутри молекулы самого соединения, в к-ром уже имеются все необходимые группы. В результате конденсации может образоваться либо новая прочная связь между группами или между одной из реакциеспособных групп и ядром соединения, приводящая к образованию или, как говорят, замыканию нового цикла, либо непрочная связь какой-либо группы с двумя различными положениями, приводящая в результате к образованию более стойкого соединения, содержащего эту группу уже в ином положении,—т. е. к перегруппировке этой группы. Обычно реакциям замыкания цикла и перегруппировки, т. е. внутримолекулярной конденсации, предшествует одна из реакций предыдущих классов, в к-рых замыкающая цикл или перегруппировывающаяся группа вводится в соединение.

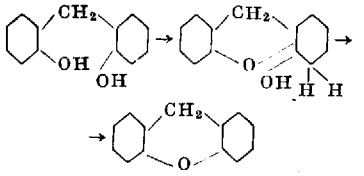
1) Реакция замыкания цикла—циклизация—фактически сводится к введению группы в ядро соединения или в его боковую цепь, причем вводимая группа уже заранее присутствует в молекуле, связанная с одним из положений данного соединения. Легкость замыкания цикла зависит от пространственных натяжений и взаимного пространственного расположения замыкающихся частей молекулы. Легче всего замыкаются пятичленные и шестичленные циклы, высокая прочность к-рых подтверждена теоретич. расчетами А. Байера. При замыкании цикла можно предположить, аналогично предыдущему, промежуточную стадию присоединения внутри самой молекулы, обусловленную этими пространственными натяжениями и активностью двойной связи соединения. Из этой промежуточной стадии при действии водоотнимающих, кислотосвязующих или щелочесвязующих веществ выделяются элементы воды, к-ты или аммиака. Ниже рассмотрены наиболее употребительные реакции циклизации.

Замыкание цикла дигидроакридина при действии кислоты (иногда под давлением) на производные ди-*о*-диаминодифенилметана

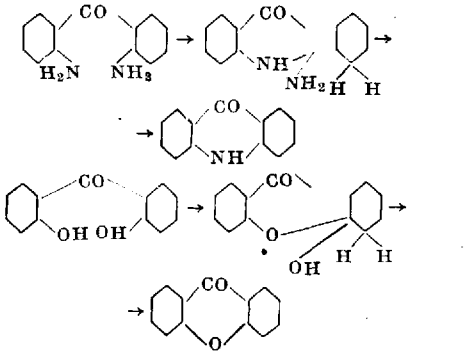


приводит к ценным П. п., переходящим в акридиновые красители.

Аналогично ди-*о*-диоксидифенилметановые производные при нагревании с серной к-той, или иногда при нагревании до $t°_{пл.}$, переходят в ценные П. п. для синтеза ксантеновых красителей, замыкая цикл ксантена по схеме

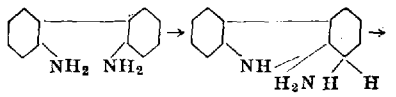


Соответственные диамино- и диоксипроизводные дифенилкетона замыкают цикл акридона и ксантона по схемам

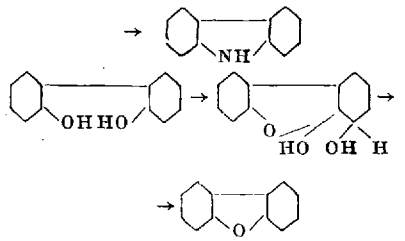


Точно так же ди-*о*-диаминопроизводные и диоксипроизводные дифенила замыкают циклы карбазола (дифениленимина I) и дифениленоксида по схемам (I) и (II)

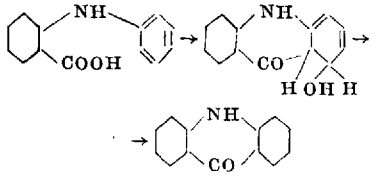
I.



II.

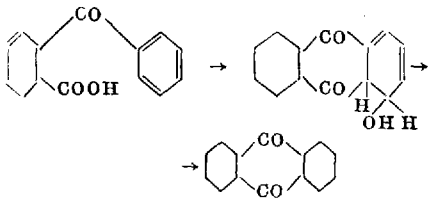


Весьма большое число реакций циклизации имеет место при наличии карбоксильной группы. Так например, акридон может быть получен при внутримолекулярной конденсации *о*-карбоновых кислот диариламинов (для простейшего случая дифениламинов) по следующей схеме

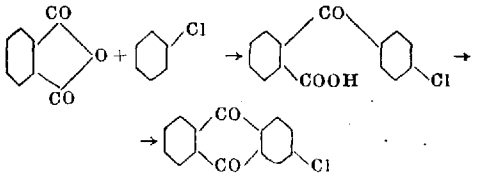


Эта реакция имеет широкое применение при получении смешанных акридонов, напр. антрахинонафтакридона.

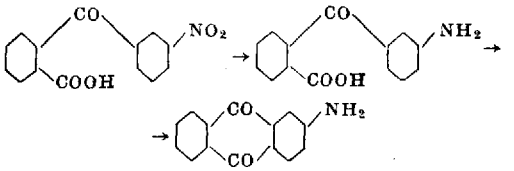
Соответственно *о*-карбоновая к-та дифенилкетона, т. н. бензоилбензойная к-та, замыкает при действии серной к-ты цикл антрахинона по схеме



Эта реакция играет важнейшую роль в синтезе красящих веществ. Благодаря ей возможно получать не только синтетич. антрахинон, но и ряд его производных. Вообще производные антрахинона м. б. получены одним из трех путей. По первому—заместители вводятся в готовый антрахинон, полученный окислением антрацена или синтетически из фталевого ангидрида и бензола (вышеприведенной конденсацией бензоилбензойной к-ты). По второму пути необходимые заместители уже находятся в тех производных, которые служат для получения производных бензоилбензойной кислоты; так например, 2-хлорантрахинон может быть получен конденсацией фталевого ангидрида с хлорбензолом в две стадии (промежуточный продукт—хлорбензоилбензойная кислота)



По третьему пути необходимые заместители вводятся лишь в заранее приготовленную бензоилбензойную к-ту и остаются в антрахинонной молекуле после замыкания цикла, например

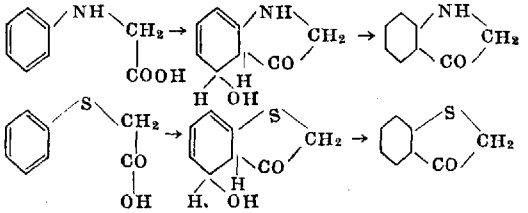


Различным сочетанием этих трех путей можно синтезировать целый ряд производных антрахинона, получение которых из готового антрахинона является затруднительным или невозможно.

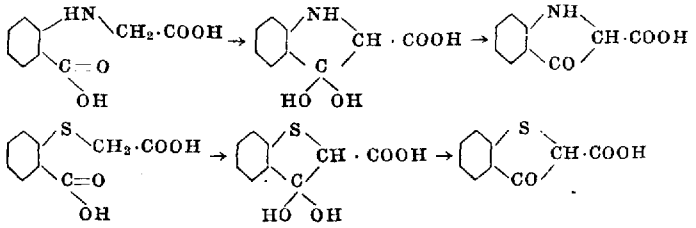
Весьма большое значение имеют реакции замыкания циклов индола и тионафтена, приводящие к ценным промежуточным продуктам, применяемым для синтеза индиго и индигоидных красителей.

Ниже приведены примеры замыкания подобных циклов, происходящего при сплавлении с щелочами или иногда при действии кислых водоотнимающих средств и идущего соответственно двум типам

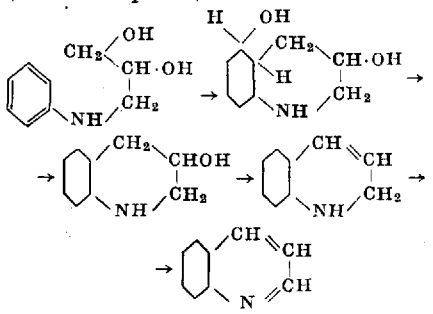
I.



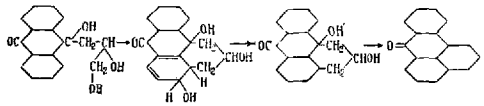
II.



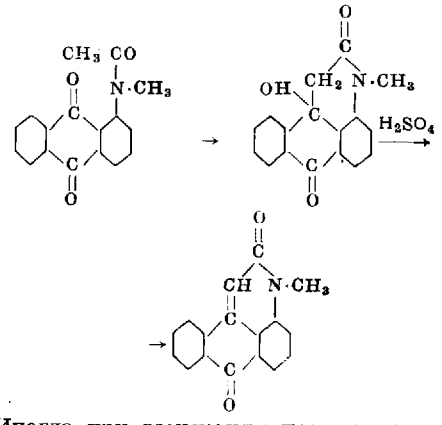
Ценные П. п. получаются при конденсации аминов с глицерином или с акролеином по методу Скраупа. При этом под влиянием серной к-ты идет отнятие воды из алкильного производного амина, и получившиеся при этом производные дигидрохинолина окисляются введенным в реакцию окислителем. Общая схема реакции



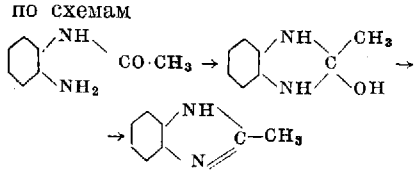
При замене глицерина или анилина в первой стадии реакции другими оксипроизводными или аминами получаются различные производные хинолина. Аналогичная реакция идет и при конденсации антранола с глицерином, когда алкильное производное антранола замыкает при действии серной к-ты цикл бензола, образуя тем самым ценный П. п.—бензантрон—по схеме

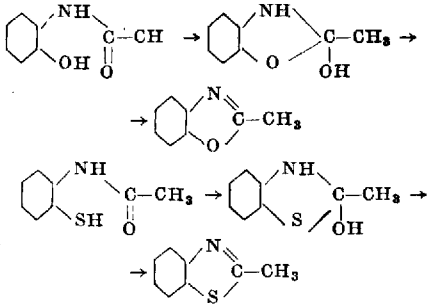


Ценные П. п. получаются из ацетиламиноантрахинонов, благодаря реакциеспособности водородов метильной группы, стоящей по соседству с карбонилом, и кетогруппы антрахинона. Так, в технике из ацетил-1-монометиламиноантрахинона получают *N*-метил-1, 9-антрахинон-*α*-пиридон

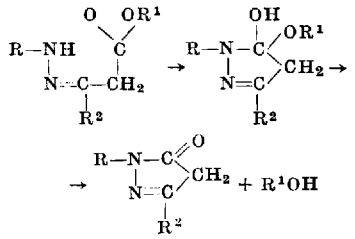


Иногда при замыкании получаются циклы, содержащие более одного гетероатома. Так, при ацилировании *o*-диаминов, *o*-аминофенолов и *o*-аминотиофенолов получаются производные имидазолов, оксазолов и тиазолов по схемам

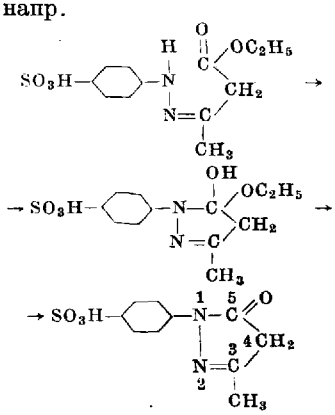




Изомерные циклы, содержащие два атома азота рядом—пиразоловые циклы,—получаются в результате внутримолекулярной конденсации в гидразонах *β*-дикетонов по схеме

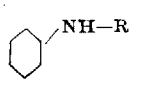


Так замыкается гидразон, полученный из *n*-сульфофенилгидразина и ацетоуксусного эфира, напр.



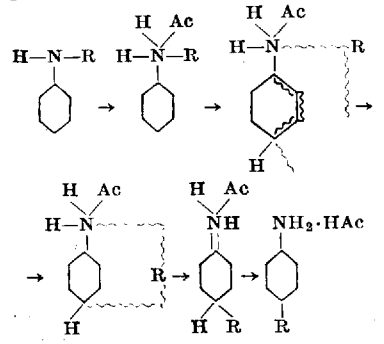
образуя 1-сульфофенил-3-метил-5-пиразолон. Другие гидразоны *β*-дикетонов дают также производные пиразолона—весьма ценные П. п. для синтеза красящих веществ и фармацевтич. препаратов.

2) Реакции перегруппировки представляют такую внутримолекулярную конденсацию, когда вступающие в нее группы находятся довольно стойко в том же соединении, но в ином положении, чем в конечном продукте конденсации, и лишь в специфич. условиях перегруппировываются в последнее. К этому типу реакций склонны гл. обр. производные, содержащие какую-либо группу при боковой имидной группе, при действии на эти соединения минеральных к-т или кислых солей. Эти реакции могут трактоваться следующим образом: в соединении типа

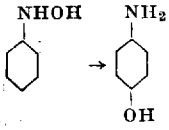


азот трехатомен и склонен к образованию с к-тами производных пятиатомного аммония; в силу этого он обладает достаточно силь-

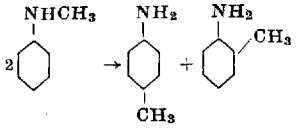
ными остаточными сродствами, частично насыщенными остаточными сродствами ядра и радикала R. При действии к-ты остаточные сродства азота ослабевают, и связь его с R также ослабевает, в силу чего у R появляются остаточные ненасыщенные сродства. С другой стороны, у фенильного ядра появляются те же сродства, передающиеся через конъюгирующие виниленовые группы к *о*- или *п*-углеродному атому соединения, к-рые насыщают сродства радикала R. В результате этого получается нестойкий цикл, к-рый в специфич. условиях разрывается, причем радикал R оказывается прочнее связанным с углеродом ядра по схеме (для *п*-положения)



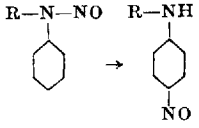
Все до сих пор известные реакции перегруппировки такому толкованию реакции не противоречат. Так, фенилгидроксиламин переходит при действии серной кислоты в *п*-аминофенол



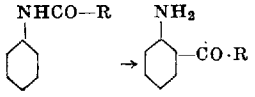
Монометиланилин при нагревании под давлением с соляной к-той переходит в смесь *о*- и *п*-толуидинов



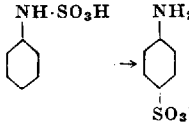
Нитрозамины вторичных жирно-ароматич. и ароматич. аминов переходят при стоянии с спиртовым раствором хлористоводородной к-ты в *п*-нитрозопродукты



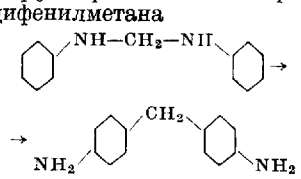
Ациламины перегруппировываются при нагревании с $ZnCl_2$ в кетоны



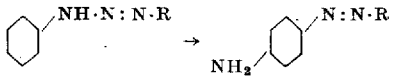
Соответственно сульфаминовые к-ты переходят в сульфокислоты аминов



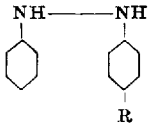
Продукты присоединения амина к азометину перегруппировываются в производные диаминодифенилметана



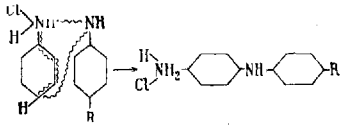
Диазоаминотела переходят в аминоазокрасители



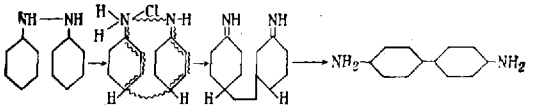
Наибольшее технич. значение имеет эта реакция в применении к гидразотелам, к-рые подвергаются бензидинной и семидинной перегруппировке. Так, гидразосоединение типа



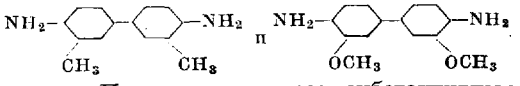
переходит в производное дифениламина, подвергаясь при действии HCl т. н. семидинной перегруппировке по схеме



При симметрическом гидразобензоле, в котором оба *п*-положения свободны, мы имеем вполне равноценные части, в к-рых все остаточные сродства сконцентрированы у *п*-углеродных атомов, вследствие чего имеет место бензидинная перегруппировка по схеме

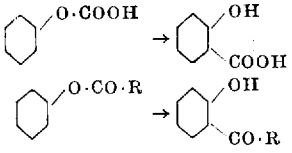


Аналогично получаются *о*-толидин и дианизидин



ценные П. п. для синтеза субстантивных азокрасителей.

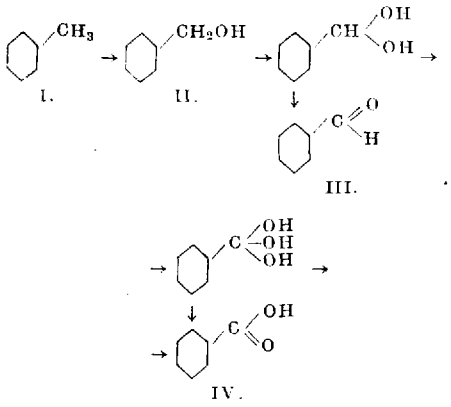
Нек-рые оксипроизводные также склонны к подобным перегруппировкам. Так, эфиры фенолов (угольный, уксуснокислый и пр.) при нагревании переходят в соответствующие к-ты или кетоны по схеме



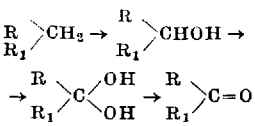
Первой реакцией пользуются при получении карбоновых к-т фенолов (см. выше), причем реакция в присутствии NaOH приводит для простейшего фенола к салициловой к-те, а в присутствии KOH—к *п*-оксибензойной кислоте. Соответственно получаются и карбоновые к-ты нафтолов.

II. Реакции окисления и восстановления. Эти реакции находят применение при получении самых разнообразных П. п. и сводятся при реакции окисления к обогащению молекулы соединения атомами кислорода или к уменьшению числа атомов водорода в нем, а при реакции восстановления—к уменьшению содержания кислорода или к обогащению соединения атомами водорода. Иногда имеют место одновременное окисление и восстановление соединения, когда его элементарный состав не изменяется, но одна из имеющихся в соединении групп окисляется за счет другой, к-рая при этом восстанавливается. Часто окисление и восстановление приводят к разрушению скелета соединения и к образованию менее сложных П. п.

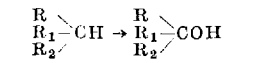
1) Реакции окисления. Для проведения реакции окисления необходим окислитель, т.е. богатый кислородом реагент, отдающий свои атомы кислорода, к-рые либо внедряются в окисляемое вещество либо связывают водород последнего в виде воды. Наиболее употребительными окислителями являются: кислород воздуха O_2 (чаще в присутствии катализаторов), озон O_3, перекись водорода H_2O_2, серный ангидрид SO_3, соли надсерной к-ты $H_2S_2O_8$ (персульфаты), азотная кислота HNO_3, перекись марганца MnO_2, перекись свинца PbO_2, хромовый ангидрид CrO_3 и соли хромовых кислот (хроматы и бихроматы), к-ты хлорноватистая HClO и хлорноватая $HClO_3$, марганцовокислый калий $KMnO_4$ и др. Иногда применяется и электрохимич. окисление. Выбор окислителя зависит от желательной степени окисления, с одной стороны, и от условий реакции—с другой; кроме того решающую роль играют и экономич. факторы. На ход реакции окисления кроме характера окислителя влияют также и $t°$ реакции и ее среда. Так, нек-рые реакции должны вестись в кислой среде, в то время как другие П. п. получаются при окислении в нейтральной или щелочной среде. В ароматическом соединении любая боковая углеродсодержащая цепь м. б. окислена, переходя через различные стадии окисления, в карбоксильную группу. Напр. при окислении толуола (I) в зависимости от условий реакции мы можем получить бензиловый спирт (II), бензойный альдегид (III) и бензойную к-ту (IV) по схеме



Точно так же дифенилметановые производные м. б. окислены в производные бензгидрола и бензофенона по схеме

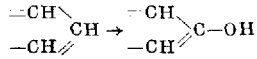


Производные трифенилметана м. б. окислены лишь в трифенилкарбинол по схеме



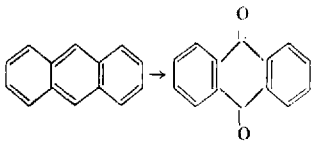
В зависимости от выбранного окислителя, среды и $t°$ реакции можно вести реакцию так, чтобы получить максимальный выход желательной стадии окисления. Так, окисляя толуол рассчитанным количеством перекиси марганца в сернокислой среде, получают удовлетворительные выходы бензальдегида, в то время как применение более энергичных окислителей или более жестких условий окисления приводит к бензойной к-те. Большого интереса заслуживает каталитич. окисление толуола кислородом воздуха на ванадиевом катализаторе, причем получается удовлетворительный выход бензальдегида.

Кроме окисления в боковой углеродсодержащей группе ароматич. и гетероциклич. соединения способны к окислению и в самом ядре. Так, можно ввести гидроксильную группу в ядро соединения прямым окислением по схеме

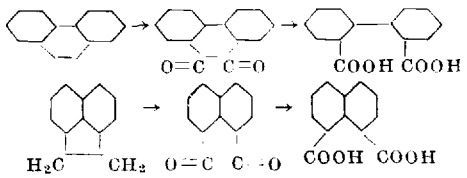


Непосредственное получение фенола и нафтолов по этой схеме не нашло технич. применения вследствие недостаточности выходов; наиболее часто по этой схеме получают полиоксиантрахиноны по реакции Бонна и Шмидта (см. *Бонна-Шмидта реакция*) при действии высокопроцентного олеума на оксиантрахиноны в присутствии катализаторов, напр. селена.

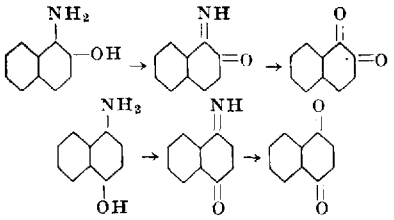
Более жесткое окисление может привести к образованию хинонов и их производных. Так, антрахинон получается при непосредственном окислении антрацена хромовой кислотой



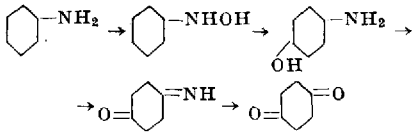
Аналогично получаются и фенантренхинон и аценафтенхинон, к-рые могут при более энергичном окислении переходить в соответствующие дикарбоновые к-ты—дифеновую и перинафталиндикарбоновую



Простейшие хиноны могут получаться при окислении соответствующих им диоксипроизводных, но приготовляются чаще из более доступных аминооксипроизводных, проходя через стадию нестойких хининиминов по схемам

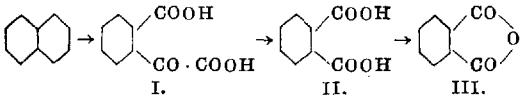


n-бензохинон получается при окислении анилина в сильно кислой среде хромовой смесью по вероятной схеме



При совместном окислении *n*-аминооксии *n*-диаминопроизводных с аминами и фенолами в результате вторичной реакции присоединения к первичным хинонным продуктам получаются индамины и *индофенолы* (см.). Целый ряд красящих веществ класса метиленхинонных и хинонимидных получается в результате сложного окисления, протекающего через ряд фаз.

Весьма большое значение имеет окисление нафталина, сопровождающееся разрушением скелета нафталинового ядра и образованием, в зависимости от силы окислителя, фталоновой (I) или фталевой (II) к-т, причем последняя легко переходит во фталевый ангидрид (III)

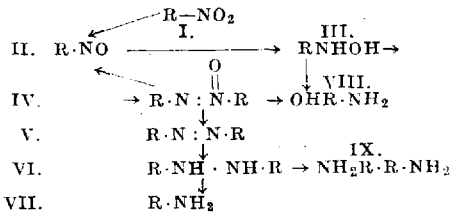


Окисление $KMnO_4$ в щелочной среде приводит к образованию смеси продуктов, в то время как окисление хромовой к-той в кислой среде приводит исключительно к фталевой к-те. Значение последней в качестве П. п. для получения из нее антрахинонных красителей весьма велико. В конце 19 в. технически осуществлено получение фталевого ангидрида при каталитич. окислении нафталина серным ангидридом в присутствии ртути. При этом серный ангидрид SO_3 раскисляется до сернистого газа SO_2, к-рый в контактной системе вновь переходит в SO_3; иначе говоря, фталевый ангидрид получается из нафталина за счет кислорода воздуха. В настоящее время осуществлен метод прямого каталитич. окисления нафталина кислородом воздуха по методу Гиббса-Воля в присутствии ванадиевых катализаторов, состоящий в пропускании паров нафталина в смеси с воздухом через нагретые выше 400° трубки, содержащие катализатор. Успех в этом отношении позволяет синтетич. антрахинону экономически конкурировать с антрахиноном из антрацена каменноугольной смолы. При окислении ароматич. соединений, содержащих в боковой цепи гетероатомы, действие окислителя обычно распространяется и на последние. Напр. при окислении анилина и других аминов получаются в первую очередь продукты окисления за счет аминогруппы (см. *Черный анилин*). Другие примеры окисления боковой гетероцепи даны в следующих схемах

$$R{\cdot}SH \rightarrow R{\cdot}S{\cdot}S{\cdot}R_1 \rightarrow RSO_3H$$
$$R{\cdot}SO_2H \rightarrow RSO_3H$$
$$R{\cdot}NH{\cdot}NH_2 \rightarrow RH + H_2O + N_2$$
$$R{\cdot}NH{\cdot}NH{\cdot}R_1 \rightarrow R{\cdot}N : N{\cdot}R_1$$

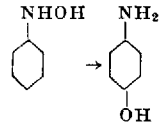
2) Реакция восстановления достигается обработкой соединения т. н. восстановителями. В качестве последних применяются различные химич. соединения, способные переходить в высшую степень окисления, а также нек-рые металлы, переходящие при этом в свои окислы или соли. Наиболее употребительны следующие восстановители: металлич. железо (в виде железных или чугунных опилок и стружек), цинк (гранулированный или в виде цинковой пыли), олово (в гранулированном виде); сернистые щелочи (Na_2S, K_2S) и сульфгидрат натрия (NaSH); соли сернистой к-ты (преимущественно в виде бисульфита $NaHSO_3$), соли сульфоксиловой и гидросернистой к-т в виде *гидросульфитов* (см.) и сульфоксилатов различных марок; закисные соли железа; соли закиси олова ($SnCl_2$) и треххлористый титан $TiCl_3$; весьма часто употребляется молекулярный водород (H_2) в присутствии катализаторов, напр. никеля или коллоидальных металлов. Значительно реже, преимущественно в научном исследовании, применяются металлич. натрий, амальгама натрия, фенилгидразин и др. восстановители, допускающие точную регулировку их действия. В зависимости от темп-ры восстановления и главным образом от условий среды имеется возможность регулировать степень восстановления, останавливаясь на необходимых стадиях.

В технике наибольшее значение имеет восстановление нитросоединений, нитрозосоединений, хинонов и их производных (индамины, индофенолы), кубовых красящих веществ (в их лейкопроизводные), дисульфидных производных (в меркаптаны) и непредельных соединений в предельные (т. н. гидриро ание). При восстановлении нитросоединений, подбирая условия среды (кислая, нейтральная или щелочная) и силу восстановителя, возможно останавливать процесс на желаемой стадии восстановления. Иногда промежуточные стадии, подвергаясь реакции конденсации, приводят к более сложным продуктам; иногда наблюдаются и реакции перегруппировки в промежуточной стадии, приводящие к новым продуктам. Общая картина восстановления нитросоединений м. б. изображена следующей схемой



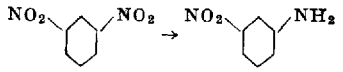
Так, нитробензол (I) при восстановлении в щелочной среде проходит через стадии нитрозобензола (II) и фенилгидроксиламина (III). Последние, конденсируясь друг с другом, переходят в азоксибензол (IV), к-рый при дальнейшем восстановлении может перейти в азобензол (V) и гидразобензол (VI). Последний же, расщепляясь при нейтральном или слабо кислом восстановлении, пе-

реходит в анилин (VII). При восстановлении в слабо кислой среде или в нейтральной—железом в присутствии солей железа—реакция идет быстро до конца, до полного образования анилина. При восстановлении в сильно кислой (серпокислой) среде промежуточная стадия фенилгидроксиламина (III) не восстанавливается дальше, так как с большей скоростью претерпевает внутримолекулярную перегруппировку, переходя при этом в *п*-аминофенол



В технике щелочным восстановлением нитробензола и его производных пользуются для получения гидразосоединений, к-рые по выделении и обработке к-тами перегруппировываются в бензидин или другие производные диаминодифенила.

Нек-рые нитротела легко восстанавливаются сернистыми щелочами. Так, впервые анилин был получен Н. А. Зининым в Казани при действии сернистого аммония на нитробензол. Особенно часто пользуются этим методом, когда нужно восстановить лишь одну из нескольких имеющихся нитрогрупп. Так, из *м*-динитробензола при действии сернистого натрия можно получить *м*-нитроанилин по схеме



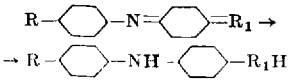
Ароматич. амины и гидразосоединения можно получить и при восстановлении азосоединений, полученных методом азосочетания (см. *Красящие вещества*). При этом цинк в щелочной среде приводит к образованию гидразосоединений, более же жесткие условия—к образованию двух молекул различных аминов по схеме

$$R\cdot N:N\cdot R_1 \rightarrow R\cdot NH\cdot NH\cdot R_1 \rightarrow R\cdot NH_2 + R_1\cdot NH_2$$

Для получения ароматич. аминов служат также нитрозотела, переходящие при действии различных восстановителей в амины по схеме

$$R\cdot NO \rightarrow R\cdot NH_2$$

Для восстановления нитрозофенолов весьма удобными оказались сернистые щелочи. Те же сернистые щелочи оказались весьма удобными восстановителями для получения производных дифениламина из индаминов и индофенолов по схеме



В последнем случае, равно как и при восстановлении азосоединений, мы имеем присоединение водорода к соединению, имеющему ненасыщенные связи. К этому же типу реакций следует отнести и образование вторичных аминов из т. н. азометинов (оснований Шиффа), представляющих аналоги азосоединений и получаемых при конденсации аминов с альдегидами по схемам

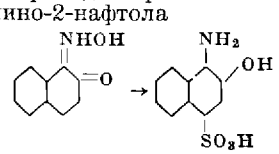
$$R\cdot N:N\cdot R_1 \xrightarrow{H_2} R\cdot NH\cdot NH\cdot R_1$$

$$R\cdot NH_2 + O:CH\cdot R_1 \rightarrow$$

$$\rightarrow R\cdot N:CH\cdot R_1 \xrightarrow{H_2} R\cdot NH\cdot CH_2\cdot R_1$$

Молекулярный водород в присутствии катализаторов также м. б. применен для целого ряда восстановлений, но его главное применение состоит в т. н. *гидрировании* (см.) непредельных соединений.

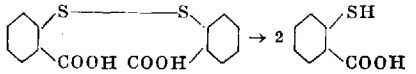
При восстановлении сернистой к-той или ее кислыми солями наряду с восстановлением часто имеет место и вступление сульфогруппы в ядро соединения. Так, нитрозо-*β*-нафтол переходит при этом в 4-сульфокислоту 1-амино-2-нафтола



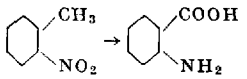
индофенолы переходят в сульфокислоты производных дифениламина с невыясненным до сих пор положением сульфогруппы.

Условия восстановления в бензольном, нафталиновом и антраценовом ряду весьма сходны. Лишь восстановление нитрогрупп в производных антрахинона вследствие большой их реакциеспособности идет значительно легче и протекает особенно гладко при нагревании со слабыми щелочными восстановителями, как станниты или сернистый натрий. Употребление более сильных восстановителей нежелательно, т. к. при этом происходит восстановление карбонильных групп антрахинона. Сам антрахинон легко переходит в оксантрол при действии Zn-пыли в щелочной среде.

Тиофенолы получаются часто из дитиопроизводных восстановлением последних в щелочной среде цинковой пылью или железными стружками. Так, ценный П. п. для ряда тиоиндигоидных красителей—тиофенол-*о*-карбоновая к-та—получается при восстановлении т. н. дитиосалициловой к-ты

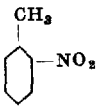
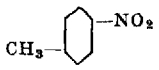
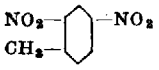
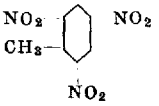
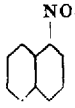
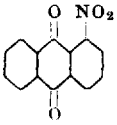
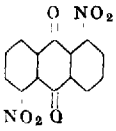
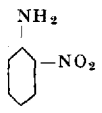
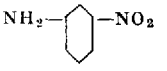
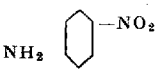


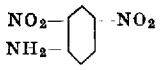
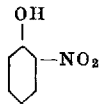
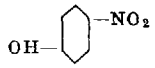
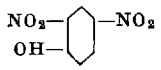
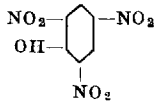
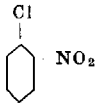
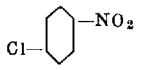
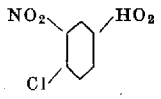
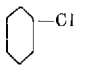
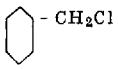
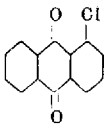
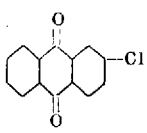
О восстановлении кубовых красящих веществ см. *Крашение*. О технике восстановления нитробензола железом см. *Анилин*. Восстановление цинковой пылью в зависимости от свойств исходного и конечного продукта, от $t°$ реакции и среды ведется либо в открытых деревянных сосудах либо в закрытых железных (оцинкованных). Нелетучие вещества восстанавливаются в большинстве случаев в открытых деревянных чанах, снабженных мощными мешалками. Иногда происходит одновременно с протекающей реакцией и окисление и восстановление вещества, причем одни группы вещества окисляются за счет других групп того же вещества, к-рые при этом восстанавливаются; напр. *о*-нитротолуол и его производные при нагревании их со щелочами переходят в антраниловую к-ту или ее производные по схеме

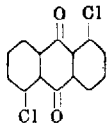
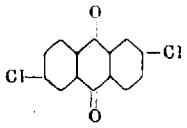
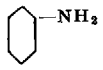
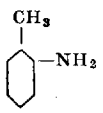
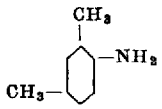
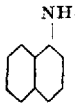
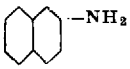
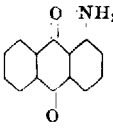
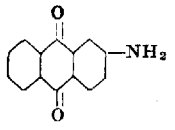
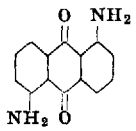


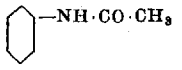
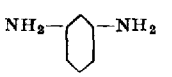
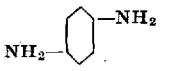
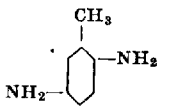
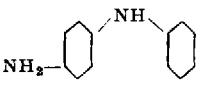
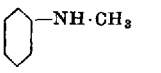
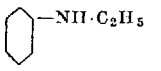
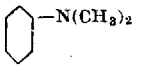
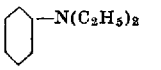
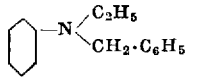
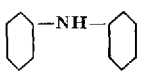
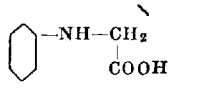
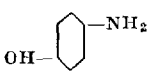
В этой реакции нитрогруппа окисляет метил до карбоксила, сама переходя при этом в аминогруппу. Аналогичное внутримолекулярное окисление и восстановление мы имеем при получении нафтазарина из динитроантрахинона (см. *Красящие вещества* синтетические).

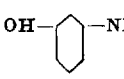
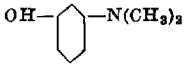
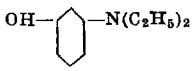
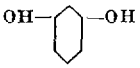
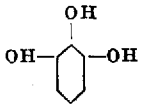
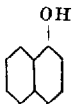
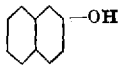
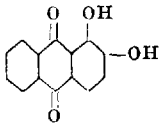
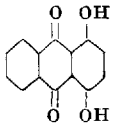
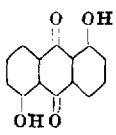
Наиболее употребительные промежуточные продукты.

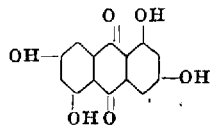
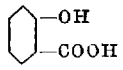
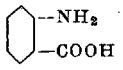
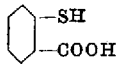
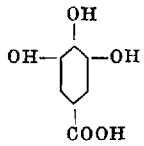
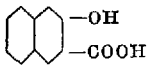
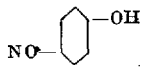
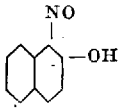
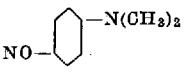
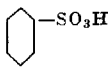
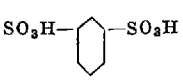
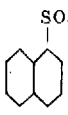
Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
Нитробензол		Из бензола нитрованием	Жидкость $t°_{пл.}$ +3° $t°_{кип.}$ 208° D_{15} 1,208	Для производства анилина, бензидина и как суррогат миндального масла
Динитробензол		Из бензола или нитробензола нитрованием	Иглы $t°_{пл.}$ 90° $t°_{кип.}$ 297° D_{98} 1,369	Для производства *м*-нитроанилина и *м*-фенилендиамина
о-Нитротолуол		Из толуола нитрованием вместе с *п*-изомером	Жидкость $t°_{кип.}$ 220,4° D_{15} 1,1643	Для производства *о*-толуидина, толидина и нитробензальдегида
п-Нитротолуол		Из толуола нитрованием вместе с *о*-изомером	$t°_{пл.}$ 54,5° $t°_{кип.}$ 237,7° D_{55} 1,1392	Для производства *п*-толуидина и стильбеновых красителей
1, 2, 4-Динитротолуол		Из толуола нитрованием	$t°_{пл.}$ 71° $D_{70,5}$ 1,3108	Для толуилендиамина, сернистых красителей и тротила
1, 2, 4, 6-Тринитротолуол (тротил)		Так же	$t°_{пл.}$ 80,8° Взрывает	Взрывч. вещество
1-Нитронафталин (α-Н.)		Из нафталина нитрованием	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 61° $t°_{кип.}$ 304° D_4 1,331	Для α-нафтиламина
1-Нитроантрахинон (α-Н.)		Из антрахинона нитрованием	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 232,5—233,5° $t°_{кип.}$ (7 *мм*) 270°	Для α-аминоантрахинона
1,5-Динитроантрахинон		Так же	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ >330°	Для 1, 5-диаминоантрахинона и других красящих веществ
о-Нитроанилин		Из оксанилида нитрованием или аминированием *о*-нитрохлорбензола	Оранж. крист. $t°_{пл.}$ 71,5° Летуч с вод. парами	Для красящих веществ и *о*-фенилендиамина
м-Нитроанилин		Частичным восстановлением динитробензола	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 114° $t°_{кип.}$ 285°	Для азокрасителей
п-Нитроанилин		Из ациланилидов нитрованием или аминированием *п*-нитрохлорбензола	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 147°	Для азокрасителей (холодное крашение)

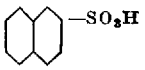
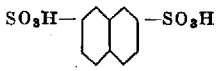
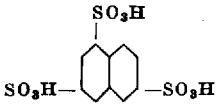
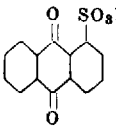
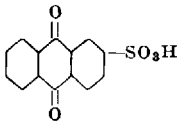
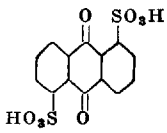
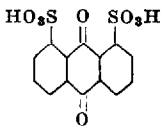
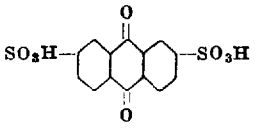
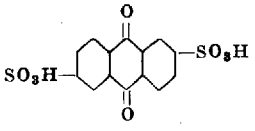
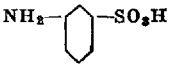
Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
1, 2, 4-Динитроанилин		Аминированием динитрохлорбензола	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 176°	Для сернистых красителей
o-Нитрофенол		Нитрованием фенола или гидроксилированием *o*-нитрохлорбензола	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 45° $t°_{кип.}$ 214° D_{14} 1,484	Для дианизидина
n-Нитрофенол		Нитрованием фенола или гидроксилированием *n*-нитрохлорбензола	Бесцветные кристаллы $t°_{пл.}$ 114°	Для *n*-аминофенола
1, 2, 4-Динитрофенол		Омылением динитрохлорбензола	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 114°	Для производства сернистого черного
1, 2, 4, 6-Тринитрофенол (пикриновая к-та)		Нитрованием динитрофенола	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 122,5°	Взрывч. вещество
o-Нитрохлорбензол		Нитрованием хлорбензола	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 32,5° $t°_{кип.}$ 243° 1,368	Для *o*-нитрофенола и его производных
n-Нитрохлорбензол		Так же	Кристаллы $t°_{пл.}$ 83° $t°_{кип.}$ 242° D_{22} 1,380	Для *n*-нитрофенола и *n*-нитроанилина
1, 2, 4-Динитрохлорбензол		Так же	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 50° (43°) $t°_{кип.}$ 315° 1,697	Для динитрофенола
Хлорбензол		Хлорированием бензола	Бесцвет. жидк. $t°_{пл.}$ 45° $t°_{кип.}$ 132° D_{15} 1,1125	Для нитрохлорбензола
Хлористый бензил		Хлорированием толуола без катализатора при освещении	Бесцвет. жидк. Слезоточивое средство $t°_{кип.}$ 179° D_{15} 1,040	Для бензилирования и получения бензальдегида
1-Хлорантрахинон (α-Х.)		Из сульфокислоты антрахинона	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 162°	Для антрахинонных красителей
2-Хлорантрахинон (β-Х.)		Так же	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 210°	То же

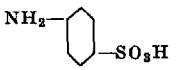
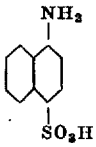
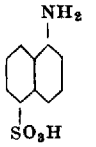
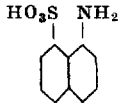
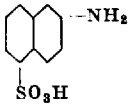
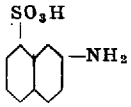
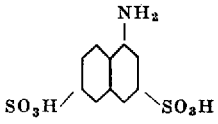
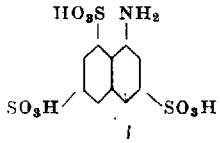
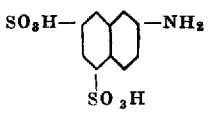
Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
1, 5-Дихлорантрахинон		Из сульфокислоты антрахинона	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 248—251°	Для антрахиноновых красителей
2, 6-Дихлорантрахинон		Так же	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 292°	То же
Анилин		Восстановлением нитробензола	Жидкость $t°_{заст.}$ −6,24° $t°_{кип.}$ 184° D_{15} 1,0268	Для получения красящих веществ
о-Толуидин		Восстановлением о-нитротолуола	Жидкость $t°_{кип.}$ 199,4° D_{15} 1,0037 D_{20} 0,999	Для красящих веществ
п-Толуидин		Восстановлением п-нитротолуола	Бесцв. крист. $t°_{пл.}$ 42,8° $t°_{кип.}$ 200°	Для фенилирования красящих веществ
1, 3, 4-Ксилидин (м-К.)		Восстановлением 4-нитро-м-ксилола	Жидкость $t°_{кип.}$ 212° D_{15} 0,9184	Для азокрасителей
1-Нафтиламин (α-Н.)		Восстановлением α-нитронафталина	Кристаллы $t°_{пл.}$ 50° $t°_{кип.}$ 300,8° D_{20} 1,171	Для азокрасителей и для сульфокислот
2-Нафтиламин (β-Н.)		Аминированием β-нафтола	Кристаллы $t°_{пл.}$ 112° $t°_{кип.}$ 294°	Для азокрасителей и для сульфокислот
1-Аминоантрахинон (α-А.)		Восстановлением α-нитроантрахинона или аминированием α-сульфокислоты	Красн. кристаллы; $t°_{пл.}$ 252—253°	Для антрахиноновых красителей
2-Аминоантрахинон (β-А.)		Аминированием β-сульфокислоты антрахинона	Красн. кристаллы; $t°_{пл.}$ 302°	Для индантрена и др. антрахиноновых красителей
1, 5-Диаминоантрахинон		Восстановлением динитроантрахинона или аминированием дисульфокислоты	Красные иглы $t°_{пл.}$ >320°	Для антримидных красителей

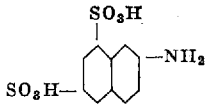
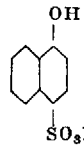
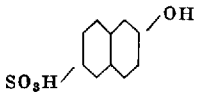
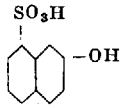
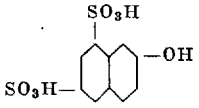
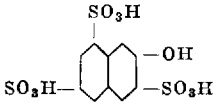
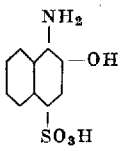
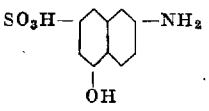
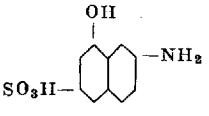
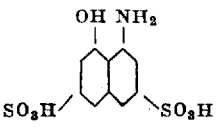
Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
Ацетанилид		Ацетилированием анилина	Бесцв. крист. $t°_{пл.}$ 115°	В медицине (антифебрин) и для получения нитроанилинов
м-Фенилендиамин		Восстановлением динитробензола	$t°_{пл.}$ 63° $t°_{кип.}$ 287° Легко окисляется	Для красящих веществ
п-Фенилендиамин		Восстановлением *п*-нитроанилина или *п*-аминоазобензола	$t°_{пл.}$ 147° $t°_{кип.}$ 267° $t°_{кип.}$ (13 *мм*) 150°	Для окраски мехов (урсол)
1, 2, 4-Толуилендиамин (*м*-Т.)		Восстановлением динитротолуола	$t°_{пл.}$ 99° $t°_{кип.}$ 280° Окисляется	Для ряда красящих веществ
п-Аминодифениламин		Восстановлением нитродифениламина или азокрасителей	$t°_{пл.}$ 66° (75°) $t°_{кип.}$ 354°	Для незелено-черного анилина
Метиланилин		Алкилированием анилина и другими путями	Жидкость $t°_{кип.}$ +193,5° D_{15} 0,9921	Для красящих веществ и для взрывч. вещества (тетрила)
Этиланилин		Так же	Жидкость $t°_{кип.}$ +204° D_{15} 0,9643	То же
Диметиланилин		Алкилированием анилина	Жидкость $t°_{кип.}$ +193° $t°_{заст.}$ +95° D_{15} 0,9621	Для красящих веществ и для взрывч. вещества (тетрила)
Диэтиланилин		Так же	Жидкость $t°_{кип.}$ 216—217° D_{15} 0,939	То же
Этилбензиланилин		Бензилированием моноэтиланилина	Жидкость $t°_{кип.}$ 285—286°	Для кислотных метиленхинонных красителей
Дифениламин		Из анилина и солянокислого анилина в автоклаве	Бесцв. крист. $t°_{пл.}$ 54°	Для красящих веществ и в военном деле
Фенилглицин		Конденсацией анилина с хлоруксусной к-той или с формальдегидом и KCN	Кристаллы $t°_{пл.}$ 126—127°	Для синтеза индигоидов
п-Аминофенол		Восстановлением *п*-нитрофенола или *п*-нитрозофенола	$t°_{пл.}$ 186°	Для лекарств (фенацетин), в фотографии и для красящих веществ

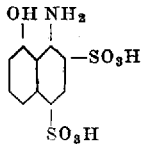
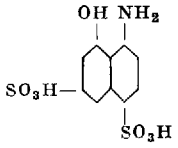
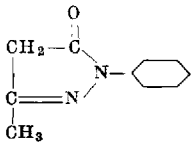
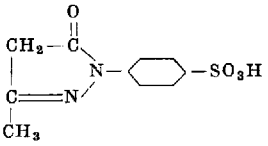
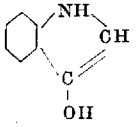
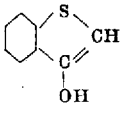
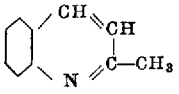
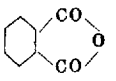
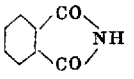
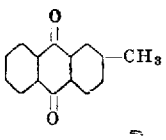
Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
м-Аминофенол		Гидроксилированием *м*-сульфокислоты анилина или другими путями	Бесцв. крист. $t°_{пл.}$ 123°	Для красящих веществ
м-Диметиламинофенол		Гидроксилированием *м*-сульфокислоты диметиланилина	$t°_{пл.}$ 87° $t°_{кип.}$ 265—268°	Для родаминов
м-Диэтиламинофенол		Гидроксилированием *м*-сульфокислоты диэтиланилина	$t°_{пл.}$ 78° $t°_{кип.}$ 275—280°	То же
Фенол		Щелочным плавлением бензолсульфокислоты	Кристаллы $t°_{пл.}$ 42,5—43° $t°_{кип.}$ 181,3°	В медицине и для красящих веществ
Резорцин		Из *м*-дисульфокислоты бензола	Кристаллы $t°_{пл.}$ 119° $t°_{кип.}$ 276,5°	Для фталеиновых нитрозо- и азокрасителей
Пирогаллол		Из галловой кислоты	$t°_{пл.}$ 132°	В фотографии и для галеина
1-Нафтол (α-Н.)		Из α-нафтиламина или из α-сульфокислоты нафталина	Кристаллы $t°_{пл.}$ 94° $t°_{кип.}$ 278—280°	Для сульфокислот
2-Нафтол (β-Н.)		Из β-сульфокислоты нафталина	Кристаллы $t°_{пл.}$ 122° $t°_{кип.}$ 285—286°	Для азокрасителей и для сульфокислот
1, 2-Диоксиантрахинон (ализарин)		Окислением и щелочным плавлением β-сульфокислоты антрахинона	Желт. кристаллы $t°_{пл.}$ 290°	Как краситель и п. п. для антрахинонных красителей
1, 4-Диоксиантрахинон (хинизарин)		Конденсацией фталевого ангидрида с гидрохиноном или *п*-хлорфенолом	Оранж. иглы $t°_{пл.}$ 194°	Для антрахинонных красителей
1, 5-Диоксиантрахинон (антраруфин)		Щелочным плавлением 1, 5-дисульфокислоты антрахинона	Желтые блестки $t°_{пл.}$ 280°	То же

Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
1, 3, 5, 7-Тетраокси-антрахинон (антрахризон)		Конденсацией двух молекул резорцинкарбоновой кислоты	Оранж. иглы $t°_{пл.}$ >360°	Для антрахинонных красителей
Салициловая кислота		Из фенола и углекислоты	$t°_{пл.}$ 156,8°	В медицине и для азокрасителей
Антраниловая кислота		Из фталевого имида	Кристаллы $t°_{пл.}$ 145°	Для индигоидных красителей
о-Тиофенолкарбоновая кислота		Из антраниловой к-ты через диазосоединение	Кристаллы $t°_{пл.}$ 163—164° Легко окисляется	Для тиоиндигоидов
Галловая кислота		Гидролизом танина	Кристаллы с 1 ч. H_2O, бесцв. Плавится с разложением при 222—240°	Для галловых красителей и пирогаллола
2, 3-Нафтолкарбоновая кислота		Из β-нафтола и CO_2	$t°_{пл.}$ 216°	Для нафтолов AS
п-Нитрозофенол		Нитрозированием фенола	Разл. при плавлении выше 125°	Для нитрофенолов и сернистых красителей
1, 2-Нитрозонафтол		Нитрозированием β-нафтола	Желтые кристаллы; $t°_{пл.}$ 110°	Нитрозо-краситель для аминонафтолов
п-Нитрозодиметиланилин		Нитрозированием диметиланилина	Соли желтые, основание зеленое; $t°_{пл.}$ 85°	Для красящих веществ
Бензолсульфокислота		Сульфированием бензола	Кристаллы с 1 ч. H_2O; $t°_{пл.}$ безводной соли 53°	Для получения фенола
1, 3-Бензолдисульфокислота		То же	Кристаллы с $2^1/_2$ ч. H_2O	Для получения резорцина
1-Нафталинсульфокислота (α-Н.)		Сульфированием нафталина на холоду	Кристаллы с 2 ч. H_2O; $t°_{пл.}$ 90°	Для α-нафтола и дальнейшего сульфирования

Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
2-Нафталинсульфокислота (β-Н.)		Сульфированием нафталина при 165°	Кристаллы с 3 ч. H_2O; $t°_{пл.}$ 83°	Для β-нафтола
2, 7-Нафталиндисульфокислота		Сульфированием нафталина дымящей серной кислотой	Растворимые соли	Для диоксинафталина и для дальнейшего сульфирования
1, 3, 6-Нафталинтрисульфокислота		Сульфированием нафталина крепким олеумом	Растворимые соли	Для Н-кислоты
1-Антрахинонсульфокислота (α-А.)		Неполным сульфированием антрахинона в присутствии Hg	Сульфохлорид— $t°_{пл.}$ 218°. Калиевая соль трудно растворима на холоду	Для антрахинонных красящих веществ
2-Антрахинонсульфокислота (β-А.)		Неполным сульфированием антрахинона	Сульфохлорид— $t°_{пл.}$ 193°. Натр. соль плохо растворима	То же
1, 5-Антрахиндисульфокислота		Исчерпывающим сульфированием антрахинона в присутствии Hg	Легко растворимые соли	Для антрахинонных красящих веществ
1, 8-Антрахиндисульфокислота		Так же	Соли труднее растворимы, чем 1, 5-А.	То же
2, 7-Антрахиндисульфокислота		Исчерпывающим сульфированием антрахинона	Легко растворимые соли	То же
2, 6-Антрахиндисульфокислота		Так же	Труднее растворимые соли, чем в предыдущем	То же
1, 3-Анилинсульфокислота (метаниловая кислота)		Восстановлением нитросульфокислоты бензола	Кристаллы с $1^1/_2$ ч. H_2O	Для азокрасителей и для м-аминофенола

Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
1, 4-Анилинсульфокислота (сульфаниловая кислота)		Сульфированием анилина бакпроцессом	Кристаллы с 2 ч. H_2O	Для азокрасителей
1, 4-Нафтиламинсульфокислота (нафтионовая)		Сульфированием α-нафтиламина запеканием	Нерастворима в воде; соли растворимы	Для азокрасителей, для нафтолсульфокислоты (1,4)
1, 5-Нафтиламинсульфокислота		Восстановлением 1, 5-нитросульфокислоты	Плохо растворима в воде; соли растворимы	Для азокрасителей
1, 8-Нафтиламинсульфокислота (пери-кислота)		Восстановлением 1, 8-нитросульфокислоты	То же	Для азокрасителей, для сернистых красителей
2, 5-Нафтиламинсульфокислота (γ-кислота Даля)		Сульфированием β-нафтиламина вместе с изомерами	Растворимость натриевой соли в спирте велика	Для азокрасителей
2, 6-Нафтиламинсульфокислота (к-та Бреннера)		Сульфированием β-нафтиламина вместе с изомерами	Плохо растворима; трудно растворима Na-соль	Для азокрасителей
2, 7-Нафтиламинсульфокислота		Так же	То же	То же
2, 8-Нафтиламинсульфокислота (баденская к-та)		Так же	Плохо растворима в воде. Натриевая соль плохо растворима в спирту	То же
1, 3, 6-Нафтиламиндисульфокислота (к-та Фрейнда)		Восстановлением 1, 3, 6-нитродисульфокислоты	Растворима в воде; кислая К-соль плохо растворима	То же
1, 3, 6, 8-Нафтиламинтрисульфокислота (к-та Коха)		Восстановлением 1, 3, 6, 8-нитротрисульфокислоты	Высаливается нацело NaCl в виде кислой динатр. соли	Для Н-кислоты
2, 5, 7-Нафтиламиндисульфокислота		Сульфированием β-нафтиламина вместе с изомером	—	Для азокрасителей и для I-кислоты

Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
2, 6, 8-Нафтиламиндисульфокислота (амидо-G-кислота)		Сульфированием β-нафтиламина вместе с изомером	—	Для азокрасителей, для γ-кислоты
1, 4-Нафтолсульфокислота (кислота Невиль-Винтера)		Гидроксилированием нафтионовой к-ты	Растворима в воде	Для азокрасителей
2, 6-Нафтолсульфокислота (кислота Шеффера)		Сульфированием β-нафтола вместе с изомером	$t°_{пл.}$ 125°. Двунатриевая соль нерастворима в спирту	То же
2, 8-Нафтолсульфокислота (кроцеиновая кислота)		Так же	Двунатриевая соль растворима в спирту	То же
2, 3, 6-Нафтолдисульфокислота (R-кислота)		Так же	Растворима труднее G-к-ты, легко сочетается с диазониями	То же
2, 6, 8-Нафтолдисульфокислота (G-кислота)		Так же	Легко растворима; трудно сочетается с диазониями	То же
2, 3, 6, 8-Нафтолтрисульфокислота		Исчерпывающим сульфированием β-нафтола	То же	Для 2, 3, 6, 8-аминокислоты
1, 2, 4-Аминонафтолсульфокислота		Восстановлением бисульфатом нитрозо-β-нафтола	Дает стойкое диазопроизводное, нерастворима в воде	Для азокрасителей
2, 5, 7-Аминонафтолсульфокислота (I-кислота)		Щелочным плавлением дисульфокислоты β-нафтиламина (2, 5, 7)	Плохо растворима в холодной воде, нерастворима в спирте	То же
2, 8, 6-Аминонафтолсульфокислота (γ-кислота)		Щелочным плавлением дисульфокислоты β-нафтиламина (2, 6, 8)	Нерастворима в горячей воде	То же
1, 8, 3, 6-Аминонафтолдисульфокислота (H-кислота)		Щелочным плавлением кислоты Коха	Слабо растворима в холодной воде	То же

Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
1, 8, 2, 4-Аминонафтолдисульфокислота (Чикаго SS-кислота)		Щелочным плавлением трисульфокислоты α-нафтиламина (1, 2, 4, 8)	Хорошо растворима в воде	Для азокрасителей
1, 8, 4, 6-Аминонафтолдисульфокислота (К-кислота)		Щелочным плавлением трисульфокислоты β-нафтиламина (1, 4, 6, 8)	Суррогат Н-кислоты	То же
1, 3, 5-Фенилметилпиразолон		Конденсацией ацетоуксусного эфира с фенилгидразоном	$t°_{пл.}$ 127°	Для лекарств и для пиразолоновых красителей
1, 3, 5-Парасульфофенилметилпиразолон		Конденсацией ацетоуксусного эфира с фенилгидразинсульфокислотой	—	Для пиразолоновых красителей
Индоксил (3-оксиндол)		Щелочным плавлением фенилглицина	Кристаллы, легко окисл. $t°_{пл.}$ 85°	Для индиго
Окситионафтен (Тиоиндоксил)		Щелочным плавлением фенилтиогликольортокарбоновой кислоты	$t°_{пл.}$ 71°	Для тиоиндигоидов
Хинальдин (2-метилхинолин)		Конденсацией анилина с ацетальдегидом	Жидкость $t°_{кип.}$ 246—248° D_4^{20} 1,059	Для хинолиновых красителей
Фталевый ангидрид		Каталитическим окислением нафталина	Кристаллы $t°_{пл.}$ 128° $t°_{кип.}$ 284,5°	Для индиго и антрахинонных красителей
Фталевый имид		Действием NH_3 на фталевый ангидрид	Кристаллы $t°_{пл.}$ 233,5°	Для антраниловой кислоты
2-Метилантрахинон (β-М.)		Конденсацией фталевого ангидрида с толуолом	$t°_{пл.}$ 177°	Для кубовых антрахинонных красителей

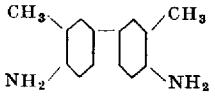
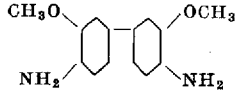
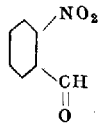
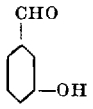
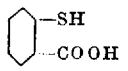
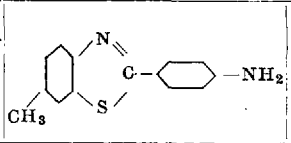
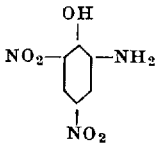
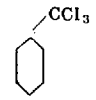
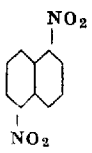
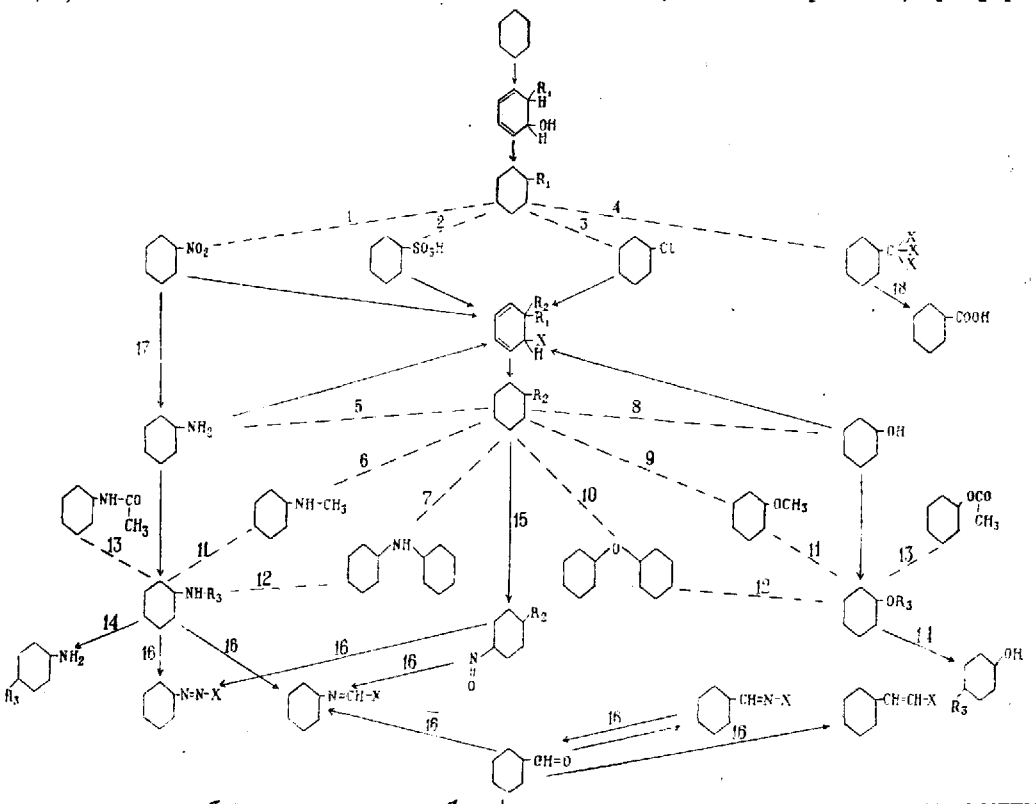
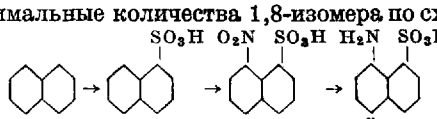
Название	Формула	Получение	Свойства	Главное применение
Бензидин		Перегруппировкой гидразобензола	$t°_{пл.}$ 128°. Сульфат плохо растворим	Для субстантивных азокрасителей
Толидин		Перегруппировкой гидразотолуола	$t°_{пл.}$ 129°	То же
Дианизидин		Перегруппировкой гидразоанизола	$t°_{пл.}$ 137°	То же
о-Нитробензальдегид		Из нитробензальхлорида или другими путями	$t°_{пл.}$ 43,5° $t°_{кип.}$ (23 мм) 153°	Для индиго
Оксибензальдегид		Из м-амино-бензальдегида путем диазореакции	Бесцветные кристаллы; $t°_{пл.}$ 108°; $t°_{кип.}$ 240°	В производстве трифенилметановых красителей (патентованный голубой)
Тиосалициловая кислота		Из антраниловой кислоты путем диазореакции	Желтые кристаллы $t°_{пл.}$ 163°	Для производства тилонафтеновых кубовых красителей
Дегидротио-п-толуидин		Нагреванием п-толуидина с серой при высокой t° (140—220°)	Нерастворим в воде; $t°_{пл.}$ 191°; $t°_{кип.}$ 431°	Получение примулина и тиофлавина
Пикраминовая кислота (динитро-о-аминофенол)		Восстановлением пикриновой кислоты	Красные кристаллы; $t°_{пл.}$ 169°	Для хромирующихся красителей
Бензотрихлорид		Хлорированием бензола	Бесцветная жидкость; $t°_{пл.}$ −21,2°; $t°_{кип.}$ 214°; D_{14} 1,380	Для получения зеленого малахитового (при взаимодействии с диметиланилином)
1,5-Динитронафталин		Нитрованием нафталина	Кристаллы слабо желтого цвета; $t°_{пл.}$ 215°	Для нафтазарина

Схема реакций получения П. п. Все приведенные реакции взаимно связаны друг с другом и генетически, что м. б. изображено следующей схемой (для удобства взят бензол и простейшие его производные; пунктиром отмечены отдельные ответвления общей реакции)

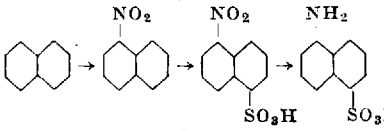


На схеме линиями обозначены реакции: *1*—введения нитрогруппы, *2*—введения сульфогруппы, *3*—введения галоида, *4*—введения углеродсодержащей группы, *5*—аминирования, *6*—алкаминирования, *7*—ариминирования, *8*—гидроксилирования, *9*—алкоксилирования, *10*—ароксилирования, *11*—алкилирования, *12*—арилирования, *13*—ацилирования, *14*—перегруппировки, *15*—нитрозирования, *16*—введения двувалентных групп, *17*—восстановления, *18*—окисления.

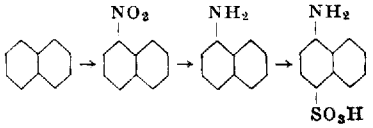
Как видно из вышеизложенного, П. п. в большинстве получаются в результате ряда последовательных операций, и необходимо уметь эти операции провести в необходимой наиболее удобной последовательности, т. к. порядок реакций весьма существенно влияет как на технологич. ведение процесса, так и на строение конечного продукта. Для примера разберем получение сульфокислоты α-нафтиламина. Исходя из нафталина, мы должны провести реакции нитрования, восстановления и сульфирования, причем порядок их играет весьма большую роль. Естественно, что операция восстановления должна следовать за операцией нитрования, но реакция сульфирования м. б. проведена в начале, в середине и в конце. В первом случае мы имеем последовательно реакции: сульфирования, нитрования и восстановления, и в конечном итоге получим, в силу ориентирующего действия сульфогруппы, максимальные количества 1,8-изомера по схеме



Если мы проведем реакции в иной последовательности, именно нитрование, сульфирование и восстановление, то доминирующим изомером у нас будет 1, 5-, наряду с нек-рым количеством 1, 8-изомера. Технологически у нас процесс будет сложнее как в силу необходимости заранее высушить нитропродукт, так и вследствие более трудного сульфирования нитронафталина. Схема процесса для главного изомера следующая



Если реакцию сульфирования проведем в конце, то главным продуктом реакции будет 1, 4-изомер, наибольшее количество которого будет получаться при ведении бак-процесса по схеме



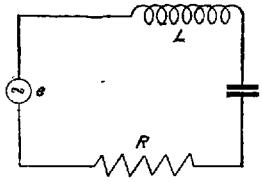
Из сказанного очевидно, что при получении сложных П. п. большую роль играют способ их получения и выбор варианта реакции.

Лит.: Врожцов Н. Н., Основы синтеза красителей, М.—Л., 1925; его же, Ступени в синтезе красителей, Л., 1926; Чичибабин А. Е., Основные начала органич. химии, 3 изд., М.—Л., 1934; Залькинд Ю. С., Химия циклич. соединений, 2 изд., Л., 1930; Фирц-Давид Г., Производство

органич. красок, пер. с нем., М.—Л., 1927; Мелау Р. и Бухерер Г., Практич. руководство по химии красящих веществ, пер. с нем., Л., 1927; Гаттерман Л., Практич. работы по органич. химии, пер. с нем., Л., 1926; Friedländer P., Fortschritte d. Teerfarbenfabrikation u. verwandter Industriezweige, B. 1—15, B., 1891—1928; Beilstein F., Handbuch d. organischen Chemie, 4 Aufl., B. 1—5, B., 1918—22; Mayer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. organischen Chemie, 2 Aufl., B. 2, T. 1—2, 1923; Houben-Weyl, Die Methoden d. organischen Chemie, B. 2, Lpz., 1925; Schulz G., Die Chemie des Steinkohlenteers, 4 Aufl., B. 1, Brschw., 1926; Lange O., Die Zwischenprodukte d. Teerfarbenfabrikation, Lpz., 1920; Bucherer H., Lehrbuch d. Farbenchemie, 2 Aufl., Lpz., 1921; Bucherer H., Die Teerfarben, 2 Aufl., B., 1920; Henrich F., Theorien d. organischen Chemie, 5 Aufl., Brschw., 1924; Heumann K., Friedländer P., Schulz G., Die Anilinfarben u. ihre Fabrikation, Brschw., T. 1—4, 1888—1906; Schwalbe C., Die Benzoltabellen, B., 1903; Hollemann A., Die direkte Einführung d. Substituenten in d. Benzolkern, Lpz., 1910; Täuber E. u. Normann R., Derivate d. Naphtalins, B., 1896; Reverdin u. Tulda, Tabellarische Uebersicht d. Naphtalinderivate, Basel, 1894; Houben J., Das Anthracen u. die Anthrachinone, Lpz., 1928; Bauer R. u. Wieland H., Reduktion und Hydrierung organischer Verbindungen, Lpz., 1918; Wichelhaus K. H., Sulfurieren, Alkalischmelzen d. Sulfosäuren, Esterifizieren, Leipzig, 1911; Hantsch A. u. Redelien, Die Diazoverbindungen, B., 1921; Cohn G., Die Carbazolgruppe, Lpz., 1919; Ristenpart E., Chemische Technologie d. organ. Farbstoffe, 2 Aufl., 1925; Wahl A., L'industrie des matières colorantes organiques, 2 éd., t. 1, P., 1926; Martinet L., Matières colorantes, L'indigo et ses dérivés, P., 1926; Groggins P., Anilin a. its Derivatives, London, 1924; Cain J., The Manufacture of Intermediate Products for Dyes, 2 ed., L., 1919; Bunbury H. a. Davidson A., The Industrial Applications of Coal Tar Products, L., 1925; Barnett E. de B., Anthracen a. Anthraquinone, L., 1921; Sherver R., Dyes Classified by Intermediates, N. Y., 1922; Cain J. a. Thorpe J., The Synthetic Dyestuffs a. the Intermediates Products, 7 ed., L., 1926; Bate S., The Synthesis of Benzene Derivatives, L., 1926; Barnett E. de B., Coal Tar Dyes a. Intermediates, L., 1919; Davidson A., Intermediates for Dyestuffs, London, 1926; Lefevre L., Matières colorantes, Paris, 1896.

И. Иоффе.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТУР применяется в радиопередатчиках и радиоприемниках для выделения определенной частоты и значительного ослабления всех остальных частот. Действие промежуточного контура основано на явлении резонанса. При данной электродвижущей силе $e = E \sin \omega t$ амплитуда силы тока в контуре (фиг. 1) равна



Фиг. 1.

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}, \qquad (1)$$

где R—активное сопротивление, L—самоиндукция, а C—емкость контура. При резонансе, т. е. при такой частоте эдс, при к-рой

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}, \qquad (2)$$

сила тока достигает наибольшей величины:

$$I_0 = \frac{E}{R}, \qquad (3)$$

следовательно контур выделяет резонансную частоту. В количественном отношении (см. *Избирательность*) это выделение определяется отношением

$$\frac{I_0}{I} = \frac{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}{R} = \sqrt{1 + \left(\frac{\omega_0 L}{R}\right)^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}. \qquad (4)$$

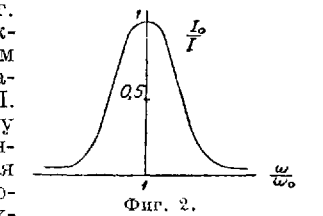
Если угловая частота ω мало отличается от ω_0, т. е.

$$\omega = \omega_0 + \Omega; \quad \Omega \ll \omega_0,$$

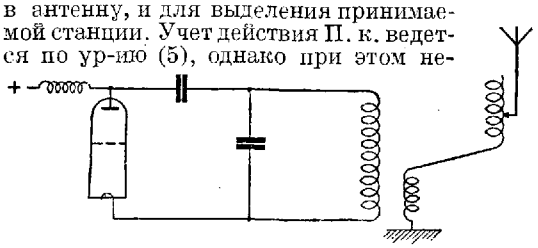
то отношение (4) можно написать так:

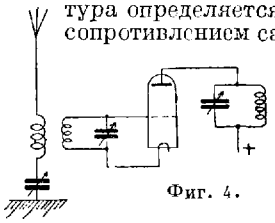
$$\frac{I_0}{I} = \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi\Omega}{\delta\omega_0}\right)^2}, \qquad (5)$$

где δ—декремент контура (см. *Затухание*). Кривая отношения (4)—кривая резонанса—изображена на фиг. 2. Чем меньше декремент контура, тем уже кривая. В радиопередатчиках П. к. находится между генератором и антенной (фиг. 3) для ослабления гармоник, получающихся в генераторе (см. *Ламповый генератор*). В приемниках П. к. ставится между антенной и первой лампой приемника (фиг. 4) для отсеивания ненужных частот, попадающих в антенну, и для выделения принимаемой станции. Учет действия П. к. ведется по ур-нию (5), однако при этом необходимо учесть одно весьма важное обстоятельство. Дело в том, что активное сопротивление П. к. состоит не только из его собственного сопротивления, но большое значение играет сопротивление, привнесенное связанной с П. к. нагрузкой—цепь «сетка-нить» лампы в радиоприемниках, антенна в радиопередатчике. В радиоприемнике, где передача мощности, а следовательно кпд контура, не играет существенной роли и где важно получить наибольшее возможное напряжение на зажимах «сетка-нить», стараются сделать так, чтобы привнесенное сопротивление было возможно меньше, т. е. чтобы сопротивление «сетка-нить» было возможно больше. Тогда избирательность контура определяется гл. обр. активным сопротивлением самого контура, к-рое стараются сделать возможно меньшим, применяя иногда для этого *обратную связь* (см.), дающую возможность значительно уменьшить декремент. В радиопередатчике играет большую роль кпд, так как важно передать мощность из П. к. в антенну. Вносимое сопротивление равно



Фиг. 2.


Фиг. 3.


Фиг. 4.

$$R' = R\,\frac{\eta}{1-\eta},$$

где η—кпд контура. В силу этого приведенный декремент контура равен

$$\delta = \delta' + \delta_к = \delta_к \frac{\eta}{1-\eta} + \delta_к = \frac{\delta_к}{1-\eta}. \qquad (6)$$

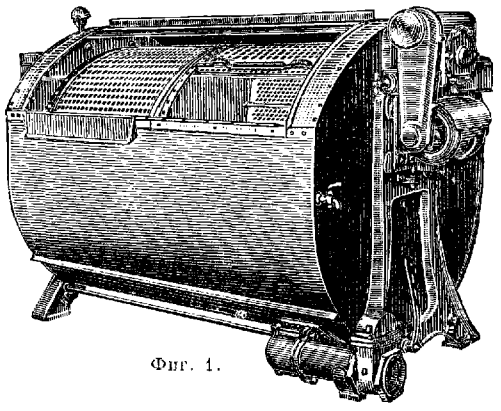
Равенство (5) после подстановки декремента имеет такой вид:

$$\frac{I_0}{I} = \sqrt{1 + \left[\frac{2\pi}{\delta_к}\frac{\Omega}{\omega_0}(1-\eta)\right]^2}.$$

С увеличением кпд уменьшается избирательность П. к. Приходится согласовать два требования к П. к. и выбирать соответствующий кпд. Практически для передатчиков берут кпд порядка 90—95%. Применение П. к., давая значительную гибкость схеме, несмотря на лишнюю настройку, является весьма рациональным, и П. к. находит поэтому широкое применение. **И. Кляцкин.**

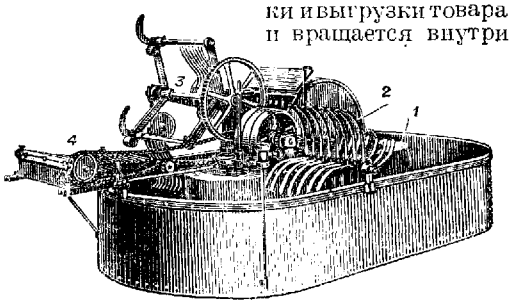
ПРОМЫВНЫЕ МАШИНЫ, машины, применяемые при облагораживании различных волокнистых материалов (непряденых волокон, пряжи или ткани) для производства мокрых операций (одной водой или с добавками моющих или иных средств), сопровождающихся механич. воздействиями (разбалтыванием, отжиманием и т. д.). Конструкция П. м. обусловливается рядом обстоятельств, из которых существенное значение имеют: 1) стадия механической обработки и вид волокнистых материалов, например непряденый материал, пряжа, ткани, чулочные изделия и т. д.; 2) род волокнистого материала—хлопок, шерсть, шелк (искусственный и натуральный); 3) периодичность или непрерывность промывки; 4) ручная или механич. работа. Для получения возможно лучшего эффекта промывки П. м. конструируют т. о., чтобы обработка волокнистых материалов была как можно более интенсивной и равномерной; волокнистый материал подвергают обработке следующими способами: а) его передвигают (перетягивают) во время промывки в неподвижном растворе; б) промывной раствор находится в движении (циркулирует), волокнистый же материал неподвижен; в) волокнистый материал приводится в движение в циркулирующем промывном растворе. П. м. делятся на периодические (ручные и механические) и непрерывные.

1. Периодические П. м., в которых промывку волокнистых материалов производят периодически. а) Ручные П. м., в которых передвижение волокнистого материала происходит вручную, представляют



Фиг. 1.

собою деревянные или металлические котлы, чаны и прямоугольные или иной формы барки, в к-рых непряденые волокна, тряпье, пряжа, чулочные изделия и т. п. подвергаются промывке. Конструктивно они ничем не отличаются от подобных же машин и аппаратов, применяющихся в технике крашения текстильных изделий (см. *Красильные аппараты*). б) Механические П. м.,—снабженные приспособлением для механич. перетягивания волокнистых материалов. В зависимости от стадии механич. обработки волокнистого материала бывают и разные машины для перетягивания: вращающиеся перфорированные барабаны, лопасти или вилки, валы, рифленые ролики, баранчики и т. д. Для промывки непряденых волокон, тряпья и чулочных изделий наиболее распространены след.: вращающийся барабан и овальной или иной формы П. м. с лопастями или вилками для перетягивания. П. м. с вращающимся барабаном (фиг. 1) состоит из внутреннего перфорированного барабана, служащего для вмещения товара и изготовляемого из железа, меди, монельметалла и т. п. Он разделен перфорированными стенками на несколько частей (ячеек), снабжен откидными крышками для загрузки и выгрузки товара и вращается внутри

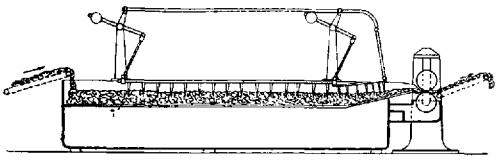


Фиг. 2.

наружного цилиндрического или иной формы сосуда, наполненного до половины промывной жидкостью. Нагревание промывной жидкости производится при помощи глухого или острого пара. Вместимость барабана 25—250 *кг* (барабаны Смит-Друм), причем в ячейку входит 10—20 *кг*; расход механич. энергии $^1/_2$—3 *HP*. Промывные колеса представляют собой деревянный или металлич. барабан диам. 2 *м* и глубиной 0,75 *м*, разделенный внутри перегородками на 4 части. В каждую из них подается вода по разветвлениям общей водяной трубы, проходящей через ось. Промывное колесо вращается вокруг горизонтальной или наклонной оси со скоростью 20 об/м. В каждое из отделений кладут через люк по несколько кусков ткани (например трикотажного полотна, гардин и др.); при вращении товар переваливается и находится под действием струи воды. Промывные колеса мало производительны и применяются лишь в тех случаях, когда товар не выносит механического воздействия. Овальная П. м. с лопастями или крыльчатыми или вильчатыми мешалками представляет овальный чан (фиг. 2), в котором внутри имеется продольная перегородка *1*, не доходящая до стенок, так что в чану кругом этой перегородки образуется канал, по которому заставляют двигаться промываемый материал. Для движения служат кривые крылья *2*, укрепленные на горизонтальных осях. Таких осей с крыльями 1 или 2; оси приводятся в движение от привода. При вращении крылья погружают шерсть в воду и гоняют ее кругом перегородки; с одной стороны в чан течет струя чистой во-

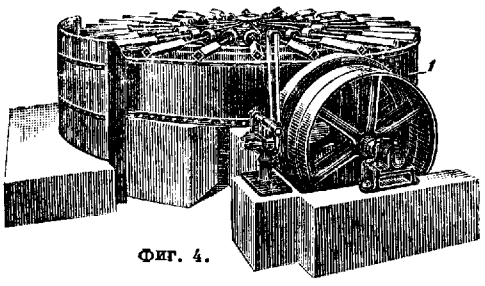
ды навстречу движущемуся товару, а с другой вытекает грязная вода. По окончании промывки материал выгребают граблями вручную, а иногда и специальными автоматами *3*, состоящими из трех железных вил и транспортного стола *4* из оцинкованных планок, подающих материал к месту отжима. Для промывки шерсти в больших количествах применяют левиафаны (фиг. 3), см. *Шерсть*.

П. м. для пряжи изготовляются нескольких систем, главнейшие из которых—П. м.



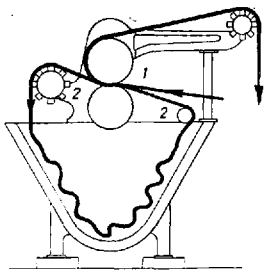
Фиг. 3.

с отжимом, с вращающимися роликами и карусельного типа (тип ИТ з-да Циттау); они состоят из двух пар медных роликов, двух пар отжимных валов и двух пар трубок для прыска воды, расположенных внутри и снаружи мотков. В зависимости от длины мотков расстояние между роликами можно регулировать. На каждую пару роликов надевают мотки, которые приводятся вместе с последними в движение. При помощи привода и кулачного механизма попеременно одна пара валов отжимает, а другая находится в покое. Кулачный механизм управляет открыванием и закрыванием вентилей спрысков, работающих попеременно. Машина строится ординарной или сдвоенной. На пару валов надевают 1 000—1 300 *г* пряжи. Производительность равна 200 *кг/ч*; расход энергии равен 2 Нр. П. м. с вращающимися роликами состоят из деревянной или металлич. барки, над к-рой расположены рифленые деревянные, металлич. или керамиковые ролики, число к-рых может доходить до 100 шт. От специального механизма направление вращения роликов может периодически изменяться. В нек-рых машинах этого типа ролики объединяются в секции по 5—10—20 штук в каждой, причем посредством гидравлич. устройства отдельные секции роликов могут подниматься для снятия с роликов промытых мотков пряжи. Эти П. м. изготовляются заводами Ташнер, Гербер, Гаубольд и др. и выполняются одно- и двухсторонними. На каждый ролик надевают 0,5—1,5 *кг* пряжи.



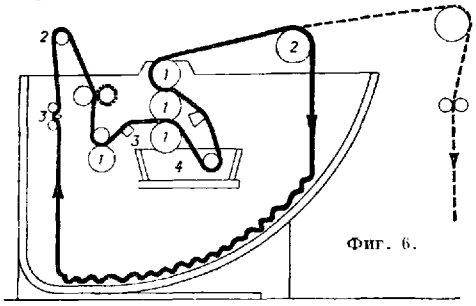
Фиг. 4.

Расход механич. энергии 1,5—8 Нр. П. м. с роликами карусельного типа (фиг. 4) имеет круглый бассейн *1* с расширением в том месте, где пряжу навешивают и снимают; на центральной вертикальной оси установлено 12—24 горизонтальных ручки, заканчивающихся четырехгранными медными пальцами или роликами. Они имеют двоякое движение: вокруг всего бассейна и вокруг своей оси. Моток пряжи, надетый на ролик, обойдя вокруг машины, промывается начисто. Рабочий, стоя на одном месте, снимает промытые мотки и надевает новые на освободившиеся ролики. Свежая вода притекает непрерывно навстречу пряже там, где она окончательно прополаскивается, а грязная вода также непрерывно уходит на другом конце машины. Производительность машины 150—250 *кг/ч*. Расход механич. энергии 1,5—2 Нр. П. м. для промывки тканей бывают разной системы в зависимости от того, в каком виде промывается ткань: в виде жгута или врасправку. Для промывки тканей и трикотажного полотна в виде жгута применяется обычная *гарансинная барка* (см.). Конструкции барок весьма разнообразны и отличаются друг от друга формой баранчика, наличием наборных или сплошных, гладких или рифленых, круглого или иного сечения валов, без отжимных приспособлений или с последними, и промывкой тканей свободным жгутом или под натяжением. Жгутовая П. м. с отжимом (фиг. 5) состоит из 2 тяжелых, твердой породы (явор) валов *1*, насаженных на железные оси, жгуторазделителя для разделения и направления жгутов товара, помещенного в передней части машины, и направляющих ткань роликов и баранчиков *2*. Под большими валами устанавливают иногда деревянное корыто, несколько наклонное к одной из боковых стенок П. м., для удаления выжимаемого валами промывного раствора. Нижний вал получает принудительное вращение от трансмиссии или непосредственно от электромотора. Верхний вал может по вертикальному направлению свободно перемещаться; последнее необходимо для облегчения прохождения жгутов товара между валами. Число отдельных жгутов от 4 до 12. После заправки концы кусков сшиваются, куски прогоняются в П. м. необходимое для промывки время и перед выпуском наружу расшиваются. Жгутовые П. м. с отжимом иногда устраиваются с непрерывным жгутом. Для этого промывные машины снабжаются несколькими фарфоровыми кольцами и отжимными валиками. Кольца служат для заправки сшитых последовательно жгутов ткани по спирали, бокового перемещения жгута по выходе из машины и заправки его с другого конца машины. Концы жгутов после заправки сшиваются друг с другом, и в таком виде происходит промывка ткани. Промывка врасправку производится либо на *джижерсах* (см.) либо на специальных машинах. Последние (фиг. 6) состоят из ряда валиков, из к-рых находящиеся в средней части *1* служат для отжима товара, а другие *2*—направляющими. Кроме того



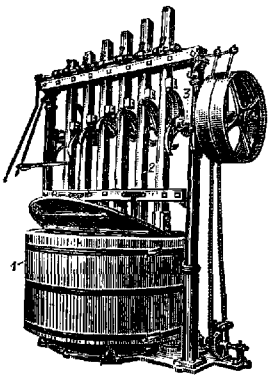
Фиг. 5.

имеются расправительные планки и бруски *3* для направления товара и поддерживания его в растянутом во всю ширину состоянии и корыто *4* для удаления грязной воды.



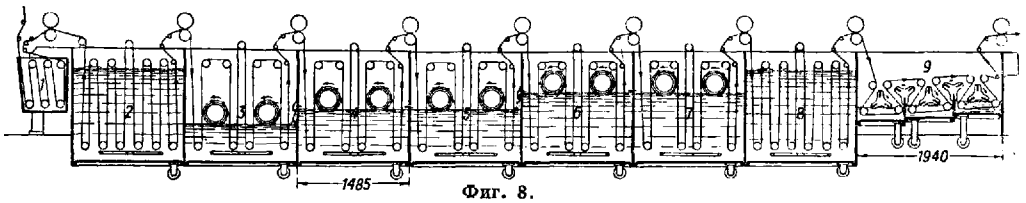
Фиг. 6.

Для промывки пряжи и тканей применяют промывные ирландские молоты. Товар закладывают в выемку, сделанную в деревянном массиве; сюда поступает и вода. Деревянный молот, который играет роль валька, поднимается кулачковым механизмом и падает на товар, выжимая из него грязную воду, и в то же время переворачивает промываемый материал. П. м. для промывки трикотажных изделий (фиг. 7) представляют собой деревянную барку—*1*, монтированную на колесах. Внутри барки имеется три или более деревянных шеста *2*, к-рые помощью поперечного вращающегося вала *3* поднимаются и падают по несколько раз в 1 мин. Одновременно с поднимание и падением шестов барка движется или вращается взад и вперед по рельсам. П. м., в к-рых волокнистый материал во время крашения остается неподвижным, а циркулирует промывной раствор, по своему устройству ничем не отличаются от механич. *красильных аппаратов* (см.). Не выгружая из последних окрашиваемого материала, производят промывку тут же при циркуляции. Т. к. промывка неполная, то обычно производится дополнительная промывка на П. м.



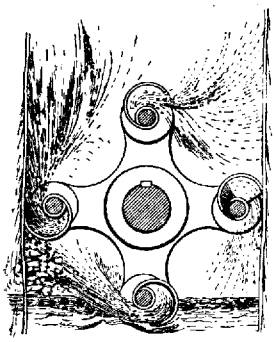
Фиг. 7.

2. Непрерывные П. м. применяют для промывки волокнистых материалов непрерывным ходом. Различают непрерывного действия П. м., в которых волокнистый материал принудительно перемещается в нециркулирующей и циркулирующей промывной жидкости. 1) П. м., в к-рых волокнистый материал передвигается в нециркулирующем промывном растворе, различают следующего вида: а) П. м. для промывки пряжи в мотках. Машины сконструированы так. обр., что мотки пряжи в виде бесконечной цепи проводят через барку, снабженную двумя рядами роликов, направляющих бесконечный жгут пряжи. Иногда для подобной же цели применяют неглубокие промывные резервуары с бесконечными, принудительно перемещающимися транспортерами. Обычно бывает по три резервуара с транспортером в каждом и отжимными валами между ними. б) П. м. для промывки пряжи в виде основы состоят из нескольких ящиков с направляющими роликами и отжимными валами (см. *Красильные аппараты*). в) П. м. для промывки тканей в расправку весьма распространены. К ним принадлежат плюсовки и проходные аппараты. Плюсовка состоит из деревянного или металлич. корыта с укрепленными внутри направляющими роликами, по к-рым проходит ткань, трубок для прыска воды и 2—3 расположенных над корытом валов, служащих для отжима избытка воды. Ткань проходит расправку через ширительные приспособления в корыто, промывается, отжимается и поступает в сушилку для сушки. Производительность плюсовки до 120 кусков в час. Расход механич. энергии 2—3 Ир. Проходной аппарат (фиг. 8) состоит из ряда чугунных коробок *2*—*9*, составляющих одну установку, и отжимных валов, сделанных из меди или чугуна с резиной, к-рые размещены между каждыми двумя ящиками. Каждый ящик *1* служит для специальной обработки ткани. В каждом ящике имеется верхний и нижний ряд свободно вращающихся металлич. роликов, служащих направляющими для ткани. При переходе из ящика в ящик ткань отжимается. Навстречу ткани из отделения в отделение перетекает вода. Перед входом в ящик *1* ткань проходит через направляющее приспособление «лоцман» и далее через винтовые расправители, расположенные перед каждой парой отжимных валов. Проходные аппараты снабжаются билами, при помощи к-рых достигается более тщательное пропитывание ткани жидкостью. Била состоят из нескольких полированых бронзовых брусьев, укрепленных по валу; их приводят в быстрое вращение, и они с силой разбрызгивают находящуюся в ящике жидкость на ткань, которая т. о. основательно промывается. Било м. б. устроено и так. обр., что оно вращается навстречу товару, ударяет его планками, через отверстия к-рых брызжет горячая вода, поступающая через полую ось била. Заводом Гаубольд предложено било (фиг. 9), состоящее из свободно качающихся черпаков. Вращающиеся черпаки *1* захватывают воду и с силой бросают ее на ткань. Производительность проход-

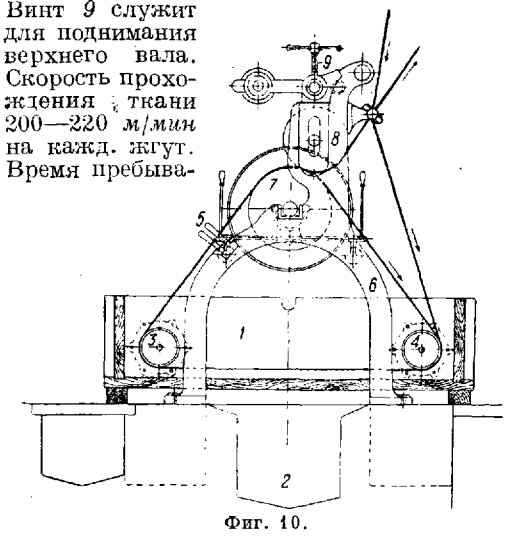


Фиг. 8.

ного аппарата 60—100 кусков в ч.; расход механической энергии 8—10 HP. Обычно проходной аппарат агрегируют с водяным каландром, компенсатором и сушильными барабанами. П. м. для непрерывной промывки ткани жгутом. Эти машины (фиг. 10) широко распространены в практике отбельного дела и носят название «клапо». Они состоят из деревянного ящика *1*, установленного над сточной канавой *2*, роликов *3* и *4*, получающих движение от товара и (вместе с гребенкой *5*) дающих ткани направление при проходе через машину. По обеим сторонам машины поставлены две чугунные станины *6*, на к-рых покоятся тяжелые валы *7*, *8* диам. 700—800 *мм* и длиной до 3 000 *мм*, помещенные один над другим в одной вертикальной или наклонной плоскости. Валы изготовляют из бука или явора. Иногда валы делают наборными. Принудительно вращается только вал *7*. Винт *9* служит для поднимания верхнего вала. Скорость прохождения ткани 200—220 *м/мин* на кажд. жгут. Время пребывания в воде ок. 12—15 ск. Товар заправляется в два жгута в кольца, расположенные по концам валов, проходит валы и огибает два нижних ролика, образуя таким порядком 8—13 петель для каждого жгута и, двигаясь спиралеобразно, выходит двумя жгутами из средины валов. Товар многократно промывается и отжимается. У нек-рых П. м. чистая вода подается в центральную часть машины против выхода отжатых жгутов, а удаление загрязненной воды производится через водосливы, расположенные в боковых стенках ящика. Ящик м. б. разной формы—плоский, глубокий, полуовальный и т. п., в зависимости от стадии обработки и качества товара. Так, для промывки тканей, где натяжение и сдвиг утка недопустимы, ящики делают с наклонным дном, на которое ткань падает свободными петлями. Иногда с целью лучшей промывки и достижения непрерывности процессов отдельные жгутомойные машины со свободными петлями соединяют по 3 в агрегат. Расположение «троек» м. б. в зависимости от помещения разным: барки либо параллельны друг другу либо устанавливаются по одной линии. Товар последовательно переходит из одной П. м. в другую, двигаясь по спирали. Для легких тканей круглые валы в П. м. заменяют 3 шестигранными или иной формы валами (сист. Вельтер). Для улучшения промывки П. м. снабжают квадратным билом, помещенным в жидкости и вращающимся против движения ткани. 2) П. м., в к-рых волокнистый материал передвигается в циркулирующем промывном растворе, применяют для промывки хлопка, крестовых шпуль и т. д. Конструкцию их см. *Красильные аппараты*.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

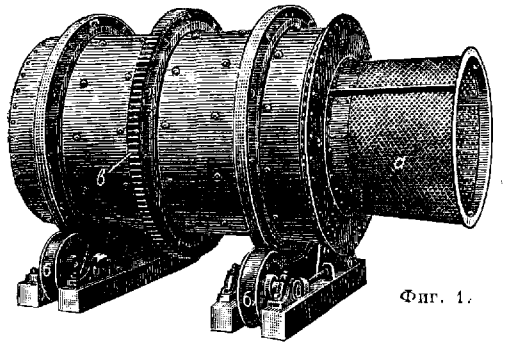
Лит.: Холл А. Дж., Аппаратура для беления, крашения, печатания и отделки в текстильной промышленности, пер. с англ., М., 1929; Шапошников В. Г., Общая технология волокнистых и красящих веществ, М.—Киев, 1926; Петров П., Викторов П. и Малютин Н., Химич. технология волокнистых веществ, Иваново-Вознесенск, 1928; Ландеховский П. и Бакакин С., Беление и мерсеризация хл.-бум. тканей, Иваново-Вознесенск, 1929; Кирштейн Б. А. и Хорецкий Н. О., Заварка, Иваново-Вознесенск, 1929; Петров П., Химич. технология волокнистых веществ животного происхождения, М., 1924; Серебряков А. М., Отделка суконных товаров, М., 1930; Kind W., Das Bleichen der Pflanzenfasern, 2 Aufl., Wittenberg, 1922; Ristenpart E., Die Praxis der Bleicherei, B., 1928; Matthews J. M., Bleaching a. Related Processes, as Applied to Textile Fibres a. other Materials, N. Y., 1921. **З. Фукс.**

ПРОМЫВОЧНЫЕ МАШИНЫ, аппараты для разрыхления водой вязких глинистых и землистых пород аллювиальных или россыпных месторождений, а также наносных пород с целью освобождения содержащихся в них твердых зерен полезного ископаемого. При значительном содержании в промываемом материале вязкой жирной глины промывка водой сопровождается протиркой материала механич. мешалками. Наиболее широкое распространение П. м. получили в золото-платиновом деле при обработке золото-платиносодержащих песков. Применяющиеся в этой отрасли горного дела машины носят название золотопромывочных. В последнее время П. м. все больше и больше находят себе применение при обработке (обогащении) разного рода руд, гл. образом железных (бурые железняки, валунчатые гематиты) и марганцевых, и неметаллических ископаемых (фосфориты, соль, глины и т. д.); машины в этом случае называются рудопромывочными. Кроме того П. м. применяются в строительном деле для обмывки строительных материалов: песка, гравия, и др.

Все промывочные аппараты разделяются на два типа: 1) машины, в к-рых промывка сопровождается грохочением; 2) машины, в к-рых промывка не сопровождается грохочением. К первому типу относятся: а) барабаны и промывочные бочки (т. наз. бутары), б) эксцельсиоры, в) дорр-уошеры; ко второму типу принадлежат: а) желоба или шлюзы, б) лог-уошеры, в) аппарат Тимошенко.

Машины, в которых промывка сопровождается грохочением. а) Рудопромывочные барабаны применяются для промывки глинистых и глиносодержащих материалов, напр. валунчатых гемати-

тов, бурых железняков, фосфоритов, известняков, песков. Кроме того они находят себе применение как смесительные и увлажняющие устройства, напр. при обработке на отсадочных машинах или концентрационных столах старых шламовых отвалов, материал к-рых, прежде чем поступить на столы, д. б. тщательно перемешан и разжижен до требуемой влажности. Рудопромывочные барабаны бывают цилиндрические на наклонной оси и конические на горизонтальной оси. На фиг. 1 изображен промывочный бара-



Фиг. 1.

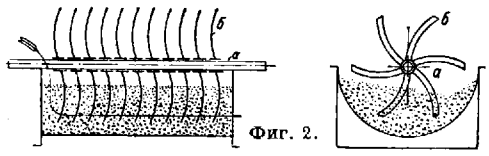
бан (Läutertrommel) фирмы Fr. Gröppel, на горизонтальной оси с внутренним набором, имеющим назначение усилить промывающее действие воды и способствовать продвижению обмытого кускового материала к стороне разгрузки. Внутренний набор состоит из отдельных отрезков углового железа, приболченных (для удобства замены изношенных) к стенкам барабана. Полосы из углового железа расположены продольно по винтовой линии, причем свободная полка уголка представляет как бы лопатку. При вращении барабана лопаточки перемешивают материал, поднимая его на некоторую высоту к верхней образующей цилиндра с тем, чтобы он снова упал в водяную постель; этим предусматривается возможность обмыть каждый кусочек. Выпуск обмытого материала обычно производится при помощи особо устроенных черпаков. Вода под напором подается навстречу движущемуся материалу, так что грязная вода постоянно прогоняется протекающей струей назад, в сторону загрузки материала, и уходит из барабана через особое решето. Для целей грохочения промытого материала на два или несколько классов по крупности, со стороны разгрузки барабан снабжается одним или несколькими конич. ситами *а*. Кожух барабана делается из котельного железа. Барабан вращается на фрикционных роликах *б* от приводного зубчатого венца *в*, смонтированного на кожухе. Приводной вал несет шестерню и имеет прочные и свободные шайбы. Характеристика барабанов фирмы Fr. Gröppel приводится ниже в таблице.

Внутр. диам. в *мм*	Длина в *мм*	Число об/мин.	Расход энергии в IP	Расход воды в *л/мин*	Производит. в *кг/ч*	Цена в герм. марках
1 000	1 500	40	0,75	100	2 000	2 860
1 250	1 800	40	1,25	140	3 500	3 600
1 500	2 000	40	2	180	5 500	4 250
1 600	2 500	40	3,5	215	7 500	4 900
1 800	3 000	45	4,5	260	10 000	5 700
2 000	4 000	45	6,5	350	20 000	7 200
2 200	6 000	45	8,5	450	50 000	13 400

б) Промывочная бочка (бутара) применяется гл. обр. для промывки золото-платиносодержащих песков (см. *Дражное дело*, вкл. лист). Цилиндр современных бочек делается или прямым или ступенчатым. В настоящее время всякая бочка, какой бы конструкции она ни была, состоит из специального каркаса, к которому приклепываются отдельные перфорированные листы котельного железа, благодаря чему имеется возможность быстрой и легкой замены износившихся листов новыми. Каркас состоит из 6 продольных полос сдвоенного углового или Т-образного железа, прикрепленных к концевым, не перфорированным кольцам бочки, к которым и приклепываются листы бочки. В бочках ступенчатых ступеньки или заплечики образуются путем последовательного сокращения диам. от верхнего конца бочки к нижнему, причем продольные полосы каркаса соответственно изгибаются. Устройством ступенчатого цилиндра достигается большая дезинтеграция промываемого материала и т. обр. бочка делается применимой для обработки глинистых песков. С этой же целью внутри бочки устраивается набор, состоящий в америк. бочках из пластин очень твердой стали, размером от 15×37 *см* до 25×50 *см*. Полосы расположены вдоль по бочке так, чтобы направление рядов составляло с направлением винтовой линии скольжения промываемого материала угол не больше прямого. В бочках русского изготовления наборы делаются из углового железа, часто гребенчатого вида, чем достигаются лучшие результаты промывки, однако содержание в исправности такого набора обходится дороже. Перфорированная поверхность бочки делается из стальных листов толщиною 13 *мм*, с небольшим живым сечением, для более продолжительного задержания материала внутри бочки. Отверстия делаются круглые или продолговатые и во избежание засорения имеют конич. форму, расширяясь к наружной поверхности бочки. Длинная ось продолговатых отверстий расположена не параллельно образующей цилиндра, а наклонно, чем достигается лучшая дезинтеграция песков. Диам. отверстий зависит от крупности золота и свойств промываемого материала и колеблется от 6—7 *мм* в начале до 15—38 *мм* в конце бочки. Длина бочки и диаметр ее зависят от производительности, а также от характера и свойств промываемого материала. В настоящее время длина промывочных бочек достигает 15,15 *м* при диам. 2,73 *м* (драги Juba № 14). Бочка обычно располагается на 4 роликах, поддерживающих ее в верхнем и нижнем конце; 2 из них являются движущими ее роликами трения, приводящимися в движение от приводного вала помощью системы шестерен или червячной передачей. Промывная вода подается в бочку или при помощи наружного орошения, если бочка вращается на оси (устаревший, негодный способ), или в последнее время при безосных бочках при помощи внутреннего орошения. Последнее достигается тем, что внутри бочки по всей ее длине в верхней части проходит во-

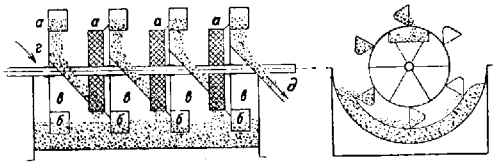
допроводная труба с отверстиями, через которые вода под значительным давлением бьет в промываемую породу, размывая и дезинтегрируя ее. Внутреннее орошение иногда устраивается и на осевых бочках, путем устройства пустотелой оси, служащей одновременно и водопроводной трубой; это устройство слишком сложно и требует особой конструкции сальников. Производительность бочки определяется производительностью драги, на к-рой она установлена; так, при емкости ковша черпаковой цепи 0,45 *м*³ (Canadian Clondyke Mining Co., в Аляске) производительность бочки—10 000 куб. ярдов в сутки при диаметре ее 2,74 *м* и длине 14,59 *м*.

в) П. м. «Эксцельсиор» применяется для промывки сильно глинистых руд. Процесс промывки состоит из двух стадий и производится в отдельных устройствах. Первая стадия—протирка исходного материала мешалками по дну моечного корыта с целью ошламования глинистых и землистых примесей. Вторая стадия—промывка руды в отдельных камерах с противотоком воды, где происходит окончательная отмывка шламов. Осуществление первой стадии (протирка) достигается в 1—2 (в зависимости от степени и характера загрязнения руды) последовательно поставленных корытах, на торцевых стенках которых установлены валы *а* (фиг. 2) с насаженными на них по винтовой



Фиг. 2.

линии мечевидными стержнями-мешалками *б*. Вторая часть машины, где осуществляется вторая стадия промывки, состоит из нескольких колес *а* (фиг. 3) с черпаками *б*, которые все смонтированы на одном валу и помещены в одно корыто. Корыто при помощи внутренних промежуточных стенок разделено на отдельные камеры *в*, и в каждой камере находится только одно колесо с черпаками. Обрабатываемый материал поступает в пункте *г*, промытый выходит в пункте *д*. Высота внутренних стенок камер по направлению ко входу воды постепенно увеличивается, вследствие чего камеры приобретают ступенчатое расположение и вода, переливаясь из одной камеры в другую через разделительные перегородки, обеспечивает противоток, чем достигаются вынос шлама и обмывка материала более чистой водой по мере продвижения его к стороне разгрузки. Машина приводится в действие в большинстве случаев электромотором, но применяют также и другие силовые машины. Во время остановки машины масса сырого материала, находящаяся в протирочном корыте, сильно слеживается; поэтому, чтобы



Фиг. 3.

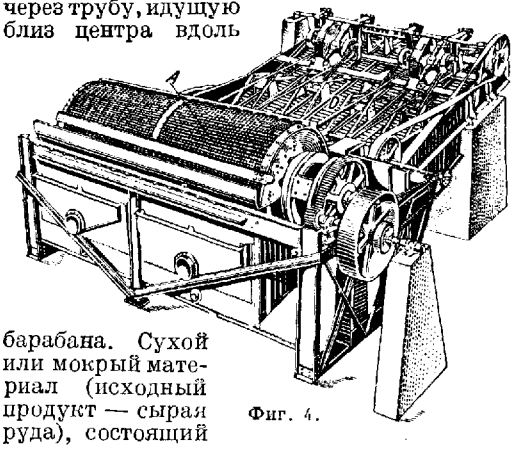
пустить машину в ход без лишней затраты механической энергии, на больших установках мечевые аппараты сконструированы так, что вал с мечевидными стержнями может подниматься при помощи особого устройства. При таком положении вала машина пускается в ход, и затем во время работы вал медленно опускается и занимает свое нормальное положение. Расход энергии зависит от характера руды и количества в ней глины. При очень глинистом сыром материале потребление энергии меньше, чем при незначительном содержании глины в руде. Расход воды зависит от степени загрязнения руды и колеблется от 0,6 до 2 *м*³ на *т* исходного материала. При обработке сильно глинистых и трудно промываемых руд ставятся параллельно 2 корыта с мечевидными стержнями, причем материал, промытый в первом корыте, поступает во второе корыто и из него уже переходит в третье корыто со ступенчатыми камерами. В табл. приведена характеристика таких машин типа G фирмы Excelsior Maschinen Gesellschaft (в Штуттгарте). Данные таблицы относятся к установке, состоящей из двух протирочных корыт с мечевидными стержнями и одного корыта со ступенчатыми камерами. Руда—среднего состава по степени загрязненности глиной. В СССР П. м. Excelsior установлены на обогатительной фабрике для марганцевых руд Никопольского месторождения Криворожского округа.

Характеристика промывочных машин «Эксцельсиор».

Тип	Производит. в час в *м*³	Размеры в *м*			Вес в *т*	Вес в *т* во время работы	Расход энергии в *HP*
		длина	ширина	высота			
4	3—4	3,70	4,60	2,75	8	20	7
5	5—6	3,70	4,90	2,90	10	25	10
6	8—10	4,00	5,70	3,10	14	30	15
7	12—15	5,00	6,50	4,10	20	50	25
8	18—20	5,40	7,40	4,20	26	62	30
9	20—25	6,50	8,00	4,25	32	75	35
10	25—30	7,00	8,20	4,50	38	90	40
11	30—35	7,80	9,00	4,85	47	110	50
12	35—40	8,50	9,50	5,10	57	130	60

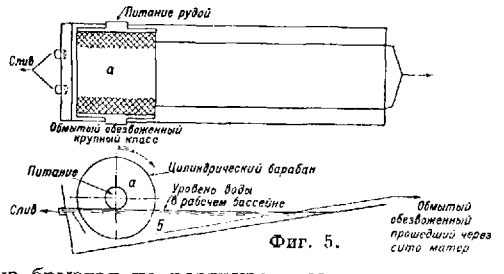
г) Дорр-уошер (Dorr-Washer) в Америке (Iron Rangs of Minnesota) применяется для промывки железной руды с примесями глины, кремнезема и землистых разностей; кроме того машина успешно применяется для промывки известковистой глины, фосфорита, боксита, алмаза, измельченного камня, гравия и других полезных ископаемых. Вообще говоря, дорр-уошер применим к любым рудам, требующим промывки и классификации на крупные, зернистые и тонкие материалы. Дорр-уошер представляет машину, при помощи которой из исходного продукта получаются два или больше сортов или классов крупного материала; в сливных водах уходят тонкие частицы глины, кремнезема и др. примесей. Общий вид машины представлен на фиг. 4, а на фиг. 5 дана схема, показывающая направление материала, проходящего через дорр-уошер. Дорр-уошер представляет промывочный барабан *A*, частично погруженный в рабочий бассейн *б* механич. классификатора Dorr'a, в котором работает скребковый механизм *D*, с прямолинейно-возвратным движением.

Скребковый механизм имеет назначение транспортировать прошедший через сито барабанного грохота материал к стороне разгрузки. Вода вводится в классификатор через трубу, идущую близ центра вдоль



Фиг. 4.

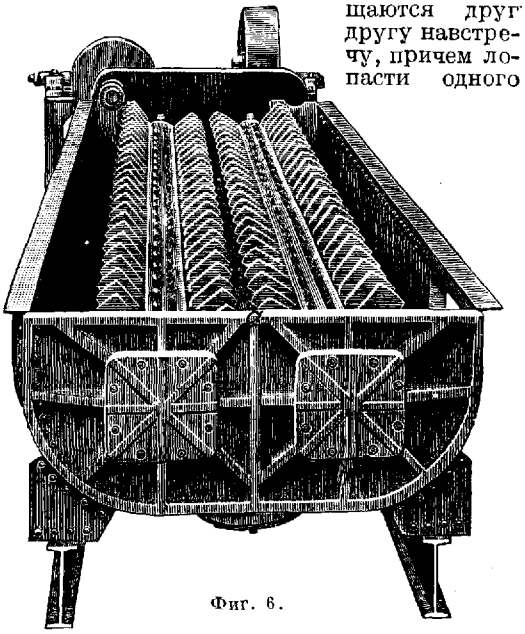
барабана. Сухой или мокрый материал (исходный продукт — сырая руда), состоящий из смеси крупных и измельченных частиц, обычно просеянных кусков через сито с 150-*мм* отверстиями, вводится в один конец промывочного барабана через пустотелую цапфу. Вращательное движение барабана заставляет материал спускаться в виде каскада; глина вместе с тонким песком проходит через отверстие в промывочном барабане в скребковое отделение. Вследствие сотрясений, вызванных вращательн. движением барабана и прямолинейным движением скребков, глина и шламы удаляются в слив, переливаясь через хвостовой порог, закрытый в нижней части корыта. Обмытый зернистый материал осаждается на дне корыта и передвигается вверх по наклонному днищу его при помощи скребков. Чистая вода из брызгал в верхней части корыта вымывает последние следы шламов из песков, к-рые затем разгружаются в чистом обезвоженном виде. Крупный (в е р х н и й) класс промытого материала продвигается по барабану, достигает разгрузочного конца, где подбирается ковшом, обмывается чистой водой из брызгала и затем разгружается в виде свободного от шлама обезвоженного продукта. Производительность дорр-уошера зависит от размера машины и крупности материала и колеблется в пределах от 50 до 350 *т/час*. Р а с х о д в о д ы. Если материал подводится в дорр-уошер в сухом виде, то количество воды, необходимое для конечного смывания, вводимое в корыто классификатора в верхнем конце его, а также



Фиг. 5.

из брызгал на разгрузочном конце промывочного барабана, является достаточным для всей операции. Преимущества установки дорр-уошера в сравнении с другими промывочными машинами, а также особенности ее сводятся к следующему: 1) требуются незначительная высота здания и малая площадь его; 2) незначительный расход воды; 3) крупный класс из барабана и нижний класс (зернистый материал), выдаваемый скребками, получаются в обезвоженном виде и чистыми от глины и шлама; 4) гибкость производства операций, легкость контроля, предусмотренного для регулировки скорости скребков и количества воды, а также высоты сливного (хвостового) порога.

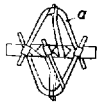
М а ш и н ы, в к о т о р ы х п р о м ы в к а н е с о п р о в о ж д а е т с я г р о х о ч е н и е м. а) Желоба или шлюзы являются главным прибором для промывки золотосодержащих песков. (См. *Дражное дело, Гидравлические разработки.*) б) Л о г - у о ш е р ы (Log-Washer) усовершенствованного типа (фиг. 6) применяются на больших з-дах в округе Mesabi (С. Америка) для промывки вязкой глинистой железной руды (гематит, лимонит). Лог-уошер представляет открытое корыто, склепанное из железных листов, с чугунным полуцилиндрич. днищем. Корыто вмещает 2 продольных вала с насаженными на них по винтовой линии лопастями. Валы вращаются друг другу навстречу, причем лопасти одного



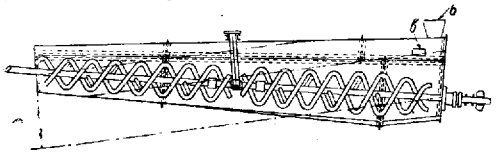
Фиг. 6.

вала проходят между лопастями другого. Машина устанавливается с возрастающим уклоном к стороне разгрузки. Уклон 18—36 *мм* на 30 *см*. Длина машины 3,6—9 *м*. Классификация разрыхленного материала происходит по типичному мокрому принципу. Крупный материал осаждается на дне и перемещается к верхнему концу вращающимися лопастями, обладающими соответствующей кривизной, мелкий же материал и шлам вытекает через водослив *a* на переднем нижнем конце аппарата. Вал делает от 12 до 24 об/м. Снизу вдоль всей длины корыта подводится струя воды через отверстия в дне. Вода создает восходящий поток в корыте и способствует удалению мелкого легкого материала через водослив. Скорость струи в известных пределах м. б. регулируема. Питание рудой производится

вблизи нижнего конца корыта. Производительность машины колеблется от 25 до 100 *т* в час и зависит от характера руды, крупности ее (обычно не больше 100 *мм*), числа оборотов и конструкции лопастей. Расход воды от 4 до 8 *т* на 1 *т* твердого. в) Аппарат Тимошенко представляет конусообразный жолоб, склепанный из железных листов. Жолоб вмещает вал с посаженными на нем 2 винтовыми лопастями в виде изогнутых полос *а* (фиг. 7а и 7б). Соответственным изгибом лопастей и посадкой их достигается то, что $^2/_3$ длины винтового конвейера продвигают руду вперед, т. е. вверх по уклону, и $^1/_3$—на продвижение руды в противоположном направлении, благодаря чему достигаются лучшее отмучивание от глины



Фиг. 7а.



Фиг. 7б.

и перемешивание руды. Жолоб устанавливается с незначительным уклоном. Длина вала—до 9 *м*. Загрузка исходного материала производится в уширенной части через отверстие *б* недалеко от отверстия *в*, через которое удаляются шламы. Машина получила применение для промывки марганцевых руд Никопольского месторождения.

Лит.: Чечотт Г. О., Обогащение полезных ископаемых, вып. 1, П., 1924; Гуськов В. А., Основы механич. обогащения руд, Екатеринослав, 1908; Корзухин И. А., Механич. обработка полезных ископаемых, СПБ, 1908; Барбот-де-Марни Е. Н., Драгирование россыпных месторождений золота и платины, М., 1924; Taggart A. F., Handbook of Ore Dressing, N. Y., 1927; Peele R., Mining Engineers Handbook, 2 ed., N. Y., 1927; Проспекты: Dorrco, Dorr-Washer, New York; Allis Chalmers, Бюллетень № 1807, B., Log-Washer, N.Y., 1920; Фирма «Excelsior», Каталог и проспект, 58, Stuttgart. **Н. Чинкин.**

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, см. *Социалистическая промышленность.*

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ МЯСНАЯ, как и всякая другая отрасль промышленности, организуется и специализируется на переработке определенного вида сырья и выработке определенного ассортимента продуктов (товаров). Сырьем П. м. является скот всех видов и возрастов. Ассортимент вырабатываемых П. м. продуктов делится на три основных группы: пищевую, специальную и техническую. К пищевой группе относится мясо разное (говядина, баранина, свинина и др.) и в разных видах (парное, охлажденное, мороженое, копченое, вяленое, соленое), мясные консервы, бэкон, колбасы разные, жиры разные (олео-ойль, компаунд, олео-стеарин, лярд и др.), мясная мука, мясные экстракты и др. К группе специальных продуктов относятся многочисленные (около 100) специальные органо-терапевтические препараты, пищеварительные ферменты и питательные вещества, вырабатываемые из эндокринных желез, крови, желчи, мышечных и мозговых тканей, желудков, печени, селезенки, плаценты, двенадцатиперстной кишки и др.; желатинное сырье, хирургич. кетгутовая лигатура, кишки, сухожилья и их продукты и др. К группе технических продуктов относятся разные жиры и масла (копытные), консервированные шкуры, технический альбумин и прочие технические продукты крови, кормовая и удобрительная мука, клей, поделочная кость, рога, копыта, волос, шерсть, щетина в первичной обработке и ряд других продуктов.

П. м. в современном ее значении еще очень молодая отрасль промышленности. Родиной ее являются США и Аргентина. Здесь она и получила в настоящее время наибольшее развитие. По стоимости выпускаемой продукции П. м. США идет впереди автомобильной, сталелитейной, нефтяной и других крупнейших отраслей промышленности. Для Аргентины П. м. составляет основу всей ее народнохозяйственной экономики. Обе эти вместе взятые страны являются крупнейшими мировыми экспортерами, сосредоточивающими в своих руках решающую часть всего мирового экспорта продукции П. м. Как правило америк. П. м. отпускает 1 *ц* мяса по цене, равной цене 1 *ц* живого веса сырья. Т. к. выход мяса, напр. из крупного рогатого скота, составляет 48—60% его живого веса, то следовательно америк. П. м. выручает за мясо, вырабатываемое на своих предприятиях, всего лишь 48—60% стоимости сырья. Вместе с тем только одна америк. мясопромышленная фирма Армор и К° получила в 1929 г. 30 млн. долл. прибыли. Объясняется это очень просто. Для америк. П. м. мясо является только одним из многочисленных, притом не самым высоким по стоимости, продуктом. Эта промышленность настолько технически организована и вооружена, что способна не только полностью перерабатывать весь живой вес скота, но и вырабатывать из этого сырья многочисленный ассортимент продуктов. Руководящей технич. идеей П. м. является: «с предприятия должны уходить неиспользованными только рев и последний вздох скота, потерями в производстве д. б. только влага». Современная П. м. не только полностью использует весь живой вес скота, но и вырабатывает из него высокого качества продукты; она не знает отходов и отбросов убоя, неизбежных для обычного боенского хозяйства. Там, где боенское хозяйство просто выбрасывает или использует как малоценные «отходы убоя», на долю к-рых приходится значительная (35—40%) часть сырья, П. м., пользуясь своим технич. «строем» пр-ва и технической вооруженностью, вырабатывает высокосортные питательные деликатесы или высокоценные технич. продукты и специальные препараты, к-рые по своей стоимости оцениваются выше мяса. Так напр., специальный органо-терапевтич. препарат «эпинефрин», вырабатываемый из надпочечников крупного рогатого скота, и «супраренин» из надпочечников овец америк. П. м. сбываются по 11—12 тысяч долл. за *кг*. Так наз. «голье» и «сбой», т. е. печень, сердце, мозги, хвост, голова, ноги и др., к-рые обычно в боенском хозяйстве рассматриваются как «бросовые продукты» или «отходы убоя», П. м., пользуясь своей высокой культурой и техникой производства, превращает в высокосортные деликатесы и лакомства, расцениваемые потребителями выше стоимости мяса. Такую же картину мы имеем и в деле выработки других продуктов, в частности жиров. Совер-

шенные технологич., санитарно-технич. и гигиенические условия работы, механизация всех процессов производства не только позволяют сохранять все получаемые с головы скота жиры-сырье для пищевых целей, но и получать из этого сырья высокоценный жировой фабрикат. На технические же жиры идут почти исключительно конфискаты, в то время как в обычном боенском хозяйстве большой процент технических жиров получается от загрязнения съедобного сала при разделке туш и в результате примитивной его переработки.

Не приходится говорить о том, что качество мяса, вырабатываемого рационально организованной П. м., чрезвычайно высокое по сравнению с мясом, получаемым на обычных бойнях. Выработка мяса из скота составляет весьма сложный как технологический, так и механический и санитарно-технический производственный процесс. Из одной и той же головы скота на предприятиях, различных по своей технич. вооруженности и при различных способах производства, получается не только разное количество продуктов, но и разное качество их и в первую очередь мяса. Скот весьма «капризное» сырье, весьма чувствительно отражающееся на качестве вырабатываемых из него продуктов: даже такой невинный на первый взгляд факт, как содержание перед убоем скота на солнцепеке, вредно отражается на качестве мяса.

Итак, современная П. м. организуется и специализируется на промышленной переработке головы скота, как совокупности пищевого, технич. и специального сырья, и выработке из него соответствующих продуктов. И наоборот, боенское хозяйство организуется для получения из каждой головы скота лишь мясной туши, рассматривая все остальное, т. е. вторую половину живого веса скота, как «отбросы и второстепенные отходы убоя». Не случайно поэтому, что стоимость мяса, выпускаемого обычной бойней, в 3—4 раза выше стоимости соответствующей единицы живого веса скота. В этом заключается первое основное принципиальное различие между современной П. м. и обычным боенским хозяйством. Это различие особенно резко выявляется при рассмотрении основного предприятия П. м.—т. н. мясокомбината и основного предприятия боенского хозяйства—бойни. Мясокомбинат—это условное название, это не есть «комбинация» нескольких самостоятельных по роду своего производства предприятий: мясокомбинат—единое крупное производственное предприятие фабрично-заводского типа с едиными силовыми, механич. установками, с единым производственным потоком и вспомогательным обслуживанием. Мясокомбинат располагает всеми цехами для полной переработки сырья и выработки продукции по указанному выше ассортименту. Все цехи мясокомбината сосредоточены в едином многоэтажном (5—7) производственном корпусе; связаны они между собой единым механизированным конвейерным потоком, начиная от бокса, т. е. камеры оглушения, и кончая погрузкой готовой продукции в склад, вагон, автомобиль. Основные технич. показатели для мясокомбината с пропускной способностью 750 голов крупного рогатого скота, 2 тыс. свиней и 1 тыс. овец в один рабочий день следующие: а) площадь, необходимая для мясокомбината с загонными дворами, 30—35 *га*; б) кубатура основных корпусов 450 тыс. $м^3$; в) потребление электроэнергии 2 500—2 800 kW; г) холодопроизводительность компрессорной установки 3,5—4 млн. Cal/час; д) расход пара на производственные цели 25 *т* в час; е) расход воды всеми цехами 20 тыс. ведер в час; ж) грузооборот 400—500 вагонов в день; з) число рабочих—2 тыс. Приведенный комбинат не является крупным в америк. практике. Самый крупный америк. комбинат пропускает в один рабочий день 3 тыс. голов крупного рогатого скота, 10 тыс. свиней и 3 тыс. овец. В переводе на мясо годовой выпуск продукции этого комбината составляет свыше 500 тыс. *т*.

Бойня в мясокомбинате является только одним, притом не самым крупным, цехом, занимающим всего 4—5% кубатуры основных производственных корпусов. Принцип организации производственных процессов на мясокомбинатах следующий. Из загонных дворов скот собственной силой поднимается (взгоняется) по специальной эстакаде на верхний этаж предприятия в специальные предубойные базы, находящиеся рядом с убойно-разделочным цехом. Этот цех оборудован автоматич. подвесными путями, к-рые представляют механизированный конвейер, оборудованный на соответствующих точках автоматич. весами, пилами, пульверизаторами и прочим инструментарием. В убойных базах накопляется запас скота на 2—3-часовую работу комбината. Отсюда скот направляется в камеры оглушения (боксы). Оглушение производится ударом специального молота. В последнее время в практике америк. П. м. начинают применять оглушение электричеством. Такое оглушение дает не только лучшее обескровливание, но и обеспечивает лучшее качество мяса, сохраняет от повреждения мозги и др. После оглушения животное автоматически выбрасывается из камеры и тут же механически поднимается на подвесные пути, по к-рым оно автоматически начинает двигаться вперед. Все подвесные пути убойно-разделочного цеха разбиты на определенные производственные участки, и каждому участку соответствуют определенные производственные операции. Все операции детализированы и разделены между рабочими. Из камер оглушения скот поступает на пути обескровливания. В начале этих путей животному вскрывают вены в соответствующих местах. Пока животное пройдет определенный участок, происходит полное его обескровливание, к-рое заканчивается процессом удаления головы и ног, отправляемых по конвейеру в соответствующий цех для обработки. После удаления головы и ног в таком же конвейерном порядке туша подходит к участку отделения шкуры, к-рая в последнее время снимается при помощи сжатого воздуха. Далее сырье автоматически двигается к участку выделения внутренностей. Последние после выделения передаются тут же на специальные столы, где все это сортируется, очищается и отсюда автоматически направляется в соответствующие цехи. По завершении производственной опе-

рации по отделению внутренностей сырье переходит на «пути туалета», где мясная туша моется специальными автоматич. щетками, пульверизаторами и обтирается специальными стерилизованными салфетками. После этой операции туша поступает на пути автоматической распиловки. Здесь туша распиливается на потребные части, напр. на половинки или на четвертинки. В последнее время америк. П. м. практикует распиловку на мелкие куски весом от 500 *г*. Такая распиловка рассчитана на то, чтобы в мясном распределителе потребитель получил готовый пакет мороженого мяса в специальной упаковке. Все получаемые после распиловки части туш в зависимости от назначения отправляются в соответствующие цехи. Если имеется в виду выработать мороженое или охлажденное мясо, то соответствующие части туши обертываются специальной марлей, а мелкая распиловка укладывается в специальную упаковку и отправляется после взвешивания в рефрижераторный цех для дальнейшей обработки (охлаждение или замораживание). Двери холодильных камер при «подходе» туш автоматически открываются и при проходе в камеру также автоматически закрываются. Сама мясная туша по конвейерным путям в холодильных камерах движется самостоятельно на свободные места. Если же имеется в виду выработать бэкон, копченое или соленое мясо или выработать мясопродукты (колбасы, консервы и др.), то отсортированные части туш по конвейеру направляются по соответствующим цехам (бэконный, колбасный, засолочный и т. д.).

Убойно-разделочный цех связан конвейером не только с соседними цехами, находящимися с ним на одном уровне или ниже этажом, но и со всеми другими цехами. Так напр., шкура из убойно-разделочного цеха, находящегося на пятом этаже, поступает при помощи конвейера в первый этаж в шкуро-консервировочный цех. Мясная туша из этого цеха м. б. передана в любой этаж рефрижераторного цеха, к-рый обычно строится в центре производственного корпуса на всю его высоту. Кровь с путей обескровливания автоматически направляется в кровеобрабатывающий цех, сало в жировой цех, кишки — в кишечный и т. д. Обычно убойно-разделочный цех рассчитан на убой всех видов мясного скота. Это своего рода заготовительный цех, связанный со всеми производственными цехами предприятия. Немеханизированным в современном комбинате остается только подъем скота в предубойные базы, т. е. в верхний этаж предприятия, и лишь потому, что в этом нет нужды, так как здесь используется сила самого животного. Электрические подъемники применяют только для такого скота, который не может передвигаться собственной силой. Все остальные цеха, начиная от бокса и кончая погрузкой продуктов в вагоны, механизированы. Основным принципом всей механизации является использование силы падения тяжести. Словом, мясокомбинат представляет собой чрезвычайно сложное механизированное предприятие, что и позволяет ему разрешить задачу полного использования живого веса скота, выработки из этого вида сырья массы разнообразных высокого качества и ценности продуктов, выпуска мяса по цене, равной цене живого веса скота. Совершенно очевидно, что наша скотобойня ни в какое сравнение с комбинатом итти не может.

В СССР имеется свыше тысячи боен и свыше десяти тысяч разрозненных мелких примитивных предприятий, относящихся к сфере производства П. м., но у нас нет ни одного предприятия типа америк. мясокомбината. Такое положение приносит нашей стране ежегодно огромнейшие материальные потери в виде огромного количества пищевых, специальных и технич. продуктов. О размерах этих потерь можно судить хотя бы по тому факту, что в 1929/30 г. в стране для мясоснабжения городов было переработано 2 млн. *т* живого веса скота, причем в силу примитивности нашего боенского хозяйства нами было использовано этого веса в среднем не более 55—60%. Но этим не исчерпываются наши потери. Они в значительной мере являются следствием чрезвычайно низкого качества получаемого на нашей бойне мяса. Между тем рост социалистич. реконструкции нашего народного хозяйства, рост социалистической индустрии, рост индустриального населения, рост материального благосостояния рабочего класса, колхозников и индивидуального бедняцко-середняцкого крестьянства предъявляют повышенные требования не только на мясное снабжение, но и на все продукты, вырабатываемые из скота. Роль частнокапиталистического сектора в нашем боенском хозяйстве вплоть до 1930 г. была весьма значительной, она равнялась ~40%. Отсталость нашего боенского хозяйства, его распыленность и раздробленность усугубляли чрезвычайное отставание индивидуального бедняцко-середняцкого скотопроизводства, обостряли мясные затруднения и затруднения по другим продуктам, вырабатываемым П. м., между тем как П. м. в системе всего мясного хозяйства (скотопроизводство, скотозаготовки, П. м., мясное распределение) призвана играть ведущую роль. Вот почему одной из важнейших директив ЦК ВКП(б) по социалистич. реконструкции мясного хозяйства (принятой 20/XII 1929 г.) и разрешению мясной проблемы является директива, требующая «ликвидации чрезвычайной отсталости мясной промышленности и построения ее на основе новейших в этой области данных иностранной техники».

Для руководства строительством и управления П. м. было тем же решением ЦК партии создано всесоюзное объединение государственной мясной промышленности, сокращенно называемое Союзмясо. Последнее разработало перспективный план строительства новых предприятий П. м. По этому плану в ближайшее пятилетие намечены к постройке 15 комбинатов америк. типа (Москва, Семипалатинск, Харьков, Ростов-на-Дону, Новосибирск, Самара, Саратов, Свердловск, Ташкент, Алма-Ата, Верхнеудинск, Запорожье, Иваново, Баку, Витебск). С целью перенесения опыта америк. П. м. в СССР во всесоюзном объединении П. м. работают америк. инженеры и техники-специалисты этой промышленности. Одновременно Союзмясо организовало в Чикаго свою проектировочную контору, где советские

инженеры вместе с америк. инженерами заняты проектированием новых мясокомбинатов. В первую очередь будут закончены и пущены в работу московский и семипалатинский комбинаты. В строительстве, как и в проектировочных работах, принимают участие лучшие америк. специалисты и инженеры. Так как оборудование мясокомбинатов нашей промышленностью не производится, комплекты этого оборудования для первых мясокомбинатов полностью закупаются в Америке. Производство оборудования для следующих комбинатов организуется в СССР. Суточная пропускная способность московского комбината при двухсменной работе—1 500 голов крупного рогатого скота, 4 000 свиней. Основной корпус московского комбината пяти-, семиэтажный. Комбинат будет располагать 15 основными цехами с 80 отделениями. Пропускная способность семипалатинского комбината—1 000 голов крупного скота, 2 000 свиней и 4 000 овец. Все процессы производства на этих комбинатах будут механизированы и объединены конвейером. Эти два комбината явятся первыми двумя предприятиями, которые откроют совершенно новую страницу в истории нашей мясной промышленности.

Совершенно очевидно, что, строя новые предприятия П. м., необходимо максимально использовать все существующие у нас в этой области. До указанного решения ЦК ВКП(б) у нас не было фактически П. м. не только с точки зрения современной техники, но и с точки зрения ее организационного построения как единой отрасли промышленности,—единой организованной П. м. у нас не было. Она была не только раздроблена по отдельным производственным процессам, но и распылена по многочисленным самым разнообразным по роду своей деятельности ведомствам, организациям и учреждениям. Большинство предприятий, относящихся к сфере производства П. м. имело не промышленный, а торговый характер (бойни и др.). Если взять всю массу существующих у нас предприятий, то к П. м. должны быть отнесены следующие из них: а) бойни, б) бэконные ф-ки, в) мясоконсервные заводы, г) колбасные мастерские, д) кишечные мастерские, е) кровеобрабатывающие мастерские, ж) салотопки, з) кожепосолочные мастерские, и) органо-терапевтические лаборатории, к) утилизационные заводы, л) фрейбанки при бойнях и м) все холодильники и холодильные установки при этих предприятиях. Как мы уже указывали выше, все эти предприятия являются цехами мясокомбината. У нас они не только существовали и действовали как самостоятельные производственные единицы, но и подчинялись различным учреждениям. В настоящее время всесоюзное объединение П. м. уже успело объединить в своем ведении предприятия, составляющие 80% пропускной способности всех предприятий страны. С переходом указанных предприятий в ведение объединения Союзмясо была произведена реорганизация и системы производственной работы этих предприятий и их управления. Все однородные предприятия, находящиеся в каждом данном населенном пункте (несколько боен, кишечных, колбасных и т. д.), концентрированы и дооборудуются более совершенными машинами. Разнородные предприятия, находящиеся в каждом данном населенном пункте (бойня, бэконная фабрика, холодильник, кишечные, мясоконсервные и т. д.), объединяются в «комбинат» под единым административным и техническим управлением Предприятия, работавшие ранее как самостоятельные, становятся цехами этого комбината. Такой комбинат переводится на режим работы фабрично-заводского предприятия, работающего по единому промфинплану (раньше этого не было), и по возможности «стягивает» свои цехи на одну территорию, организуя их вокруг наиболее оборудованной единицы (бэконная фабрика, бойня, холодильник и т. д.). Основной производственной задачей указанных комбинатов является поднять уже в 1931/32 г. использование живого веса скота не менее как до 75% в среднем, т. е. увеличить это использование по сравнению с 1929/30 г. на 25%. С другой стороны, такое комбинирование работы предприятий является реальным подготовительным шагом вперед на пути создания современной мясной промышленности.

Социалистич. реконструкция П. м. безусловно должна сопровождаться социалистической реконструкцией и ее сырьевой базы. Поэтому второй важнейшей директивой ЦК ВКП(б) по разрешению мясной проблемы является требование ликвидации чрезмерного отставания индивидуальн. бедняцко-середняцкого скотопроизводства, путем усиленного строительства крупных скотопроизводческих совхозов и колхозов, разведения специального мясного скота, при одновременном развернутом наступлении на капиталистические элементы деревни. Для выполнения этой задачи в 1929/30 году организовался ряд всесоюзных государственных объединений по производству скота: Скотовод—для производства крупного рогатого мясного скота; Овцевод—для производства овец; Свиновод—для производства свиней. Программа совхозного скотопроизводства определена XIV съездом: товарный выход свиней по линии Свиноводтреста в 1930/31 году не менее 400 тысяч, в 1931/32 г. не менее 3 млн. и в 1932/33 г. не менее 7 млн. голов; число голов стада Скотовода довести в 1930/31 г. до 3,2 млн., в 1931/32 г. до 5,5 млн., в 1932/33 г. до 9—10 млн. голов; стадо Овцевода к концу пятилетки должно возрасти не менее чем до 10 млн. голов. Кроме того колхозы должны развернуть свое производство свиней т. о., чтобы сдать в 1931 г. всесоюзному объединению П. м. 1 млн. голов свиней. Рабочая кооперация должна выпустить на основе имеющегося у нее стада в 1931 г. 800 тыс. свиней и передать их П. м. и т. д. Руководящая роль П. м. в системе мясного хозяйства сказалась уже с первых шагов социалистической реконструктивной работы. Всесоюзное объединение П. м., будучи кровно заинтересовано в росте своей крупной социалистич. сырьевой базы, только за одно второе полугодие 1929/30 г. передало из своих заготовленных сырьевых ресурсов для создания крупного социалистического стада: Скотоводу 800 тыс голов крупного рогатого скота, Овцеводу 600 тыс. овец, Свиноводу 80 тыс. свиноматок, колхозам 200 тыс. свиноматок, рабочей кооперации 160 тыс. свиней, гос.

кооперативным молочным фермам 175 тыс. коров. В 1931 г. в целях дальнейшего роста стада совхозов Союзмясо намечает передать дополнительно: Скотоводу 2 750 тыс. голов крупного рогатого скота, Овцеводу 1 500 тыс. овец, Свиноводу 70 тыс. свиней, прочим совхозным и колхозным объединениям 1 400 тыс. голов крупного рогатого скота. Этой передачей Союзмясо заканчивает формирование своей государственной сырьевой базы. На основе полученного поголовья стада совхозы смогут быстро увеличивать свое стадо путем нормальной производственной работы и тем самым обеспечивать ежегодный массовый выпуск скота—сырья П. м.

Советский Союз имеет все данные к тому, чтобы и в области П. м. в самое ближайшее время не только ликвидировать мясные затруднения, но и выдвинуться на первое место во всей мировой промышленности. Этому способствуют как социалистич. формы нашего хозяйства, так и климатические и пространственные условия нашей страны.

Лит.: Корнюшин Ф. Д., Пути разрешения мясной проблемы, Сборник статей, М.—Л., 1930; «Мясное хозяйство на новых путях», Сборник статей под ред. Ф. Д. Корнюшина, М.—Л., 1930; Микоян А. и Корнюшин Ф., Мясная проблема, М.—Л., 1930; «Мясное хозяйство», М.; Economics of the Packing Industry, part 1, History and Organisation, Chicago, 1925; The Packing Industry, Series of Lectures, Chicago, 1924; The Packers' Encyclopedia, Chicago, 1923; The National Provisioner, Chicago; Report of the Federal Trade Commission on the Meat Packing Industry, part 1—5, Washington, 1919—20; Hanfland C., Die amerikanische Fleischindustrie, Leipzig, 1929. **Ф. Корнюшин.**

Международный мясной рынок. Рост потребления мяса, тесно связанный с ростом городских и промышленных центров, привел к географической и экономич. концентрации боенного и консервного дела, полнее всего выразившихся в мясной промышленности Соединенных штатов Америки. Так, по данным цензов и других обследований этой промышленности развитие ее шло следующим образом (табл. 1):

Табл. 1.—Развитие мясной промышленности в США.

Годы	Число пром. заведений	Число рабочих	Число HP	Стоимость продукции (млн. долларов)
1899	882	68 386	85 008	783,8
1904	929	74 164	115 831	913,9
1909	1 221	87 813	201 697	1 355,5
1914	1 279	98 832	252 079	1 652,0
1919	1 304	160 956	358 522	4 246,3
1923	1 397	132 792	382 127	2 585,8
1927	1 250	119 095	489 576	3 057,2
1929	1 244	121 246	—	3 394,7

Приведенные выше данные не включают продолжающей еще держаться и в США мелкой боенной промышленности, дающей около 20% общей продукции; характерной же для американской П. м. является именно крупная капиталистич. форма ее организации и не прекращающаяся географическая (район к югу от Больших Озер) и экономическая ее концентрация: в то время как к началу текущего века в среднем на одно промышленное заведение приходилось 78 рабочих, в 1927 г. их было уже 96; энерговооруженность 30 лет тому назад выражалась цифрой 97 HP, в 1927 г. она поднялась до 390 HP; наконец средняя продукция увеличилась с 890 тыс. долл. до 2,45 млн. долл. При увеличении числа рабочих на 25% продукция увеличилась т. о. в 2,5 раза. Война 1914—18 гг. и поставка мяса и консервов воюющим армиям подняли американскую П. м. на высшую точку развития: в 1919 г. среднее число рабочих дошло до 150 чел. на промышленное заведение, средняя продукция—до 3,3 млн. долл.; но, сократив несколько число предприятий и значительно сократив число рабочих, американская П. м. твердо стала на путь дальнейшей механизации и интенсификации производства. По валовой продукции она заняла второе место среди других отраслей американской промышленности. Снабжая мясом и консервами население страны (душевое потребление дошло до 136,8 фн. в год), американская мясная промышленность продолжает снабжать и мировой рынок, в частности—европейский рынок, хотя экспорт за исключением вывоза свиного сала заметно уменьшился по сравнению с довоенным вывозом (табл. 2).

Табл. 2.—Мясной экспорт США.

Род продукта	1910/14 г.	1929 г.		1930 г.	
	Колич. в тыс. фн.	Колич. в тыс. фн.	Стоимость в тыс. долл.	Колич. в тыс. фн.	Стоимость в тыс. долл.
Мясо и телятина	71 718	16 349	2 928	19 233	2 840
Свинина	403 813	343 684	61 422	277 352	50 363
Баранина и ягнятина	3 539	835	211	1 251	221
Мясо других животных, консервы и другие продукты	—	82 638	14 216	92 466	12 188
Сало говяжье	29 029	3 840	327	5 594	398
Сало свиное	474 355	829 328	105 530	642 486	73 434
Прочие животные и смешанные жиры	110 891	22 172	2 904	86 035	9 247

Второе после Соединенных штатов Америки место на мировом мясном рынке еще недавно принадлежало Австралии; вывоз ее виден из табл. 3:

Табл. 3.—Мясной экспорт Австралии.

Род продукта	1913 г.		1928/29 г.	
	Тыс. фн.	Тыс. долл.	Тыс. фн.	Тыс. долл.
Мясо крупного рогатого скота мороженое и охлажденное	218 919	12 907	189 090	14 056
То же, заготовленное другими способами	50 788	4 395	4 612	771
Баранина	154 144	9 701	74 929	10 541
Мясо других животных	52 124	5 274	—	—
Сало неочищенное	161 022	10 513	87 087	6 736

В то время как в америк. П. м. большое место занимает консервная промышленность, Австралия вывозит почти исключительно мороженое и охлажденное мясо; в 1922/23 г. здесь имелось для холодного консервирования мяса 344 предприятия с 7,7 тыс. рабочих, с продукцией в 11,3 млн. фн. ст., тогда как в США в то же время холодной обработкой мяса занято было 116 промышленных заведений с 5,8 тыс. рабочих и валовой продукцией в 33 млн. долл.; зато

мясоконсервная промышленность США в 1923 г. насчитывала 1 894 промышленных предприятия с 57 тыс. рабочих.

В настоящее время Аргентина по вывозу скота и мясных продуктов уже опередила Австралийские доминионы. Вывоз Аргентины на мировой рынок виден из табл. 4.

Табл. 4.—Мясной экспорт Аргентины.

Род продукта	1913 г.		1930 г.	
	Тыс. фн.	Тыс. долл.	Тыс. фн.	Тыс. долл.
Мясо мороженое . .	732 046	32 953	217 700	14 792
» охлажденное	75 342	3 392	761 744	59 2200
Баранина морожен.	101 253	3 646	177 162	12 033
Мясные консервы .	27 721	1 248	138 546	14 166
Сало сырое и топленое	139 086	9 869	112 097	6 204

О мясном экспорте Бразилии наши сведения суммарны, хотя рост его за последние годы резко поднялся: в 1926 г. было вывезено отсюда 12,2 млн. фн. мороженого и охлажденного мяса, в 1929 г.—уже 174 917 млн. фн. на 13 150 млн. долл.

Потребителями америк. мясной продукции вопреки распространенному представлению являются не только европейские государства, но и длинный ряд внеевропейских стран и колоний. Первое место принадлежит все же Англии, забирающей около 30% американского мясного экспорта; затем следуют: Канада (15%), Германия (12%), Голландия (9%), Куба (6%) и т.д. Табл. 5 дает распределение по странам главных предметов американского мясного экспорта за 1930 г. (в тыс. долл.):

Табл. 5.—Распределение мясного экспорта Соединенных штатов Америки по странам назначения.

Страны назначения	Окорок	Бэкон	Сало	Другие жиры (Oleo-oil)
Всего	23 692	13 711	73 434	5 871
В том числе:				
Германия	—	495	112 729	1 370
Италия	—	452	1 222	—
Англия	19 268	7 460	26 951	1 180
Канада	1 580	623	1 437	—
Куба	616	1 786	7 209	116

Рост мясного импорта Англии и Германии виден из табл. 6.

Табл. 6.—Рост мясного импорта Англии и Германии.

Род продукта	1913 г.		1930 г.	
	Млн. фн.	Млн. долл.	Млн. фн.	Млн. долл.
Англия				
Мясо крупного рогатого скота мороженое и охлажденное	1 030	78,2	1298,6	146,2
Баранина мороженая	583	51,5	715,3	95,7
Бэкон	544	84,8	1029,3	250,1
Окорока	96	14,9	112,6	24,2
Сало	225	27,0	280,8	33,4
Германия				
Мясо, окорока и птица	151	22,3	246,9	31,6
Сало	227	28,3	177,2	21,8

Относительная бедность скотом и особенно низкое качество последнего исключали возможность сколько-нибудь значительного экспорта мяса из б. России: в 1913 г. было вывезено мяса всякого 33 тысячи пудов на 152 тыс. руб., из которых 29 тыс. руб. приходилось на свинину. Мясной экспорт после революции возобновился в следующих размерах:

1924/25	6 843	*m*	на	3 005	тыс. руб.
1925/26	11 330	»	»	5 038	» »
1926/27	16 555	»	»	7 466	» »
1927/28	35 616	»	»	16 092	» »
1928/29	40 604	»	»	18 652	» »
1930/31	5 307	»	»	3 370	» »

Экспорт последних трех лет приведен в табл. 7.

Табл. 7.—Мясной экспорт СССР за 1928/29—1930/31 гг.

Род продуктов	1928/29 г.		1930 г.		1931 г.	
	m	тыс. руб.	*m*	тыс. руб.	*m*	тыс. руб.
Всего	40 604	18 652	5 307	3 370	2 252	1 155
В том числе:						
Бэкон	16 027	10 945	2 717	1 937	1 649	734
Свинина морож. и охлажденная	8 323	3 986	798	357	—	—
Проч. мясо морож. и охлажден.	1 679	380	702	281	—	—
Мясо копченое . . .	60	46	68	44	1	5
Сало свиное соленое . .	0,3	0,3	0,2	0,2	—	—
Сало свиное топленое .	30	22	5	5	—	—
Сало скотское проч.	6	6	10	4	—	—
Прочие мясные продукты . . .	892	354	793	385	303	69

Рынок наших мясопродуктов носит пока довольно случайный характер; вывоз за три последних года по странам назначения, приведенный в табл. 8, за последние годы значительно сократился:

Табл. 8.—Вывоз мяса из СССР по странам назначения.

Страны назначения	Бэкон					
	1928/29 г.		1930 г.		1931 г.	
	m	тыс. руб.	*m*	тыс. руб.	*m*	тыс. руб.
Англия . .	13 868	9 421	1 888	1 370	1 336	514
Италия . .	906	639	—	—	—	—
Латвия . .	150	112	612	417	488	176
Франция .	1 056	744	95	60	—	—

Страны назначения	Прочие мясные продукты					
	1928/29 г.		1930 г.		1931 г.	
	m	тыс. руб.	*m*	тыс. руб.	*m*	тыс. руб.
Англия . .	318	160	198	112	4	2
Италия . .	5 783	2 368	1 501	604	139	32
Латвия . .	175	83	70	69	—	—
Франция .	4 411	2 029	544	250	102	18

В связи со значительным уменьшением стада, обнаруженным переписью скота, произведенной в феврале 1932 г., последовал ряд правительственных постановлений, имеющих целью поднять интерес к животноводческой проблеме и содействовать восстановлению стада.

В целях упорядочения дела заготовок мяса и дальнейшего облегчения выполнения плана мясозаготовок, сокращенного постановлением СНК и ЦК от 10 мая 1932 г., издано СНК СССР и ЦК ВКП(б) постановление от 24 сентября 1932 г., которым план сдачи мяса совхозами на период с 1 октября 1932 г. по 1 января 1934 г. устанавливается в 300 000 *т*, против сданных за предшествовавшие 15 месяцев 130 000 *т*, и развертывается между скотоводческими совхозами. Для всех единоличных крестьянских хозяйств и колхозных дворов устанавливается обязательная поставка мяса государству по установленным государственным ценам. Нормы сдачи установлены по районам отдельно для 1) единоличных хозяйств, 2) колхозных дворов, не имеющих животноводческих товарных ферм, и 3) для колхозных дворов, имеющих последние; эти нормы более высокие для последней группы и самые низкие для первой группы хозяйств; точно так же по краям и республикам установлены и сроки выполнения плана, причем наибольший процент поставок приходится на последние кварталы года.

Лит.: Leslie W., Foodstuffs Exports Trade of the U. S., Wsh., 1925; Commerce Yearbook 1929 a. 1930, Washington, 1930. **В. Шарый.**

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ, рисунок, картина, модель и другие произведения, предназначенные для массового воспроизведения, охраняемые законом аналогично *изобретениям* (см.). Наше законодательство (закон о промышленных образцах от 12 сентября 1924 г., Собрание законов 1924 г., № 9, ст. 98) ограждает: а) новые по виду или форме художественно-промышленные рисунки, предназначенные для воспроизведения в соответствующих изделиях, и б) новые по виду, форме, устройству или расположению частей модели, предназначенные для промышленности, кустарного производства, торговли, ремесла, домашнего обихода и вообще для всякой работы. Под понятие «рисунок» наше право подводит всякий объект, предназначенный для художественной промышленности, независимо от того, имеет ли он плоскостную или объемную форму. Промышленно-художественные образцы, являясь одновременно и объектами художественного творчества, подпадают под действие авторского права. По действующему советскому авторскому законодательству (общесоюзный декрет «Основы авторского права» от 16 мая 1928 г., Собрание законов 1928 г., № 27, ст. 245) авторское право охватывает также «рисунки, произведения живописи, скульптуры, архитектуры и графических искусств» (ст. 4). В отношении использования художественных произведений для целей пром-сти этот декрет постановляет: «не считается нарушением авторского права использование художественных и фотографических произведений в изделиях фабрично-заводской, кустарной и ремесленной промышленности, при условии уплаты автору гонорара в размерах и порядке, устанавливаемых законодательством союзных республик» (ст. 9 п. «п»). Постановление СНК РСФСР от 8 января 1929 г. «о ставках вознаграждения за использование в промышленности произведений изобразительных искусств» («Бюллетень финанс. и хоз. законодательства», 1929 г., № 21, стр. 51) устанавливает ставки авторского вознаграждения во всех случаях воспроизведения или использования произведения изобразительных искусств (живописи, ваяния, архитектуры, рисунков, чертежей, фасонов, моделей, этикетов и пр.) в изделиях фабрично-заводской кустарной и ремесленной пром-сти в тех случаях, когда автором произведения или законными его правопреемниками не заключено с промышленным предприятием соглашения о вознаграждении в другом размере (ст. 3). Отметим, что постановление это относится к рисункам, не зарегистрированным в порядке закона о правообразцах (ст. 1).

Аналогия между общеполезными образцами и изобретением настолько велика (модели по своей сущности являются простейшими видами изобретений), что господствующее в литературе мнение считает невозможным провести демаркационную линию между обоими понятиями; П. о. и изобретение переходят друг в друга, почему П. о. может быть огражден в качестве изобретения, а изобретение может быть охранено в виде П. о. Однако не всякий П. о. может быть приравнен изобретению. Основным элементом П. о. является его вещественное расположение в пространстве и определенность формы. Согласно установившейся практике Комитета по делам изобретений объектом регистрации в качестве П. о. может быть лишь определенный конкретный и отчетливый во всех своих деталях предмет (модель), чем не являются напр. способы изготовления изделий, которые однако м. б. запатентованы в качестве изобретений; не подойдут также под понятие П. о. вещественные предметы, не обладающие постоянством форм, расположение которых в пространстве может или даже должно меняться (порох, мазь и т. п.). Сфера охраны изобретений и П. о. принципиально различна: в то время как охрана изобретения охватывает идею и способ разрешения таковой, объектом регистрации П. о. может быть лишь определенный и конкретный по форме предмет. В качестве промышленных образцов (моделей) охраняются между прочим особые конструкции станков, равно как и разные несложные машины, несложные приборы и приспособления, особо устроенные таблицы (применяемые например глазными врачами или при контрольных часах и т. п.).

Наше право охраняет лишь новые П. о.: рисунки должны быть новы «по виду или форме», а модели—новы «по виду, по форме, по устройству или расположению частей». Следуя моменту целесообразности, действующий закон предъявляет к промобразцам пониженные требования в отношении новизны сравнительно с изобретениями. Требование новизны считается невыполненным, если «ко времени совершения заявки такие же или весьма сходные с ними образцы открыто применялись на территории СССР или были достаточно описаны в печати в течение 50 предшествующих лет» (ст. 1 декрета о промышленных образцах). Т. о. открытое применение за границей, равно и описание в литературе последних 50 лет, не лишает модель «новизны», в то время как изобретение в таких случаях почитается не новым. Никакой проверки «новизны» П. о. Коми-

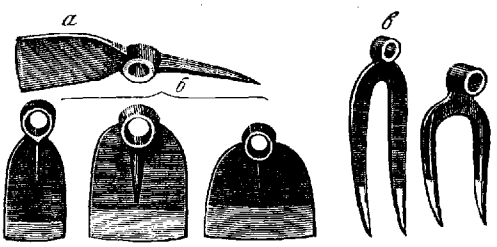
тетом по делам изобретений не производится; Комитет проверяет заявление лишь со стороны формальной, а равно со стороны соответствия заявленного предмета П. о. и вносит образец в реестр не позднее двух недель со дня принятия заявки. О состоявшемся внесении образца в реестр заявителю выдается свидетельство и производится публикация в «Вестнике Комитета по делам изобретений» (ст. 5). Если же Комитетом был зарегистрирован ненадлежащий образец, т. е. в случаях а) несоответствия зарегистрированного предмета понятию рисунка или модели, б) отсутствия творчества в виде или форме предметов, в) отсутствия новизны в указанном выше смысле, г) противоречия П. о. законам (контрреволюционный, порнографический и т. п.), равно д) доказанности, что заявитель не является автором или правопреемником его,—выданное свидетельство признается недействительным по суду. Иск об уничтожении свидетельства м. б. возбужден всяким заинтересованным лицом. Срок исковой давности в декрете не указан, так что в данном случае действует общегражданская давность, т. е. три года со дня публикации о внесении образца в реестр. Право на П. о. принадлежит автору его или его правопреемнику. При заявке П. о. никаких подписок об авторстве не отбирается. В отличие от установленного законом порядка перехода будущих изобретений служащих и рабочих к предприятию, ограждающего интересы этих изобретателей (см. *Изобретательство рабочее*), в отношении П. о. предоставляется предприятиям заключать со своими служащими, особо приглашенными для составления образцов, договоры, по которым эти служащие заранее уступают предприятиям право на образцы, составленные ими по этим договорам (ст. 2). Заявка образца и внесение его в реестр не лишают автора права на получение патента, если образец носит характер изобретения (ст. 1, примечание). Лицо, зарегистрировавшее образец, пользуется исключительным правом на промышленное его использование (ст. 7); право это ограждается не только в гражданском, но и в уголовном порядке (ст. 11). Иностранные граждане пользуются правом на образец наравне с гражданами СССР (ст. 12). Необходимо отметить, что ныне действующий закон о П. о. 1924 года, знающий лишь исключительное право владельца регистрационного свидетельства, к тому же охраняемое в уголовном порядке, находится в противоречии с законом реконструктивного периода об изобретениях и технических усовершенствованиях 1931 г. Последний (см. *Патентное право*) устанавливает в основном для советских изобретателей не исключительное право (патент), а авторскую систему ограждения, при которой осуществление изобретения принадлежит обобществленному сектору народного хозяйства. Рассчитанная на иностранные предприятия и фирмы патентная охрана изобретений не знает уголовной охраны.

Проект нового закона о П. о., выработанный Бюро новизны Комитета по изобретательству при СТО, предусматривает, аналогично закону об изобретениях и технич. усовершенствованиях 1931 г., двоякую форму охраны: а) в виде авторских удостоверений и б) в виде регистрационных свидетельств (исключительное право). Проект устанавливает возможность одновременной охраны данного объекта в качестве изобретения и в качестве П. о.; лицо, претендующее на авторское свидетельство по изобретению, может во избежание коллизии получить только авторское удостоверение по идентичному промобразцу. Права рабочих и служащих на сделанные ими в условиях производства П. о. регулируются так же, как и по действующему закону. Вместе с тем проект отменяет ныне действующую явочную систему регистрации П. о., при которой на один и тот же образец может быть выдан ряд свидетельств с отсылкой всех обладателей последними в суд для разрешения спора о действительно правомочном лице, и вводит ограниченную экспертизу: Бюро новизны проверяет заявки на П. о. лишь в пределах ранее зарегистрированных в СССР П. о.

Лит.: Хейфец И. Я., Промышленные права и их хозяйственное значение в Союзе ССР и на Западе, гл. 7, М., 1930. Там же указана и главнейшая иностранная литература по данному вопросу. **И. Хейфец.**

ПРОПАШНИКИ и мотыги, орудия для обработки рядовых и гнездовых посевов или посадок и служат как для разрыхления их междурядий, так и уничтожения в них сорной растительности. Орудия эти могут быть ручными, конными и моторными и в зависимости от типа применяются для обработки одного или нескольких междурядий одновременно.

Ручные мотыги. К простейшим ручным орудиям следует отнести обыкновенную ручную мотыгу или цапку (сапа).



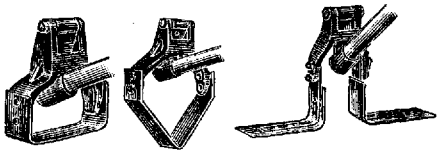
Фиг. 1.

В зависимости от ширины междурядий и рода обрабатываемых растений они имеют различную форму и ширину захвата. Терминология для отдельных видов ручных мотыг довольно путаная и до сего времени не установившаяся. Для тяжелых почв и глубокого мотыжения применяют кованые, стальные односторонние или двухсторонние орудия с широким лопатообразным лезвием (фиг. 1, *а* и б). К этой же группе м. б. отнесены мотыги тяжелого типа с вилообразными концами (фиг. 1, *в*), а также мотыги специального назначения, напр. *кетмень* (см.), болгарская огородная мотыга и т. п. К более легким видам этого орудия относятся цапы (цапки или тяпки) (фиг. 2), стальные, кованые, штампованые и литые (ковкого чугуна), которые применяются преимущественно на не особо тяжелых почвах при обработке свекловицы, подсолнуха и прочих технич. и огородных растений. С широким



Фиг. 2.

применением в хозяйстве конных и моторных многорядных П. или культиваторов потребление ручных мотыг, понятно, должно сократиться, но все же в нек-рых случаях и на небольших площадях ручная мотыга не потеряет своего значения. Видоизменение ручной мотыги представляет собою недавно появившаяся за границей так наз. «Rapid-Hacke», или быстрая мотыга, предназначенная для поверхностного рыхления почвы и уничтожения сорной растительности, а также многорядные полольные грабли системы Р. Сакка. В быстрой мотыге (фиг. 3) рабочая часть шарнирно соединена с ручкой, благодаря чему, производя работу с помощью этого орудия, не приходится поднимать его для удара, а только передвигать рукоятку взад и вперед для подрезывания сорняков. При помощи полольных грабель (см. фиг. 4) обрабатывают узкие междурядья, начиная с 10 *см* и выше, прикрепляя к ним в зависимости от числа и ширины междурядий 3—6 рабочих органов различной формы. При работе с этого рода граблями надевают через плечо лямку, соединенную с поперечиной грабель веревкой, и, прижимая рукоятку грабель к бедру, тянут по рядам за собою орудие. Более сложные ручные орудия представляют собою ручные колесные П., прототипом к-рых служит орудие, называемое у нас планетками. Наиболее простой П. этого рода—одноколесный «планет № 16»—состоит из крестообразной рамы с прорезами, в к-рые заводятся и закрепляются те или иные рабочие органы (фиг. 5, где: *а*—полольные ножки, *б*—мотыжные лапы, *в*—грабли, *г*—плужный корпус). Несколько сложнее двухколесный ручной П. № 11. До последнего времени, при недостатке многорядных конных



Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

П. или мотыг, для обработки междурядий технич. культур, в особенности на свекло-сахарных плантациях, применялись планетки, к-рые по несколько штук прицеплялись на веревках к ваге, в оглобли к-рой впряжена лошадь, и таким способом обрабатывалось несколько рядов сразу. Этот прием применения планеток несколько увеличивает производительность орудий, но все же он требует по одному человеку для направления каждой планетки, а также одного лишнего человека для того, чтобы водить по рядам лошадь.

Конные П. в зависимости от назначения имеют весьма разнообразную конструкцию и строятся для обработки одного, двух и нескольких рядов растений сразу. Америк. машины рассчитаны для обработки более широких междурядий, чем европейские, и менее их универсальны, благодаря чему для междурядных работ применяют несколько типов, а именно: 1) одно- и двухрядные орудия для широких междурядий и высоких растений (кукурузы и хлопчатника), рама которых, поддерживаемая колесами значительного диаметра, пропускает под осью растения до 1 *м* высотою; 2) двух-, трех- и четырехрядные орудия—для средних по ширине междурядий и не особо высоких растений, как напр. сахарная свекла или бобы. Машины эти снабжаются колесами меньшего диаметра и имеют более низкую раму, под к-рой без повреждения проходят вышеуказанные растения; 3) однорядные П., применяемые между рядами растений, для различных культур на небольших площадях.

В Европе благодаря лучшей обработке почвы, широкому применению удобрений и климатическим условиям принято высевать или высаживать растения с менее широкими междурядьями, чем в Америке, а также в виду отсутствия культуры хлопчатника и сравнительно небольших площадей, занятых кукурузой, преобладает тип универсального многорядного культиватора-П., применяемого для сравнительно невысоких растений с различной шириной междурядий, и тип однорядного П., по устройству рамы напоминающего американский. Американские однорядные П., обрабатывающие пространство между двумя рядами растений, в виду существующей разницы в ширине междурядий, имеют трехугольную раму из сходящихся спереди стальных пластинок, соединенных между собою шарниром. Благодаря такому устройству рама с прикрепленными к ней рабочими органами м. б. установлена согласно требуемой ширине междурядья. Более современный одноконный П., послуживший повидимому прототипом подобным европейским орудиям, является П. «планет № 8» (фиг. 6). Как и все одноконные П., он имеет изогнутую уступами трехугольную раздвигающуюся раму, к которой прикрепляются в различных положениях пять стоек с теми или другими рабочими органами (узкими наральниками для глубокого рыхления, отвальцами для этажного окучивания, двухсторонними ножами для подрезки сорной растительности, корпусом окучника и пр.). При помощи особого рычага рама м. б. сужена до 25 *см* или раздвинута до 64 *см*. Небольшое колесо на



Фиг. 6.

передней части рамы, переставляемое посредством второго рычага, совместно с ползуном служит для установки глубины погружения рабочих органов в почву. Для обработки междурядий шире 64 *см* имеется П. № 82 в 7 стоек—для междурядий шириною до 107 *см*. По типу «планет», но со значительными упрощениями, построен П. системы Джевецкого (фиг. 7). В настоящее время в Европе каких-либо оригинальных конструкций одноконного П. не имеется, и большинство заводов с нек-рыми изменениями копирует вышеописанный «планет

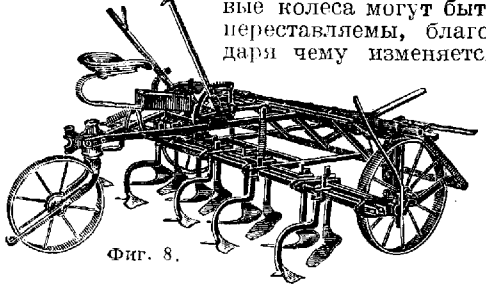


Фиг. 7.

№ 8». Междурядные конные П.-культиваторы для высоких растений (кукурузы, сорго, хлопка и пр.), применяемые преимущественно в Америке и странах, где этими растениями заняты значительные площади, строятся для обработки одного или двух рядов растений, расположенных друг от друга на расстоянии в среднем 1 *м*. Конструкция этих машин у америк. заводов установилась одна за исключением некоторых мелких деталей, а потому в качестве типовых П. этого рода считают П.-культиваторы Международной компании жатвенных машин. Однорядный культиватор № 4 применяется для обработки двух полумеждурядий или одного ряда растений, отстоящего от другого на расстоянии 71—102 *см*, пропуская их без повреждения под рамой, которая поддерживается двумя колесами, вращающимися на вертикальноповоротных осях. Направление последних по междурядьям достигается при помощи двух педалей. Главный рычаг служит для подъема и погружения в почву секции наральников, не нарушая установленной глубины обработки, регулируемой отдельными рычагами. Имеется также специальный рычаг, при помощи к-рого секции м. б. подведены ближе или удалены от обрабатываемого ряда растений. В зависимости от ширины междурядий и рода растений к каждой секции культиватора прикрепляются 2, 3 или 4 стойки с наральниками или другими рабочими органами. Стойки снабжаются деревянными предохранительными штырями, ломающимися при наезде на препятствия, или пружинными предохранителями. Для обработки только что взошедших растений и предохранения от засыпки их почвой, отбрасываемой наральниками, на стойках секций, ближайших к ряду растений, могут быть установлены защитные диски или щитки. Культиватор в зависимости от рода выполняемой работы снабжается наральниками, плоскими односторонними или двухсторонними ножами, отвальцами, а также прочими приспособлениями, применяемыми при междурядных работах.

Двухрядные конные культиваторы марки UD и UE обрабатывают два ряда с двух сторон (одно—цельное междурядье и две—половины соседних). Эти машины применяются гл. обр. на плантациях, которые были посажены двухрядной сажалкой. При применении этих культиваторов искривление рядов или неравномерное расположение двух соседних парных рядов не отражается на качестве его работы. Культиватор UD применяется для более широких междурядий, 102—112 *см*, а UE—для более узких, 81—102 *см*. Культиваторы, предназначенные для обработки парных рядов, посаженных двухрядной сажалкой, выпускаются с перекрещивающимися дугами, благодаря которым имеется возможность при помощи рычага удалить или приблизить одновременно к рядам растений секции. Машины с неперекрещивающимися дугами выпускаются для обработки рядов, посаженных однорядной сажалкой или л и с т е р о м. Применение неперекрещивающихся дуг вызывается тем, что расстояние между рядами, посаженными однорядной сажалкой, не достигает той точности, как это имеет место при двухрядной. На этом основании необходимо, чтобы во время работы каждая пара секций, обрабатывающая один ряд, могла бы приноравливаться независимо от другой к направлению обрабатываемого ею ряда.

Обыкновенно отпускаемое з-дом с культиватором оборудование состоит из четырех предохранительных щитов, 8, 12 или 16 стоек для культиватора-П. UD и 8—12 стоек для П. UE. Дополнительно отпускаются наборы наральников, приспособления для поверхностной обработки и дисковые щиты. Америк. многорядные П.-культиваторы на 2, 3 и 4 ряда—для обработки гл. обр. сахарной свеклы и бобов—строятся по одному образцу многими америк. заводами с несущественными изменениями в деталях (фиг. 8).

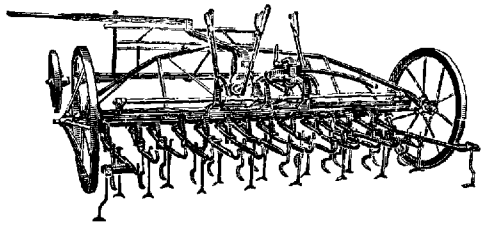


Фиг. 8.

На раме орудия ходовые колеса могут быть переставляемы, благодаря чему изменяется между ними расстояние в пределах 1,63—2,36 *м*, что необходимо при установке ширины обработки междурядий. Вертикальноповоротные оси ходовых колес соединены тягами с подвижной балкой орудия, и при изменении направления колес (нажатием той или другой ножной педали) одновременно сдвигается в ту же сторону и вся тяговая балка с прикрепленными к ней стойками. Культиватор снабжен рычагом для подъема и погружения орудий обработки в почву и рычагом, выравнивающим положение тяговой балки по отношению к поверхности почвы, что в особенности необходимо при работе на склонах или когда попадаются твердые места в поле, по к-рым орудие может лишь скользить, не производя рыхления почвы. В Германии для обработки сахарной свеклы з-ды строят четырехрядные П.-культиваторы на тягу одной лошади, весьма схожие с америк. орудиями, пред-

назначенными для той же цели. Разница в конструкции состоит лишь в том, что колеса орудия вращаются на прямой оси и направление их по междурядьям достигается направлением лошади. В виду того, что при таком устройстве правильная и точная обработка междурядья не достигается, П. снабжен рулевой рукояткой, к-рой сдвигается при помощи зубчатого сегмента в ту или другую сторону тяговая балка, с прикрепленными к ней стойками с рабочими органами орудия.

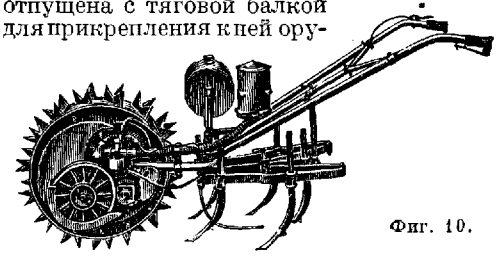
Более сложная мотыга, применяемая для междурядной обработки как свекловицы, так и зерновых хлебов с узкими междурядьями, снабжается для более точного направления по рядам двухколесным передком, управляемым отдельным человеком (фиг. 9). Орудие имеет раму, поддержи-



Фиг. 9.

ваемую колесами большого диаметра, снабженную тяговой балкой, перемещающейся в ту или другую сторону при помощи рулевой рукоятки (как на описанном выше П.). К тяговой балке шарнирно прикреплены тяги или сравнительно легкие г р я д и л и, к к-рым привертываются на стойках те или иные рабочие органы (плоские односторонние и двухсторонние ножи, гусиные лапы и пр.). Благодаря направлению хода П. при помощи руля передка и смещению тяговой балки с рабочими органами в ту или другую сторону, имеется возможность производить точную обработку очень узких междурядий без подрезки растений. Подобные машины строятся до 2,1—2,2 *м* захватом и требуют для управления не менее двух человек, а при непривыкших к этой работе лошадях и третьего человека—для направления их по рядам. В еще более сложных П.-культиваторах стойки с рабочими органами прикрепляются не к тягам непосредственно, а к шарнирным параллелограмным рамкам, соединенным в свою очередь с тягами, благодаря чему стойки с рабочими органами остаются постоянно в перпендикулярном положении независимо от всех неровностей почвы. При современном переходе сельск. х-ва от животной тяги к механической для междурядных работ в садах и огородах начали широко применять моторные П.-культиваторы или садово-огородные тракторы, а для полевых культур (свеклы, картофеля, бобов, кукурузы, хлопчатника, капусты, табака, томатов и пр.) — тракторы универсального применения, оборудованные в зависимости от обрабатываемых растений теми или иными приспособлениями для обработки их междурядий. Моторные культиваторы применяют на огородах, в крупных фруктовых и лесных питомниках, а также в цветочных и семенных хозяйствах. Эти культиваторы—в большинстве случаев двухколесные машины небольшой мощности, и за редким исключением работающему приходится за ними ходить, направляя их за ручки по междурядьям, как это делается с однорядным конным П. Садовые тракторы обыкновенно снабжаются небольшим одноцилиндровым мотором с воздушным (реже водяным) охлаждением, мощностью от 1 до 7 HP. В зависимости от мощности машины они предназначаются для одного междурядья; перекатываясь между рядами растений или же проходя над рядом, они обрабатывают его с двух сторон (2 полумежду рядья). Более мощные машины при нешироких междурядьях обрабатывают при одном проходе 2, 3 и до 4 рядов. Рабочие органы этих культиваторов те же, что и у колесных ручных планеток (у маломощных машин), или те же, что у одноконных П. (у более мощных). Для характеристики существующих в настоящее время более совершенных машин этого рода ниже приводится краткое описание двух машин различной мощности.

М о т о р н ы й к у л ь т и в а т о р «Монотрэк» (фиг. 10) колониальной модели предназначен для замены одноконного культиватора типа «планет» и применяется для обработки междурядий шириною 25—30 *см* и свыше в садовых, свекловичных, табачных и чайных плантациях. Мотор культиватора с воздушным охлаждением мощностью $3^1/_2$ HP помещен внутри обода ведущего колеса. В зависимости от набора рабочих органов и приспособлений машина прорабатывает одно междурядье или один ряд растений с двух сторон. Кроме прямого назначения— междурядной обработки растений — культиватор м. б. применен с газонокосилкой, а также и для работы от шкива с машинами, не требующими более $1^1/_2$ HP. Машина м. б. отпущена с тяговой балкой для прикрепления к ней ору-



Фиг. 10.

дий или с особой рамой, напоминающей раму конного культиватора «планет № 8», к-рая м. б. сужена или расширена при помощи особого рычага.

С а д о в о-о г о р о д н ы й т р а к т о р «Стандарт» (США) является типичным представителем двухколесного садового трактора, направляемого по рядам за рукоятки, так же как это имеет место при работе с конной мотыгой. Особенность этой машины: относительно большая мощность мотора— в $3^1/_2$ HP, устройство и направление его тяговой балки с наральниками по рядам и возможность изменения ширины хода ведущих колес в широких пределах, а именно от 318 до 508 *мм*. Нормальная скорость хода машины 2,5 *км/ч* при 950 об/м., но м. б. изменена в пределах от 1 *км/ч* (при обработке молодых растений) до 3,75 *км/ч* (при обработке растений хорошо укоренившихся).

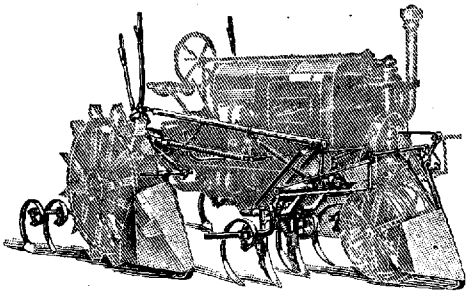
Для прикрепления стоек с наборами наральников или ножей трактор снабжен тяговой балкой особого устройства, поддерживаемой двумя колесами небольшого диаметра. Тяговая балка состоит из двух поперечных балок, соединенных шарнирно между собою двумя планками, прикрепленными в свою очередь также шарнирно к корпусу мотора. Благодаря такому соединению тяговых балок с трактором при всяком изменении в ту или другую сторону направления по рядам машины балка, оставаясь параллельной к оси трактора, не отходит в стороны, как это имело бы место при жестком ее сцеплении с трактором. Моторный культиватор применяют для обработки одного или двух рядов растений, пропуская их под осью или же идя между ними.

Тракторы универсального применения с соответствующим оборудованием, называемые также моторными культиваторами, все шире находят себе применение на обширных площадях, занятых технич. культурами. К конструкции трактора универсального применения в настоящее время предъявляются следующие требования: машина должна сравнительно быстро и тщательно обрабатывать междурядья растений, поддерживая их во время всего вегетационного периода в рыхлом состоянии и чистыми от всякой сорной растительности. Обрабатывая мелко или глубоко ряды растений или окучивая их, трактор не должен их повреждать, а также производить колесами вредного уплотнения почвы, к-рое могло бы нарушить нормальное их развитие. На концах рядов машина на коротком расстоянии должна легко поворачиваться и тут же, не заминая растений, переходить на соседние ряды для обратного следования. Качество работы д. б. одинаково удовлетворительно как на ровном месте, так и на склонах. Устройство трактора д. б. рассчитано на то, чтобы работающий на нем мог легко управлять работой мотора, изменять в зависимости от условий обработки скорость передвижения машины и в особенности правильно вести по междурядьям прикрепленные к стойкам культиватора те или другие комплекты наральников, ножей и прочих мелких орудий и приспособлений междурядной обработки. С этой целью устройство тяговой балки культиватора должно быть достаточно подвижно и допускать быстрое отклонение в ту или другую сторону секций наральников, во избежание подрезки растений при неправильном направлении машины или встрече с искривленными рядами. Одинаково легко должно производиться и изменение глубины обработки.

В Америке существует два типа универсального трактора, из к-рых один предназначен для обработки одновременно 2 или 4 рядов растений с широкими или более узкими междурядьями, а другой—на 3 ряда широких междурядий или 6 рядов узких. Двухрядный тип в большинстве случаев—трехколесный, а в некоторых случаях и четырехколесный трактор, но превращаемый для междурядной обработки в трехколесный культиватор. Третье колесо, которое помещается спереди или сзади, перекатывается между двумя рядами, в то время как широко расставленные ведущие колеса перемещаются с наружных сторон этих рядов. Просвет между осями трактора и почвой обыкновенно рассчитан для прохода под ними довольно высоких растений (обыкновенно до 75 *см*). Трехрядный трактор представляет собою обыкновенный легкий четырехколесный трактор с высоким просветом под осями и шириной хода колес, допускающей проход между ними 3 рядов растений. К тому же типу принадлежат и тракторы с более узким ходом колес, идущие по сторонам одного лишь ряда. Тот и другой тип имеет свои выгодные стороны, и трудно сказать, к-рый из них в конце-концов окажется более применимым. Так как тракторы универсального применения строятся преимущественно для рядовых культур, то для выполнения разнообразных работ, имеющих место при посадке семян растений и обработке их междурядий, заводы строят также различного рода приспособленные к ним сажалки и междурядные культиваторы, снабженные в зависимости от рода культуры специальными наборами узких—двухсторонних и более широких—трехугольных наральников (наподобие гусиных лап), односторонних и двухсторонних плоских ножей, отвальцев для невысокого окучивания, корпусов окучников и прочих приспособлений, применяемых при междурядной обработке.

Довольно трудно привести какие-либо точные данные о производительности моторного культиватора, так как она всецело зависит от ряда различных факторов. Можно лишь отметить, что скорость передвижения машины и расстояние междурядий имеют существенное влияние на количество обрабатываемых *га* за известный период времени. Само собою понятно, что тщательность междурядной обработки должна стоять на первом месте, и поэтому не всегда удается использовать возможную скорость хода машины. Когда растения еще малы и нежны, первая и вторая обработка междурядий производятся при более медленном ходе орудия, чем последующие; но с другой стороны, то обстоятельство, что машина не требует отдыха, необходимого животным, и что она может работать в самое жаркое время дня, а также и ночью при фонарях, дает возможность значительно увеличить производительность моторного культиватора в сравнении с конным. За среднюю производительность моторного культиватора, прорабатывающего одновременно 2 ряда кукурузы, можно считать 5,8—7,1 *га* в восьмичасовой день. Но указанные данные лишь средние, а многие опытные трактористы могут проработать на 20—25% больше и, наоборот, неопытный тракторист сработает в то же время не более 4—5 *га*. Вообще опыт и практика в деле междурядной обработки имеют значительное влияние на производительность машины. На склонах необходимо работать медленнее и более осторожно, а потому производительность в таких местах довольно сильно понижается. Во всяком случае при нормальных условиях для расчета можно принять 13 *га* кукурузы как среднюю производительность четырехрядного моторного культиватора за восьмичасовой день. В качестве типа трактора универсального применения и его оборудования для междурядных работ Междуна-

родная компания жатвенных машин выпустила удачно сконструированный трактор универсального применения. Построенный гл. обр. для обработки двух или четырех рядов кукурузы и хлопчатника с междурядьями в 965—1 077 *мм* (38—42″), он так же успешно применяется с особыми оборудованиями при обработке двух рядов картофеля с междурядьями в 864—965 *мм* (34—38″) (фиг. 11), четырех рядов свекловицы



Фиг. 11.

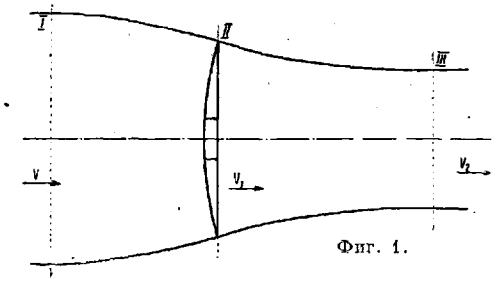
с междурядьями в 457 *мм* или чередующимися междурядьями в 457 и 554 *мм* (18—22″) или 457 и 610 *мм* (18—24″), а также для обработки табака, томатов и прочих растений с не особо узкими междурядьями. Трактор Фармол за исключением некоторых конструктивных особенностей является продолжением серии тракторов фирмы Мак-Кормик-Диринг (называемых у нас «интернационалами»). Особенности этих тракторов состоят в том, что для выполнения крутых поворотов автоматически затормаживается заднее колесо, на котором на месте выполняется поворот, а передние колеса описывают при этом круг с радиусом в 2,44 *м*.

Чтобы иметь возможность применять с трактором культиваторы, построенные для всевозможных культур с весьма различной шириной междурядий и приспособить ширину хода ведущих колес трактора к ним, Фармол снабжен колесами, к-рые м. б. обернуты на своих ступицах наружной стороной внутрь, что увеличивает нормальную ширину их хода с 1 880 на 2 108 *мм* (с 74 на 83″). Но так как этим не достигается приспособление хода колес трактора ко всем, имеющимся в Америке размерам междурядий, то завод строит также специальные колеса с наклонными спицами, при оборачивании к-рых на ступицах ширина хода м. б. изменена с 1 753 на 2 261 *мм* (с 57 на 77″), а также и колеса для трактора с более узким ходом, ширина к-рого тем же способом м. б. изменена с 1 448 на 1 950 *мм*. Кроме указанных изменений в ширине хода при помощи замены одного типа колес другими и их оборачивания изменение ширины хода производится еще и при помощи смещения в стороны устанавливаемых на гладких ободах колес покрышек с лопатообразными шпорами шириною в 203 *мм*. Покрышки эти представляют собою разрезанный пополам обод, прикрепляемый болтами к постоянному ободу колеса. Прикрепляя эти покрышки с «напуском» на наружный или внутренний край постоянного обода колеса, увеличивают или уменьшают ширину хода ведущих колес. **К. Шиловский.**

ПРОПЕЛЛЕР, аппарат для получения тяги в податливой среде. К П. относятся напр. гребной винт (см. *Воздушный винт*), различного рода колеса с клапанами и т. п. Теория П. основана на общих теоремах механики и в силу своей схематичности не зависит от конструктивных особенностей данного П. В приложении к винту она дает некоторые общие выводы, к-рые м. б. использованы для предварительных расчетов. Основой для расчета П. является теория идеального пропеллера Фруда и Финстервальдера. Теория эта базируется на следующих предположениях: П. образует струю жидкости (фиг. 1) с равномерным распределением скорости по поперечному сечению струи; жидкость предполагается идеальной и несжимаемой. В относительном движении скорость жидкости далеко перед П. равна поступательной скорости V пропеллера, в плоскости пропеллера скорость жидкости равна $V_1 = V + v$, в струе далеко за пропеллером $V_2 = V + v_1$ (скорости v и v_1 называются скоростями подсасывания и отбрасывания). Давления в струе далеко перед и за П. равны атмосферному. На границе струи скорость претерпевает разрыв непрерывности. На воронкообразное тело, заключенное между границами струи и плоскостями *I* и *III*, отстоящими весьма далеко от плоскости П., действует только тяга пропеллера P, т. к. давление на границах струи всюду равно атмосферному. По теореме о количестве движения получим

$$P = m\,(V_2 - V) = mv_1,$$

где m—масса жидкости, протекающая через плоскость П. в единицу времени. Так как давления в плоскостях *I* и *III* равны, то



Фиг. 1.

вся работа П. уходит на создание живой силы в струе. Живая сила в сечении *I* будет $\frac{mV^2}{2}$, в сечении *III* $\frac{mV_2^2}{2}$. Следовательно мощность будет

$$T_i = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV^2}{2} = m\left(V + \frac{v_1}{2}\right)v_1$$

или

$$T_i = P\left(V + \frac{v_1}{2}\right).$$

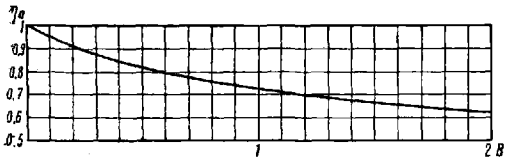
П. движется относительно жидкости со скоростью V_1, следовательно сила P производит в единицу времени работу PV_1. Приравнивая оба выражения, получим уравнение $v_1 = 2v$, что дает теорему Финстервальдера: скорость отбрасывания равна двойной скорости подсасывания. Так как $m = \varrho F V_1$, где ϱ—массовая плотность жидкости, $F = \frac{\pi D^2}{4}$ — площадь, ометаемая П., то из предыдущих ур-ий получим:

$$2\left(1 + \frac{v}{V}\right)\frac{v}{V} = B = \frac{P}{\varrho F V^2}.$$

Величина B называется коэфициентом нагрузки на ометаемую пропеллером площадь; она играет основную роль в теории П. (см. *Аэродинамика*, расчет самолета). Полезная секундная работа будет PV, следовательно идеальный кпд будет

$$\eta_a = \frac{V}{V_1} = \frac{2}{1+\sqrt{1+2B}}.$$

Зависимость η_a от B представлена графически на фиг. 2. Последнее ур-ие показы-



Фиг. 2.

вает, что выгоднее увеличивать диаметр П., т. к. при этом уменьшается B и увеличивается η_a, однако предел этому увеличению в действительном П. кладет мощность трения, возрастающая с увеличением диаметра.

В случае П., работающего на месте (идеальный геликоптер $V=0$), ф-лы получат вид:

$$P = mV_2 = mv_1, \quad V_2 = 2V_1 = 2v,$$

$$T_i = \frac{mV_2^2}{2} = \frac{Pv_1}{2} = PV_1, \quad m = \varrho F V_1.$$

Отсюда

$$P = 2\varrho F V_1^2,$$
$$T_i = 2\varrho F V_1^3.$$

Вводя относительный кпд $\eta_{отн.}$, равный отношению идеальной мощности к действительной мощности T, имеем:

$$T = \frac{1}{\eta_{отн.}} 2\varrho F V_1^3.$$

Исключая V_1, получим

$$\frac{P^3}{\eta^2_{отн.} T^2} = 2\varrho F$$

или, вводя диаметр D и мощность N в HP, получим ф-лу

$$P = (V\varrho \cdot 94{,}2 \cdot \eta_{отн.} ND)^{2/3},$$

носящую название ф-лы Вельнера. Величина относительного кпд $\eta_{отн.}$ обычно равна 0,50 ÷ 0,70 в случае аэропланных винтов, подымаясь выше в случае специальных геликоптерных винтов.

Дальнейшее обобщение теории идеального П. применительно к гребному винту получим, приняв, что жидкость в струе П. вращается, причем в относительном движении угловая скорость вращения далеко перед П. будет Ω, в плоскости пропеллера $\Omega = \Omega - \omega$ и далеко за пропеллером $\Omega_2 = \Omega_1 - \omega_1$ (Ω — угловая скорость вращения винта). Применяя теорему о моменте количества движения, получим

$$M = I\omega_1,$$

где I—момент инерции жидкости, проходящей в единицу времени сквозь пропеллер (предполагается, что жидкость вращается как твердое тело). С другой стороны, мощность $M\Omega$ расходуется на полезную работу PV_2 и создание живой силы в струе за винтом, равной $\frac{mv_1^2}{2} + \frac{I\omega_1^2}{2}$. Следовательно

$$M\Omega = PV + \frac{mv_1^2}{2} + \frac{I\omega_1^2}{2} = PV + P\frac{v_1}{2} + M\frac{\omega_1}{2}.$$

Подставляя $I = \frac{mR^2}{2} = \frac{\varrho F V_1 R^2}{2}$ и исключая M, V_1, v_1, получим ур-ие

$$\left(\Omega - \frac{\omega_1}{2}\right)\omega_1 R^2 = 2BV^2,$$

откуда

$$\omega_1 = \Omega - \sqrt{\Omega^2 - \frac{4BV^2}{R^2}}.$$

Т. к. величина $\frac{4BV^2}{R^2}$ весьма мала по сравнению с Ω^2, то приближенно, с большой степенью точности,

$$\omega_1 \cong \frac{2BV^2}{\Omega R^2}.$$

Кроме того из ур-ия баланса энергии имеем

$$M\left(\Omega - \frac{\omega_1}{2}\right) = P\left(V + \frac{v_1}{2}\right),$$

откуда кпд идеального П. (идеальный кпд)

$$\eta_i = \frac{PV}{M\Omega} = \frac{\Omega - \frac{\omega_1}{2}}{\Omega} \cdot \frac{V}{V + \frac{v_1}{2}} = \eta_a \cdot \eta_u,$$

где

$$\eta_a = \frac{V}{V + \frac{v_1}{2}} = \frac{2}{1+\sqrt{1+2B}},$$

$$\eta_u = \frac{\Omega - \frac{\omega_1}{2}}{\Omega} = 1 - \frac{BV^2}{\Omega R^2} = 1 - \frac{4P}{\varrho F \Omega^2 D^2}.$$

Коэф. η_u, оценивающий потери от живой силы вращения, носит название окружного (тангенциального) кпд в отличие от осевого (аксиального) кпд η_a, оценивающего потери на живую силу поступательного движения. Потери в действительном П. оцениваются относительным кпд $\eta_{отн.}$ Таким образом полный кпд η будет

$$\eta = \eta_i \eta_{отн.} = \eta_a \eta_u \eta_{отн.}.$$

Величина $\eta_{отн.}$ у воздушных П. колеблется в небольших пределах около 0,8. Главное изменение в кпд происходит за счет изменения η_a.

Из предыдущего видно, что в плоскости П. относительная скорость на конце лопасти имеет составляющие V_1 по оси и $\Omega_1 R$ по окружности. Отношение этих скоростей очевидно определяет режим винта. Обычно берут пропорциональную величину $\lambda_1 = \frac{V_1}{n_1 D} = \frac{\lambda}{\eta_i}$, где λ—относительная поступь винта (см. *Воздушный винт*). Т. к. спектр скоростей в плоскости винта целиком определяет все величины, характеризующие его работу, весьма удобно все величины относить к скоростям в плоскости винта. Стандартные коэф-ты винта α и β при этом условии приобретают вид

$$\alpha_1 = \frac{P}{\varrho n_1^2 D^4}, \quad \beta_1 = \frac{T}{\varrho n_1^3 D^5}.$$

Вместо мощности T удобнее брать вредную мощность

$$T_{вр.} = T - \frac{PV_1}{\eta_u}$$

и соответствующий ей коэфициент

$$\beta_{вр.} = \frac{T_{вр.}}{\varrho n_1^2 D^5}.$$

Связь с обычными стандартными коэфициентами будет

$$\alpha_1 = \frac{\alpha}{\eta_u^2},$$

$$\beta_{вр.} = \frac{\beta}{\eta_u^3}(1 - \eta_{отн.}).$$

Преимущества новой системы коэф-тов перед старой обнаруживаются в следующем

обстоятельстве: при пропорциональном изменении ширины лопастей винта стандартные коэф-ты a и β изменяются при заданном λ не пропорционально ширине лопасти. У новых коэф-тов a_1 и $\beta_{ср.}$ эта пропорциональность при заданном λ_1 соблюдается. Поэтому при пересчете характеристик какого-либо винта при изменении числа лопастей в n раз или n-кратном изменении ширины лопастей приходится сначала переходить на новые коэф-ты, изменять их пропорционально n и затем по полученным коэф-там переходить опять на стандартные коэф-ты. Порядок пересчета таков: имеются a, β и η при заданном λ; высчитываются последовательно: осевой кпд основного винта

$$\eta_a = \frac{2}{1+\sqrt{1+2B}} = \frac{2}{1+\sqrt{1+\frac{8}{\pi}\frac{a}{\lambda^2}}},$$

окружной кпд основного винта

$$\eta_u = 1 - \frac{4}{\pi^3}a,$$

идеальный кпд основного винта

$$\eta_i = \eta_a \cdot \eta_u,$$

относительный кпд основного винта

$$\eta_{отн.} = \frac{\eta}{\eta_i},$$

относительная поступь в плоскости винта

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{\eta_i},$$

коэф. тяги в плоскости винта

$$a_1 = \frac{a}{\eta_u^2},$$

коэф. тяги в плоскости измененного винта

$$a_1' = a_1 n.$$

Затем подсчитываются стандартные коэфициенты измененного винта по формулам: осевой кпд

$$\eta_a' = 1 - \frac{2}{\pi}\frac{a_1'}{\lambda_1^2},$$

окружной кпд

$$\eta_u' = \frac{1}{1+\frac{4}{\pi^3}a_1'},$$

идеальный кпд

$$\eta_i' = \eta_a' \cdot \eta_u',$$

относительная поступь

$$\lambda' = \eta_i' \lambda_1,$$

коэфициент тяги

$$a' = a_1' \eta_u^2,$$

коэфициент полезного действия

$$\eta' = \eta_i' \cdot \eta_{отн.},$$

коэфициент мощности

$$\beta' = \frac{a'\lambda'}{\eta'}.$$

Т. о. имеем в итоге все коэф-ты, необходимые для расчета измененного винта.

Весьма удобны диаграммы серийных испытаний винтов, пересчитанных на новые коэф-ты. Эти диаграммы строятся как обычно, но вместо коэф-тов λ, β и η берутся λ_1, a и $\eta_{отн.}$. С помощью таких диаграмм можно подобрать наивыгоднейшую ширину лопасти винта на какое угодно задание.

Теория идеального П. с большим успехом применяется также для расчета винтов в комбинации тендем. В этом случае винты стоят взатылок. Обычно считают, что передний винт работает как изолированный; задний винт работает в струе, отбрасываемой передним винтом, т. е. при скорости

$$V_2 = V\sqrt{1+2B}.$$

Характеристика режима у него будет не $\lambda_2 = \frac{V}{nD}$, а $\lambda_2' = \frac{V_2}{nD} = \lambda_2 \frac{V_2}{V}$. Кроме того кпд заднего винта следует относить к скорости V, а не к скорости V_2. Поэтому определенный по λ_2' кпд η_2' следует помножить на отношение $\frac{V}{V_2}$. Таким образом кпд заднего винта в комбинации тендем будет $\eta_2 = \eta_2' \frac{V}{V_2}$, т. е. будет меньше, чем у того же винта, но изолированного. Бо́льшую точность получим, учитывая также и изменение окружных скоростей. Тогда характеристика заднего винта будет уже

$$\lambda_2' = \lambda_2 \frac{V}{V_2}\frac{\Omega \pm \omega_1}{\Omega},$$

где знак (+) относится к случаю противоположного вращения винтов, знак (−) к случаю одинакового направления вращения. Отсюда видно, что винты тендем всегда следует делать с противоположным вращением, т. к. при этом повышается величина λ_2', а следовательно и кпд заднего винта. В нек-рых случаях выигрыш может достигать величины 4—5%. Можно также учесть (грубо) влияние заднего винта на передний, снизив величины η и β для него приблизительно на $^1/_4$ поправки, полученной для заднего винта.

С нек-рыми изменениями теория идеального П. прилагается также к расчету ветряков, вентиляторов и тому подобных аппаратов. Во всех случаях приложения теории идеального П. следует твердо помнить основные предположения, к-рые положены в основу теории, особенно предположение о наличии ясно выраженной струи. В противоположном случае очень легко притти к совершенно неправильным выводам. В случае идеального ветряка имеем суживающуюся струю. Поэтому скорости подсасывания и отбрасывания будут иметь отрицательную величину; однако теорема Финстервальдера имеет место и в этом случае. Понятие кпд теряет свой обычный смысл и вместо него в теории ветряков пользуются понятием коэф-та использования энергии ветра. Этот коэф. определяется как отношение получаемой с ветряка полезной мощности к живой силе массы воздуха, проносимой со скоростью V через ометаемую ветряком площадь. Он получается из выражения

$$\xi = 4\frac{v}{V}\left(1-\frac{v}{V}\right)^2.$$

Из этого выражения видно, что максимальный коэф. использования равен $\xi = \frac{16}{27}$ и получается при $\frac{v}{V} = \frac{1}{3}$.

В заключение приводим таблицу для осевого кпд η_a в зависимости от нагрузки на ометаемую площадь B.

B	η_a	B	η_a
0,00	1,0000	1,60	0,6559
0,20	0,9161	1,80	0,6360
0,40	0,8540	2,00	0,6180
0,60	0,8055	2,20	0,6017
0,80	0,7655	2,40	0,5868
1,00	0,7321	2,60	0,5730
1,20	0,7032	2,80	0,5604
1,40	0,6781	3,00	0,5486

Лит.: Жуковский Н. Е., Теоретич. основы воздухоплавания, М., 1925; Юрьев Б. Н., Воздушные гребные винты (пропеллеры), ч. 1, «Труды ЦАГИ», вып. 10, М., 1925; Ветчинкин В. П., Теория гребных винтов, М., 1926; Биппен Ф., Карман Ф. и Леру Е., К теории воздушных винтов, пер. с нем., Л., 1926; Веселовский М. Н., Новая система характеристич. коэфициентов гребного винта, «Война и техника», М., 1927; Glauert H., The Elements of Aerofoila. Airscrew Theory, Cambridge, 1926. **В. Ведров.**

ПРОПИЛОВЫЙ АЛКОГОЛЬ C_3H_7OH, предельный алкоголь жирного ряда. Существуют два П. а.: первичный и вторичный (см. *Алкоголи*), различающиеся между собой как по строению, так и по физич. свойствам. Первичный, нормальный П. а., или α-оксипропан, пропанол, этилкарбинол $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH$ впервые (1869 г.) был обнаружен как побочный продукт спиртового брожения; это жидкость с запахом спирта, с $t°_{кип.}$ 97,41°, D_4^{20} 0,8444, горящая светящимся пламенем, с водой смешивается во всех соотношениях; при окислении дает пропионовый альдегид $CH_3 \cdot CH_2 \cdot COH$ и пропионовую к-ту $CH_3 \cdot CH_2 \cdot COOH$. П. а. входит в состав *сивушного масла* (см.), откуда его и добывают дробной перегонкой; в 1 *кг* сивушного масла (обезвоженного и лишенного этилового спирта) содержится 68,54 *г* П. а. (в сивушном масле из картофеля) и 36,9 *г* П. а. (в сивушном масле из злаков); в коньяке находится в 100 *л* на 50 837 *г* этилового алкоголя 27,17 *г* П. а. Физиологически П. а. действует подобно этиловому алкоголю, но его действие на организм сильнее, приближаясь к наркотическому. Разведенный П. а. (20—80°), как и все алкоголи, обладает дезинфицирующим свойством, причем максимальное действие он оказывает при 30-градусном разведении. Применяют П. а. для приготовления косметических препаратов и дезинфекционных (медицинских) мыл для мытья кожи (рук) и волос; эфир П. а. и n-аминобензойной к-ты, т. н. пропезин, служит анестезирующим средством.

Вторичный, изопропиловый алкоголь, β-оксипропан, пропанол-2, диметилкарбинол $(CH_3)_2CHOH$, жидкость приятного спиртового запаха, с $t°_{кип.}$ 82,85°, D_4^{20} 0,789; с водой смешивается в любых отношениях; в продуктах спиртового брожения он не обнаружен. Получается синтетическим путем—каталитич. восстановлением ацетона молекулярным водородом при низкой $t°$ под давлением; катализатором служит никель или его окись. Чистый изопропиловый алкоголь применяется для приготовления косметич. и фармацевтич. препаратов (дезинфицирующих мыл) и в производстве спиртовых лаков. Его галоидное производное, трихлоризопропиловый алкоголь, так называемый изопропал, применяется как снотворное. **Н. Ельцина.**

Лит.: см. *Алкоголи*.

ПРОПИТКА, технологический процесс введения жидкостей, остающихся затем в том же состоянии или дающих твердые тела, в поры и каналы различных материалов с целью повысить те или другие их свойства—влагоупорные, механические, электрические, тепловые, акустические, а также сохраняемость, цвет и внешний вид. Понятие П. охватывает весьма значительное число отдельных и мало имеющих между собою общего процессов, и потому описать всю совокупность их вместе возможно лишь в самых общих чертах. Прежде всего во избежание нередко возникающих ошибок при проведении П. на практике необходимо рассеять ту ошибочную, но широко распространенную мысль, что П.—процесс, протекающий легко и потому мало ответственный. Правда, в первом приближении такая мысль правильна, и большая часть долженствующих участвовать в П. пор и каналов заполняется соответственной жидкостью сравнительно быстро и без особых усилий. Однако технич. эффект П. может быть достигнут только в том случае, если открытые (слепые и сквозные) внутренние пространства пропитываемого материала все заполнены пропитывающей жидкостью; в противном же случае, т. е. если остается хотя бы небольшое число возможных проходов для воздуха, паров или влаги, хотя бы эти проходы были весьма тонки, материал не улучшит нек-рых из своих свойств или недостаточно улучшит их. В особенности это предупреждение относится к гигроскопичности материала и содержанию в нем электролитов или воздуха, причем электрич. свойства (диэлектрич. коэф., электропроводность, диэлектрич. потери, диэлектрич. крепость) существенно зависят от наличия указанных изъянов. Подобным образом от указанных изъянов может зависеть и значительное ухудшение многих других свойств, напр. хемостойкость, механич. прочность и т. д., хотя это ухудшение во многих случаях появляется не сразу, а постепенно, с течением времени и в особенности под длительным воздействием электрич. поля. Как видно из сказанного, и это необходимо вполне учитывать, во многих и притом наиболее важных и ответственных применениях в промышленности П. должна быть безупречной, т. к. даже небольшие недостатки ее дают материал ненадежный и неспособный нести предназначенную ему функцию. Между тем жидкости, применяемые для пропитки, обыкновенно обладают значительной (а иногда и весьма значительной) вязкостью, тогда как подлежащие заполнению поры и каналы, по крайней мере в известной части их, весьма узки; сюда следует еще добавить в отношении нек-рых случаев плохую смачиваемость основного вещества данного материала нек-рыми из пропитывающих жидкостей в силу слишком большого краевого угла при их соприкосновении и потому ничтожной засасывающей капиллярной силы, иногда переходящей в капиллярное противодействие. Сравнительно легко втекая в более широкие каналы, жидкость по указанным причинам трудно входит в более узкие и совсем не входит в самые узкие ходы. Требуются особые условия для проведения процесса П., чтобы обеспечить проникновение жидкости во все каналы и поры, причем далеко не всегда условия эти удается осуществить. П. в каждом отдельном случае д. б. установлена опытной проработкой, и условия каждого отдельного процесса д. б. соблюдаемы тщательно. Не представляя по существу ничего неизвестного, процесс П. каждого назначения обычно составляет достояние владеющей им производственной организации, и технологич. подробности его не опубликовывают.

Благоприятными условиями правильной П. служат: 1) известное соответствие между пропитываемым материалом и пропитывающею его жидкостью, так что ценные технич. свойства каждого из них порознь еще не определяют в отдельности качества пропитанного продукта; 2) достаточная длительность процесса, длящегося несколько суток, иногда более недели и даже несколько недель; 3) возможное понижение вязкости пропитывающего состава, что достигается частью надлежащими разжижителями его, частью же повышением $t°$ процесса; 4) хорошая предварительная просушка подлежащего П. материала с помощью вакуума и нагрева; 5) удаление воздуха из пор достаточно длительной выдержкой материала под вакуумом и заливка материала жидкостью под вакуумом; 6) внедрение жидкости в поры и каналы при повышенном давлении на свободную поверхность жидкости до 3—5—8 *atm*; 7) удаление из пор влаги и воздуха и образование в порах пониженного давления длительною проваркою материала в соответственной жидкости; 8) предварительная П. одною жидкостью, сравнительно легко вводимою в материал с целью вытеснить из него воздух, и затем уже замена этой жидкости другою, вытесняющей в силу капиллярных условий первую; 9) внедрение жидкости в материал электрофоретически; 10) образование требующегося состава непосредственно в каналах пропитываемого материала путем двойной пропитки различными, сравнительно легко вводимыми составами; 11) изменение физико-химич. природы, в особенности вязкости и $t°_{пл.}$, пропитывающей жидкости уже в каналах пропитываемого материала.

Классификация процесса П. П. может классифицироваться по технич. эффекту, который д. б. достигнут по роду подлежащих П. материалов или изделий, по применяемому для П. составу, по технологич. процессу, к-рому подвергается предмет П., по степени заполнения отдельных пор и каналов и по характеру распределения пор в объеме всего материала или изделия.

Главный технич. эффект П.—это устранение гигроскопичности материалов и изделий. Вещество рыхлых материалов само по себе во многих случаях обладает высокими технич. свойствами, однако не обнаруживающимися из-за особого строения материала в целом. В силу известного термодинамич. соотношения между упругостью пара и кривизной поверхности мелкие поры и тонкие каналы обладают свойством сгущать в себе влагу из атмосферы, так что стенки их покрываются жидкими пленками, существенно изменяющими многие свойства всего материала. Вследствие такого состояния гигроскопичности, и притом весьма изменчивой в соответствии с влажностью внешней среды, от многих материалов пришлось бы в ряде весьма важных областей отказаться совсем, если бы не существовало П. Другой технич. эффект П. состоит в сообщении материалам влагоупорности, т. е. способности не принимать в себя капельно-жидкой влаги и других жидкостей при погружении в них пропитанного материала или изделия. Третий технич. эффект—исключение газонаполненных пор и каналов. Четвертый технич. эффект П.—это повышение хемостойкости материалов, к-рое достигается как созданием защитной пленки, так и в еще большей степени огромным сокращением реакционной поверхности. Пятый эффект П.—повышение механич. прочности через увеличение связи между отдельными форменными элементами рыхлого материала: т. о. придаются материалу, в зависимости от рода пропитывающего состава, прочность на разрыв в сочетании с гибкостью, жесткость, твердость поверхности и способность полироваться и т. д. Шестой эффект П. состоит в создании однородного по какому-либо свойству тела, в к-ром неоднородность по другим признакам представляет свою технич. ценность.

Перечисленные эффекты, непосредственно достигаемые П., ведут к вторичным, представляющим следствие первых, и особенно важным в технич. отношении. Напр. исключение гигроскопичности ведет к неизменяемости механич. свойств материала, к его стойкости против разрушающих химич. и биологич. деятелей, к его пригодности нести службу в качестве электроизоляционного материала. Устранение газовых пор придает телу механич. прочность, повышает его электрич. характеристики (вследствие устранения ионизирующихся полостей), повышает его теплопроводность, может сообщать известные акустич. свойства и т. д. Сообщение телу однородности м. б. выгодно в соответственном отношении, напр. для снижения диэлектрич., акустич. или оптич. потерь, т. е. вести к прозрачности в отношении соответственных волн, повышать теплопроводность тела. Значение других эффектов П.—более непосредственное и поэтому не нуждается в пояснении.

При применении П. необходимо иметь в виду, что не у всякого материала удается таким способом исключить нек-рые нежелательные свойства, в особенности гигроскопичность и способность к влагопоглощению, иногда несмотря на заполнение пропитывающим составом даже всех содержащихся в нем каналов и пор. Отсюда далее следует практич. затруднительность, а иногда и невозможность достаточно улучшить свойства, зависящие от содержания влаги, в особенности же все электрич. характеристики. Подобные затруднения встречаются при П. различных материалов из волокон целлюлозы. Состоя из гидрофильного геля, такие материалы способны пропускать электролиты не только по капиллярным зазорам между отдельными волокнами, но и по междумицеллярным ультрамикроскопическим ходам внутри самих волокон. Жидкостям же, применяемым для П., вроде парафина, масел, лаков и т. п., подобные ходы недоступны, и потому при П. подобных материалов не обеспечена полная электролитонепроницаемость их, если только волокна где-нибудь соприкасаются непосредственно с электролитом (М. М. Михайлов). В подобных случаях полная электролитоупорность м. б. достигнута лишь нанесением после П. дополнительных защитных пленок, вполне исключающих соприкосновение электролитопоглощающих волокон с электролитом.

По роду подлежащих П. предметов следует различать, с одной стороны, П. матери-

алов, подвергаемых дальнейшей обработке, а с другой,—П. готовых изделий. Из материалов следует особо выделить: волокнистые материалы, гл. обр. пряжу, войлок и ткани; бумажные материалы (бумага, картон, фибра); древесину (с особым успехом подвергаются П. мягкие и однородные древесные породы—липа, тополь, клен); некоторые каменные породы—шифер, мрамор, жировик, асбест. Изделия же, подвергаемые протирке, столь неопределенно многочисленны и так распространены во всевозможных областях промышленности, что было бы затруднительно дать хотя бы приблизительный список их и можно лишь представить несколько примеров. Исключительно важна пропитка изделий электропромышленности, для к-рых непропитанное состояние было бы равносильно полной неработоспособности соответственного изделия. Вся электромашинотехника и все трансформаторостроение пользуются П. как основным приемом электроизоляции, подвергая пропитке всевозможные детали из формующихся материалов, дерева и фибры, обмотки, связывающие шнуры, ленты, нити, рукава и т. д. Важное значение в промышленности принадлежит также П. тканей и пряжи, изделий из дерева, камня и пористых пластич. масс для сообщения им негигроскопичности, водо- и газонепроницаемости, хемостойкости, более красивого внешнего вида при отделке поверхности и т. д.

По химич. характеру пропитывающих составов следует различать П. минеральными маслами, парафином (а также церезином и озокеритом), сохнущими растительными маслами [особенно древесным (тунговым) и льняным], различными лаками на смоляном и битуминозном основании, битуминозными составами, носящими специальное название к о м п а у н д о в для компаундирования (также минерал-лак «Эла» и др.), синтетич. смолами, из к-рых пока наиболее усвоены альдегиднофенольные и глипталевые, различными составами, сообщающими малую горючесть, стойкость против биокоррозионных деятелей и т. д.

По характеру проведения самого процесса П. можно различать П. горячую и холодную; П. с предварительным воздействием вакуума и без этого воздействия; П. под нормальным давлением и под давлением повышенным; П. электроосмотическую; П. с предварительным заполнением пор жидкостью, отличною от жидкости, служащей для П., и непосредственную П.; далее П. составами, остающимися затем в жидком состоянии; П. расплавленными составами, потом затвердевающими; П. составами жидкими и потом полимеризующимися; П. составами расплавленными и затем подвергающимися конденсации и полимеризации; П. растворами с последующим удалением растворителя (чаще всего органического легколетучего); П. эмульсиями; П. двумя или большим числом последовательно вводимых жидкостей, образующую в порах требуемый состав. По степени заполнения пропитывающим составом каналов и пор материала П. может быть полной, т. е. проникающей всю толщу материала, и б. или м. поверхностной; затем поры и каналы м. б. либо всецело заполненными пропитывающим составом, либо лишь покрыты по внутренней поверхности б. или м. толстой пленкой, оставаясь при этом проходимыми, напр. для газов, хотя и трудно проходимыми, в силу изменения капиллярных условий, для жидкостей; возможен также случай, когда при П. каналы разбиваются перехватами из пропитывающего состава, образующимися в узких местах, и представляют т. о. ряды четкообразно расположенных замкнутых пор.

Одним из наиболее важных процессов П. в настоящее время следует признать б а к е л и з а ц и ю, т. е. П. бакелитовой или иной альдегиднофенольной или альдегиднокрезольной смолою. В качестве пропитывающего состава применяются как жидкие, так и твердые растворимые бакелитовые продукты, причем в нек-рых случаях процесс конденсации осуществляется непосредственно в порах пропитываемого материала, напр. последовательной П. фенолом и формальдегидом или же смесью обеих жидкостей. Растворы применяются спиртовые, спирто-ацетоновые и т. д., а также водные эмульсии альдегиднофенольной смеси, еще не подвергшейся конденсации. П. облегчается предварительной просушкой, нагревом в течение 24 ч. и выдержкой в высоком вакууме, а для более быстрого поглощения жидкости применяется давление 3—5—8 *atm*. Просушка материала и конденсация и полимеризация смолы в его порах должны вестись достаточно осторожно, чтобы пропитывающий состав не был выброшен из пор; во многих случаях необходимо вести эти процессы под давлением. Темп-ра д. б. доводима под конец до 120°. Подобные П. применяются к картону, пряже, тканям и дереву. Особенно удачные результаты получаются здесь с нежными, несмолистыми, обладающими прямыми волокнами, видами древесины, среди к-рых можно отметить липу, тополь и клен. Во избежание растрескивания после П. древесина д. б. тщательно просушена в течение 24 ч. при 80—100°. Затем в горячем состоянии она выдерживается 1 ч. под возможно высоким вакуумом. Если к моменту П. $t°$ дерева не повышенная, то бакелит приходится вводить жидкий. Между приемником, где производится П., и воздушным насосом необходимо вводить промежуточный приемник, предохраняющий от перебрасывания жидкостей. По заливке дерева бакелитом давление повышают до 5—7 *atm* и держат 3—5 ч. Извлеченное из приемника дерево переносят в автоклав, где выдерживают в течение 5 ч. под давлением 7—8 *atm* и при темп-ре 140°. Процесс затвердевания бакелита можно проводить и без давления, но в таком случае $t°$, начиная с 80°, должна подниматься до 140° лишь постепенно и в промежуток не менее 24 ч. Обработанное дерево становится столь же твердым, как красное или черное, и хорошо выдерживает воздействие влажности, водяного пара, кислот; его механич. и электрич. характеристики тоже весьма повышаются.

К о м п а у н д и р о в а н и е о б м о т о к. Цель этого процесса—повышение электрич. крепости и электросопротивления изоляции машины, в устранении внутренних пустот между витками обмоток, ведущих к конденсации влаги и к ионизации воздуха дейст-

виями сильных полей, в механич. скреплении витков и предотвращении их деформации от центробежной силы, в повышении теплоотдачи обмоток в силу меньшего коэф-та теплопроводности пропитанной пряжи. Компаундирующие составы изготовляются гл. обр. на основе различных битуминозных веществ и в частности *пеков* (см.), причем во многих случаях важное значение принадлежит пеку стеариновому, придающему указанным компаундам достаточную упругость. От подобных компаундов требуется сравнительно низкая $t°_{пл.}$ в их начальном состоянии, когда они входят внутрь обмоток, и постепенное повышение ее по мере прогрева в указанной обмотке. В своем окончательном состоянии они должны обладать достаточной упругостью, чтобы не трескаться от механич. усилий, возникающих при быстром вращении машины, и достаточно высокими электрич. характеристиками. Самый процесс компаундирования ведется в специальной установке, в существенном состоящей из двух котлов. В первый из них закладывается твердый компаунд, другой же служит пропиточной камерой, способной выдерживать давление ок. 5 *atm*. Оба котла сообщаются между собою посредством трубки с вентилем и обогреваются паром. Пропитываемая обмотка сперва выдерживается в пустом котле под вакуумом, тогда как выделяющиеся из нее пары отсасываются воздушным насосом и осаждаются в промежуточном холодильнике. В это время компаунд во втором котле плавится при сравнительно низкой $t°$ (напр. 50°) и через вентиль перебрасывается наружным давлением в другой котел, заполняя все зазоры между витками пропитываемой обмотки. После П. в котле с обмоткой давление повышается до 4—5 *atm*, избыточный компаунд обратно отгоняется в котел, где он подвергался плавке, а степень пропитанности обмоток делается от этого давления еще более надежной. Дальнейший прогрев компаундированных изделий ведет (вследствие испарения летучих составных частей компаунда, конденсации, полимеризации и солеобразования) к постепенному повышению его $t°_{пл.}$, напр. до 130° и выше. Другие виды специальных П. и технологич. подробности см. в статьях *Компаунд*, *Трансформаторы*, *Ткани изоляционные*, *Динамомашина*, *Битуминозные электроизоляционные составы*, *Изоляционные лаки* и *Дерево*. К о н с е р в а ц и я. **П. Флоренский.**

Лит.: см. *Дерево*, *Битуминозные изоляционные составы*, *Трансформаторы* и *Изоляционные лаки*.

ПРОСАЧИВАНИЕ, явление протекания жидкости сквозь поры тела. Величина П. воды в почву существенно зависит от свойств почвы и наклона ее поверхности; чем более водопроницаема почва и чем меньше наклон ее поверхности, тем больше П. Просачивающаяся в почву вода играет существенную роль в жизни растений; с одной стороны, вода является растворителем питательных веществ для растений, с другой,— она является средством передвижения для тех веществ, к-рые непосредственно недоступны корням растений; независимо от этого при П. воды засасывается свежий воздух, обогащающий почву кислородом. Вода, проникая в почву, проходит через верхние слои ее, пока не достигнет водонепроницаемого слоя; здесь вода заполняет начиная снизу, все поры и образует т. о. слой п о ч в е н н о й воды. Если водонепроницаемый слой наклонен, вода стекает по наибольшему уклону; при мульдообразной (корытообразной) форме поверхности водонепроницаемого слоя вода стекает на дно мульды, где стоит неподвижно. Просачивающаяся в почву атмосферная вода движется вниз под действием тяжести, подвергаясь притом до глубины 0,3—0,6 *м* также испарению. Чем меньше испаряемость и влагоемкость грунта, тем больше П. Количество просачивающейся воды измеряется высотою равного по объему слоя ее, выраженною в *мм* и называемого высотой П. Эта высота, отнесенная к продолжительности П. в ск., называется скоростью П., к-рая м. б. измерена особым прибором, представляющим собою открытую цилиндрич. стальную короткую трубу высотой 400 *мм* и диам. в свету 200 *мм*; внутри этой трубы на расстоянии 100 *мм* от верхнего края перпендикулярно к ее оси имеется тонкое вынимающееся сито; на высоте 200 *мм* приделан кольцеобразно охватывающий трубу поясок из углового железа; нижний край трубы заострен в виде резца. Этот прибор вгоняют в почву до упомянутого пояска, т. е. на глубину 200 *мм*, после чего через сито осторожно наливают до уровня сита воду, заполняющую в трубе пространство высотою 100 *мм*, и диам. 200 *мм*. Время окончания подливания воды записывают, после чего сито вынимают и заменяют крышкой для уменьшения испарения. Время окончания впитывания также замечают. Разность между отметками времени определяет длительность впитывания 100-*мм* слоя воды в исследуемую почву; высота слоя в *мм*, деленная на длительность впитывания в ск., дает величину скорости П. Рекомендуется также отмечать $t°$ и барометрич. давление, оказывающие известное влияние на водопроницаемость почвы. Количество воды, просачивающейся в грунт, различно и находится в зависимости от высоты атмосферных осадков, климата, времени года, рода грунта и свойств его поверхности. Зависимость высоты П. от высоты атмосферных осадков видна из опытных данных, представленных в табл. 1. Эти опыты производились на протяжении нескольких лет в Роземстиде (Rothampstead), причем П. измерялось на глубине 1,5 *м* от поверхности земли.

Т а б л. 1.—З а в и с и м о с т ь в ы с о т ы П. от в ы с о т ы а т м о с ф е р н ы х о с а д к о в.

Высота H атмосферных осадков, *мм*	Высота просачивания		Высота испарения, *мм*
	мм	% от H	
596	246	41,3	350
722	318	44,1	404
847	435	51,3	412

Чем больше высота атмосферных осадков, тем больше также и высота П. Наибольшее количество воды за определенный промежуток времени пропускает песок, за ним следует торф и далее глина; примесь песка к другому грунту увеличивает П., примесь же глины или торфа уменьшает таковое. Чем крупнозернистее почва, чем

положе и более шероховата ее поверхность, тем более П. В период роста растений часто совершенно отсутствует П., т. к. влага воспринимается самим растением; через почву на невозделанном поле просачивается значительно большее количество воды, чем на занятом под культуру. Опыты, произведенные Зельгорстом, выявили следующую зависимость П. от рода культуры растений, приведенную в табл. 2.

Табл. 2.—Зависимость величины просачивания от рода культуры растений.

Месяцы	H* в мм	Высота просачивания					
		Рожь		Картофель		Пар	
		мм	в % от H	мм	в % от H	мм	в % от H
XI	86	33	38	22	26	74	86
XII	63	34	54	32	51	35	56
I	48	37	77	36	75	44	92
II	41	59	144	57	139	66	161
III	54	23	43	24	44	25	46
IV	67	41	61	42	62	39	58
V	46	1	2	4	9	5	11
VI	105	—	—	10	10	32	31
VII	113	—	—	5	4	40	36
VIII	43	4	9	1	2	13	30
IX	67	4	6	4	6	41	61
X	111	44	40	42	38	82	74
За год .	744	280	38	279	37	496	67

* Замеренная высота атм. осадков.

В нек-рые месяцы высота П. больше высоты осадков, что объясняется одновременным П. более ранних по времени водных запасов почвы. Более точное определение величины П., при к-ром были бы учтены атмосферные осадки, выпавшие в предшествующее измерению П. время, м. б. сделано при помощи корреляционного метода исчисления. Скорость, с к-рой дождевая вода проникает в грунт, различна; она составляет для песчаного грунта ~1 *м/ч*; для торфа 0,4—0,6 *м/ч* и для глинистого грунта 0,1—0,2 *м/ч*. Скорость просачивания следует закону Дарси, по которому

$$v = k\,\frac{h}{l}, \qquad (1)$$

где h—активная высота столба воды (от свободной поверхности до уровня почвенных вод); l—высота столба грунта, находящегося под действием этого столба воды; k—коэфициент пропускной способности грунта, зависящий от свойств грунта и коэф-та вязкости воды. Чем больше длина l пути П. воды, тем более сопротивление от трения, зависящее также от величины и формы поперечного сечения канальцев между отдельными зернами грунта, т. е. от площади поперечного сечения этих канальцев и их смачиваемого периметра, зависящего в свою очередь от размера зерен грунта. При разных величинах смачиваемого периметра могут при одном и том же объеме пустот (пор) между зернами грунта получиться разные скорости просачивания. Чем уже поры грунта, чем меньших размеров след. канальцы его, тем больше смачиваемый периметр их, а потому тем меньше скорость П. Последняя тем меньше, чем больше величина l и чем меньше величина h. После засухи напр. наполненная водой канава в первое время теряет от П. в грунт значительно больше воды, чем позже, когда б. или м. толстый слой грунта пропитался ею. Что касается коэф-та пропускной способности грунта, то для его определения были произведены многочисленные опыты, на основании к-рых были предложены различные ф-лы, не имеющие однако практич. значения, т. к. они были получены из данных для определенного состава и качества грунта; напр. для чистого песка было найдено, что $k=(36\div50)\ d^2$ *см/сек*, где d—средний диам. зерен грунта. Другие ф-лы дают результаты также в широких пределах отличающиеся друг от друга. Все это объясняется различием размеров зерен грунта и разнообразием свойств его. Ко всему этому присоединяется еще то обстоятельство, что на величину пропускной способности грунта влияют барометрич. давление и $t°$, от к-рой зависит коэф. вязкости. Все эти обстоятельства затрудняют определение коэф-та пропускной способности грунта расчетным путем. Поэтому является более целесообразным определить этот коэф. опытным путем; с этой целью измеряют величины l и h, а также протекающее в единицу времени через определенное поперечное сечение F исследуемого грунта количество воды Q. Т. к. $v=\frac{Q}{F}$, то из сопоставления этого выражения с равенством (1) получается:

$$k = \frac{Q}{F}\cdot\frac{l}{h}. \qquad (2)$$

Чтобы дать представление о величине коэф. k, приводим в табл. 3 результаты нек-рых лабораторных опытов.

Табл. 3.—Зависимость коэфициента k пропускной способности грунта от свойств грунта.

Род исследованного грунта	Размер зерен, мм	k, м/сек	Исследователи
Смесь песка	Через сита с отверстиями: 0,77 мм прошло 58%, 1,10 » » 13%, 2,00 » » 12%	0,0003	Дарси
Дюнный песок (Голландия)	—	0,0002	Пеннинк
Песок со следами глины	—	0,0003	Комиссия по постройке канала в Мюнстере
Речной песок	0,1—0,3	0,0025	
» »	0,1—0,8	0,0088	
Фильтерный песок (Гамбург)	—	0,0077	
Мелкий гравий . . .	2,0—4,0	0,0300	Величковский
Гравий средних размеров	4,0—7,0	0,0351	

Знание скорости П. за известный промежуток времени существенно важно при проектировании орошения полей, давая критерий для определения необходимого расхода воды. Совершенно иной характер имеет П. из стоячих и текущих вод открытых водоемов по сравнению с П. атмосферных осадков на суше. В первом случае П. происходит непрерывно, вследствие чего высота П. получается значительно большей, чем в последнем случае. Знание этой величины существенно важно в вопросах о по-

лучении искусственных грунтовых вод при проектировании водоснабжений и при расчетах судоходных каналов. Непосредственным измерением найдено, что в нек-рых каналах (Rhein—Herne, Rhein—Marne, Dortmund—Ems и Neckar—Donau) высота П. за день составляет 20—34 *мм*. В известково-песчаных, глинистых и песчаных грунтах по опытным данным высота П. варьирует в пределах от 0,0058 до 0,1116 *мм/сек*. Серьезный вопрос представляет П. воды через гидротехнич. сооружения, т. к. от большего или меньшего П. зависит целость этих построек. Плотины, шлюзы, перемычки и прочие гидротехнич. сооружения подвержены П. воды, если они недостаточно уплотнены и имеют недостаточную водонепроницаемую изоляцию. Такие сооружения м. б. разрушены просачивающейся сквозь них водою, если последняя выступает на наружном откосе их в виде ключа. Помимо потери воды при П. сквозь тело гидротехнич. сооружения необходимо выяснить высоту, на к-рой произойдет истечение воды, т. к. эта высота определяет тот предел, до к-рого откос д. б. предохранен от П. Для оценки П. воды через тело плотины или тому подобную вертикальную преграду может служить диференциальное ур-ие депрессионной поверхности просачивающейся через рассматриваемое тело воды:

$$\frac{\partial^2(h^2)}{\partial x^2}+\frac{\partial^2(h^2)}{\partial y^2}=0, \qquad (3)$$

где h—глубина воды или апликата рассматриваемой точки депрессионной поверхности, а x и y—абсцисса и ордината этой точки. Вопрос о П воды вдоль плотины в данном случае отпадает, поэтому ф-ла (3) примет вид:

$$\frac{\partial^2(h)^2}{\partial x^2}=0. \qquad (4)$$

В этом ур-нии величина h м. б. выражена параболич. ф-ией:

$$h=\sqrt{A+Bx}, \qquad (5)$$

где постоянные величины имеют значения:

$$A=\frac{h_1^2x_2-h_2^2x_1}{x_1-x_2}, \qquad (6)$$

$$B=\frac{h_1^2-h_2^2}{x_1-x_2}, \qquad (7)$$

где h_1 и h_2—глубины воды в верхнем и нижнем бьефах, а x_1 и x_2—координаты соответствующих этим глубинам точек депрессионной кривой. Скорость фильтрации выразится ур-ием:

$$v_x=-k\frac{dh}{dx}=-k\frac{B}{2h}=\frac{k\cdot h_1^2-h_2^2}{2h\cdot x_2-x_1}, \qquad (8)$$

где k—коэф. водопропускной способности материала, из к-рого сооружена плотина. Просачивающееся количество воды на n. $м$ длины плотины определится из выражения:

$$Q=hv_x=\frac{k\cdot h_1^2-h_2^2}{2\,x_2-x_1}. \qquad (9)$$

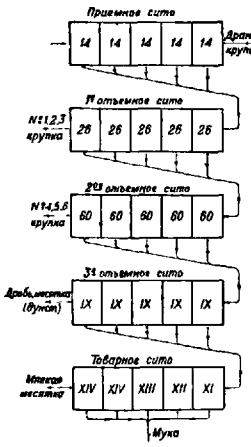
Величина Q служит критерием для оценки прочности сооруженной плотины. О материалах, применяемых для достижения водонепроницаемости гидротехнич. сооружений, см. *Водонепроницаемость гидротехнических сооружений*.

Лит.: Fauser O., Meliorationen, B. 1, B., 1921; Krüger E., Kulturtechnischer Wasserbau, B., 1921; Ziegler P., Der Talsperrenbau, 3 Aufl., B. 1—2, B., 1925—27; Jegher C., Zur Wasserbilanz des Kraftwerkes Wäggital, «Schweizerische Bauzeitung», Zürich, 1925, B. 86; Forchheimer Ph., Grundriss d. Hydraulik, 2 Aufl., Lpz.—B., 1926; Prinz E., Handbuch d. Hydrologie, 2 Aufl., B., 1923; Forchheimer Ph., Hydraulik, 2 Aufl., Lpz., 1930; Schaffernak F., Ueber die Standsicherheit durchlässiger geschütteter Dämme, «Deutsche Allg. Bauztg»; B., 1917; Schoklitsch A., Der Wasserbau, B. 1—2, W., 1930; Friedrich A., Kulturtechnischer Wasserbau, B. 1, 4 Aufl., B., 1923, B. 2, 3 Aufl., 1914; Schmied J., Wasserbewegung im Dammkörper, B., 1928. **С. Брилинг.**

ПРОСЕВАНИЕ заключается в том, что смесь продуктов помола, состоящая из частиц разной величины, движется по поверхности ситяной ткани; причем частицы, по размеру меньшие, чем отверстия (или я ч е и) ткани, проходят через таковые, т. е. просеваются и называются п р о х о д о м сита; все частицы, размером бо́льшие ситяных отверстий или не успевшие пройти через сито, уходят поверх такового и называются с х о д о м. Цель П.—необходимость отделить из продуктов помола готовую муку, а также—что крайне важно для дальнейшего помола в одной машине однородной по величине массы—тщательно рассортировать по величине промежуточные продукты перемола, каковыми являются (см. *Помолы*) дунсты, крупки, передиры, драная крупа. С р е д с т в о м П. служат ткани, образующие по всей своей поверхности равные отверстия; эти ткани называются с и т а м и. Сита изготовляются для различных целей просевания из разных материалов при разной величине отверстий, или н о м е р о в. За исключением мучных шелковых сит, номер сит соответствует числу отверстий в одном дюйме. Сита изготовляются из следующих материалов. Ж е л е з н ы е, о с о б о п л о т н ы е—для сортировки зерна по величине и отсева от него пыли, изготовляются от номера 3,5 (число ниток на 1″=26 *мм*) с ⌀ проволоки 2,0 *мм* до № 40 ⌀ проволоки 0,31 *мм*, с чистым размером отверстий от 5,428 *мм* до 0,340 *мм*. Ж е л е з н ы е, п л о т н ы е—для сортировки пыли в обоечном отделении и других целей, изготовляются от № 3,5 с ⌀ проволоки в 1,6 *мм*, с чистым размером отверстия в 5,828 *мм* до № 40, с ⌀ проволоки 0,26 *мм* и чистым размером отверстия 0,390 *мм*. Ж е л е з н ы е, л у ж е н ы е—для получения: 1) драной крупы (размером 1,3 *мм* и более) сходом с №№ 14 и 16, 2) передира (0,8—1,3 *мм*) сходом с №№ 20—24 и 3) крупной крупки (0,5—0,8 *мм*) сходом с № 36—изготовляются от № 6, ⌀ проволоки 0,7 *мм*, с чистым отверстием 3,633 *мм*, до № 85, ⌀ проволоки 0,14 *мм* и размером отверстия 0,166 *мм*. Ф о с ф о р и с т о б р о н з о в ы е сита имеются от № 28, ⌀ проволоки 0,2 *мм*, отверстием 0,709 *мм*, до № 145, ⌀ проволоки 0,06 *мм*, отверстием 0,118 *мм*. М е д н ы е сита не рекомендуются в мукомольном производстве, т. к. образуют с влагой продукта т. н. медную зелень, весьма ядовитую и опасную для здоровья. Бронзовые сита этого недостатка не имеют, но на мучных ситах благодаря осаждаемой на них влаге образуется клейстер, закрывающий отверстия. Лучшими ситами благодаря их прочности и малой гигроскопичности являются ш е л к о в ы е, изготовляемые из белого или желтого шелка-сырца. Крупочные сита и редкие мучные изготовляются газового плетения, образуемого двойными нитями основы; одна

нить приходится над нитью утка, а другая—под утком; в промежутках между нитями утка указанные нити основы перекрещиваются. Благодаря такому переплетению нити основы зажимают уточные и не поддаются сдвиганию вдоль утка; уточные вовсе не могут сдвигаться между перекрестами нитей основы, что служит гарантией постоянства размеров ячей ткани. Крупочные сита изготовляются от № 16 до 72 (на 1″), мучные от № 0000 (7 ниток на 1 *см*) до № 20 (68 на 1 *см*). Мучные шелковые сита №№ IX—XII размером отверстий 0,150—0,118 *мм* или соответствующие им бронзовые №№ 105—145 (на 1″) служат для получения муки проходом и дунста сходом. Редкие номера мучных сит №№ V—VIII размером отверстий 0,245—0,168 *мм* дают проходом крупичатую муку или дунст, а сходом—мелкую крупку. Этим ситам соответствуют бронзовые №№ 65—95 (на 1″). Крученые крупочные сита или бронзовые №№ 16—24 дают сходом передир и проходом крупную крупку; №№ 24—36 дают сходом крупную крупку и проходом среднюю; №№ 36—48 дают сходом среднюю и проходом мелкую крупку; № 60 дает сходом мелкую крупку и проходом дунст.

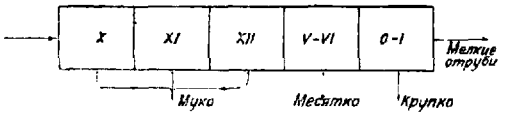
С х е м ы П. зависят как от задания сортировки продуктов дранья, или размольных систем, причем имеются разные вариации применения сит для П. сходом и проходом, так и от самого характера просевных машин: применяются ли сита, натянутые на шестигранные призмы и круглые цилиндры (шестигранные бураты или круглые бураты и центробежные бураты), вращающиеся вокруг своей оси, или же плоские сита с поступательно-вращательным движением (вокруг оси, перпендикулярной к плоскости сита)—р а с с е в ы. При задании получения сходом однообразного продукта нужно поставить номер ткани с клеткой, близкой по величине заданному размеру части схода; вся остальная масса более мелких частиц провалится через сито. Т. к. при редком сите крепость ткани будет соответствовать наиболее крупным частицам смеси, то сито будет по прочности в благоприятных условиях. При обратном задании—из всей смеси выделить раньше муку проходом — пришлось бы поставить мучное сито с отверстиями соответственно мельчайшим частицам смеси — муке. Понятно, что такое сито по крепости соответствует мелким частям смеси и будет страдать от пропуска поверх себя крупной, а потому и грубой примеси сходом. При разделении всей смеси на составные части первым методом—сходами—требуется выделить самым крупным ситом первый сход, проход пустить на второе сито и сходом получить следующий



Фиг. 1.

по величине продукт, и т.д. При пользовании буратами этот метод очень громоздок, так как бураты, расположенные в несколько этажей, занимают 2—3 этажа здания мельницы (фиг. 1). На фиг. 1 приведена драная схема на буратах, представляющая комбинацию обоих методов с преобладанием первого, так как первые четыре бурата работают сходами и только пятый бурат—проходом (мука). Применение второго метода (проходом) для всей смеси без опасности износа сит возможно только при простом разовом помоле, когда зерно в 1 проход почти полностью перемалывается на муку с содержанием небольшого количества оболочек в виде мелких мягких отрубей.

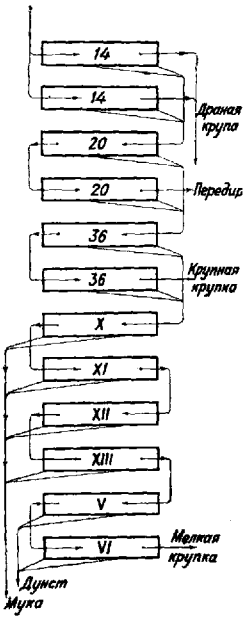
Как в этой схеме (фиг. 2.), так и в 5-м бурате предыдущей схемы (фиг. 1), для получения однородной по крупноте муки мучные сита расположены, начиная от редких номеров, с постепенным сгущением. Это вызывается свойством процесса П. смеси, заключающей муку, причем получаемая с данного номера сита мука тем более тонкая и мягкая, чем больше в смеси преобладание муки; т. е. при установке на всех полотнах одного номера мучных сит, примерно в последнем случае № XI, мы получили бы с 1-го полотна слишком мягкую и чистую, со 2-го полотна среднюю, подходящую к заданию, а с 3-го—низкую и загрязненную муку. Рассматривая в целом П. по второму методу (фиг. 2), мы видим отбор продукта в начале процесса на густых ситах (мука), далее месятку на более редких и крупы на еще более редких ситах. Таким образом при первом методе мы видим расположение сит от более редких к густым, при втором методе—от более густых к более редким, с обратным лишь расположением мучных сит—от редких к густым—в самой группе густых, т. е. мучных сит. При пользовании рассевами схема, указанная на фиг. 1, м. б. осуществлена в одной машине, пользуясь этажным расположением сит в них.



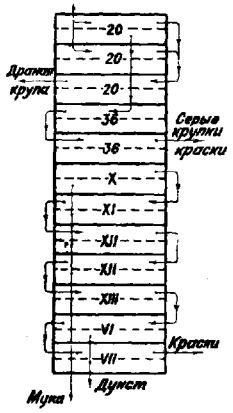
Фиг. 2.

На фиг. 3 показана схема сит и ход продукта в 12-ситном рассеве по схеме для первых драных систем. Верхние 2 ситовые рамки с проволочными ситами № 14 на 1″ дают сходом драную крупу, идущую на следующее дранье на вальцовый станок. Проход этих сит идет последовательно на 3-ю и 4-ю рамки тоже с луженными железными ситами №№ 20, 20, дающие сходом передир. Проход 3-го и 4-го сит поступает последовательно на 5-е и 6-е сито с №№ 36, 36 (луженые). Сходом получается крупная крупка. Проход 5-го и 6-го сита поступает на 7-е сито, мучное (шелковое или бронзовое) и с него последовательно на 8-е, 9-е и 10-е мучные сита. Проходом получается с этих сит мука. Сход с № XIII (10-я рамка) поступает последовательно на 11-е и 12-е дунстовые сита (№№ V и VI). Проходом получается дунст и сходом—мелкая крупка.

Фиг. 4 в более упрощенном изображении, как это принято на схемах помола, показывает схему рассева для последних драных систем. Для лучшего отсева драной крупы от мучнистых и мелких примесей сход 1-го и 2-го сит контролируется на 3-м сите, дающем в сходе драную крупу. Проход первых трех сит поступает последовательно на 4-е и 5-е сита (№№ 36, 36) и сходом получается серая крупка. Проход 4-го и 5-го сит



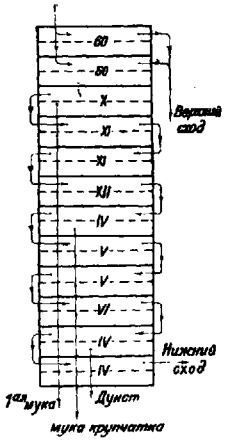
Фиг. 3.



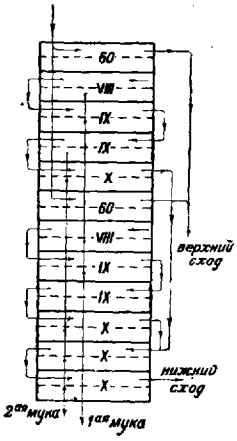
Фиг. 4.

поступает на 6-е мучное сито № X и с него последовательно по 7-му, 8-му, 9-му и 10-му мучным ситам, с к-рых проходом получается мука. С 10-го сита сход поступает последовательно на 11-е и 12-е сита №№ VI и VII, дающие проходом дунст и сходом крупки.

Фиг. 5 изображает схему размольную. Нумерация сит поставлена применительно к получению крупичатой муки от размола чистых крупок. Верхний сход с 1-го и 2-го сит дает крупку, идущую после очистки на



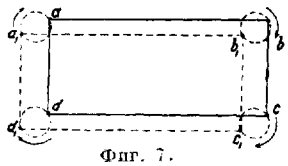
Фиг. 5.



Фиг. 6.

вейке на дальнейший помол на высокосортную муку, крупичатую или мягкую. Проход с 1-го и 2-го сита поступает на 3-е и с него последовательно сходом через остальные сита, кончая последним—12-м. Проход верхних 4 мучных сит (X, XI, XI и XII) дает мягкую муку 1 сорта. Проход следующих четырех сит (IV, V, V и VI) дает крупичатую муку. Проход 11-го и 12-го сит через №№ IVи IV дает дунст, нижний сход—мелкую крупку.

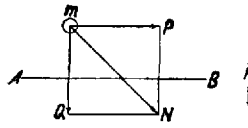
На современных автоматич. мельницах, во избежание получения нестандартной муки по случаю всегда возможных прорывов или протирания сит, мука однородных сортов направляется на вторичный просев на контрольные системы. По свойству технологич. процесса П., смесь, богатая содержанием муки и поступающая на сито достаточным слоем, дает тонкую и чистую муку при П. даже через очень редкие сита. Это позволяет при контроле отбить даже из муки, просеянной через целое (исправное) сито, серые отрубистые примеси. В виду больших количеств муки, поступающих на контрольные рассевы, обычно ход продукта по мучным ситам идет не длинным путем последовательно через все сита, а параллельными двумя ходами. Это изображено на контрольном рассеве фиг. 6. Продукт поступает параллельно на 1-е и 6-е сита (№№ 60, 60). Проход 1-го сита идет последовательно по мучным ситам 2-му, 3-му, 4-му и 5-му (№№ VIII, IX, IX и X), проход 6-го сита идет параллельно последовательно по 7-му, 8-му, 9-му и 10-му ситам (№№ VIII, IX, IX и X). Затем сход 5-го и 10-го сита, так как после обильного отсева на них должно остаться меньше продукта, соединяются и поступают последовательно на 11-е и 12-е мучные сита (№№ X, X). Проход всех 10 мучных сит дает окончательный товар—муку. Сход с верхнего металлическ. сита дает только посторонние примеси. Цель его предохранить мучные сита от порчи случайными гвоздями и пр. Сход с нижнего сита дает дунст, идущий на перемол.



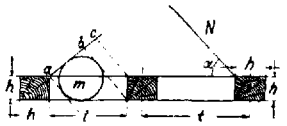
Фиг. 7.

В заключение рассмотрим необходимые условия для благоприятного П. продукта. П. вовсе не может произойти, когда смесь, подлежащая просеву, лежит на сите в покое. Даже мелкие частицы, по величине своей могущие провалиться и случайно находящиеся в нижних слоях смеси близко к ситу, могут не просеяться, находясь иногда против нитей ситяной ткани, или сдавленные соседними частями. Для П. нужно: 1) перемешивание смеси, чтобы мелкие частицы могли периодически пройти около поверхности сита; 2) ослабление трения между частицами смеси, которое может произойти во время передвижения продукта; 3) такое движение смеси которое способствовало бы всплыванию плоских легких отрубянистых частей, могущих отойти с сита сходом, и погружению добротных частей, обычно имеющих форму, близкую к шаровидной, с малой поверхностью относительно к их весу. Такому условию будет соответствовать работа плоского сита с круговым поступательным движением (при к-ром все точки рассева описывают параллельные круги, равные по диаметру эксцентриситету его движения, фиг. 7). Частица m (фиг. 8) в смеси продукта находится под влиянием

горизонтальной силы P, возникающей от движения рассева, и силы веса Q. П. проходит под действием равнодействующей N. На фиг. 9 показана в увеличенном виде



Фиг. 8.



Фиг. 9.

ткань сита; h—толщина нити, l—размер отверстия, t—шаг отверстий ткани, α—угол равнодействующей N к горизонту. Из фигуры видно, что при изображенном уклоне N через сито может свободно пройти частица m, равная по диаметру ab.

$$ab = ac - bc = l \sin \alpha - h \cos \alpha. \qquad (1)$$

Номер ткани $№ = \frac{1}{t}$; вставляя $t = h + l$, получим

$$№ = \frac{1}{h+l},$$

откуда

$$l = \frac{1}{№} - h. \qquad (2)$$

Вставляя полученное выражение l в ур-ие (1), получим:

$$ab = \frac{\sin \alpha}{№} - h(\sin \alpha + \cos \alpha).$$

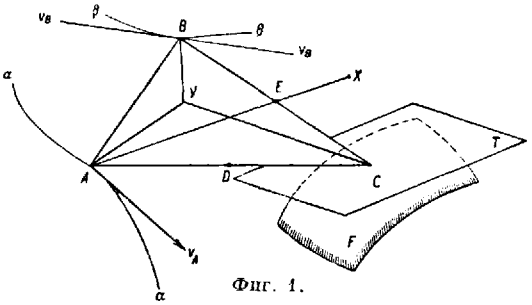
Для выгоднейшего П. нужно, чтобы равнодействующая была перпендикулярна к ситу, тогда при $\alpha = 90°$, $\sin \alpha = 1$, $\cos \alpha = 0$ и $ab = \frac{1}{№} - h$, т. е. $ab = l$, или полному размеру отверстия. Для того чтобы равнодействующая была перпендикулярна к ситу, P д. б. равно нулю, что невыполнимо. Поэтому можно только стремиться к наименьшей величине P. Такое положение устанавливается при наименьших оборотах рассева, только обеспечивающих необходимую для заданной производительности скорость передвижения продукта по ситу. Лишняя скорость передвижения уменьшает угол α и ухудшает севкость сита. Надо прибегать к более редким №№ сит, что связано с менее тщательным разделением смеси. Для ровноты П. необходимо, чтобы таковое происходило при постоянном угле α; это возможно при горизонтальном сите. При движении рассева согласно фиг. 7 и при наклонном сите частицы продукта будут передвигаться попеременно, то вниз по ситу, то в гору, причем при движении по ситу вверх N будет близко к нормали сита, а при движении вниз N будет иметь очень острый угол α к ситу, и П. будет сильно разниться в этих указанных направлениях; поэтому следует предпочитать рассевы с горизонтальным направлением сит. (Движение в них происходит приблизительно вверх на 25% и вниз на 25%, а остальные 50%—в условиях, равных с горизонтальным ситом. В общем три разных степени П.)

Лит.: Афанасьев П. А., Мукомольные мельницы, СПБ, 1893; Зворыкин К. А., Курс по мукомольному производству, Харьков, 1894; Козьмин П. А., Мукомольно-крупяное производство, 4 изд., М., 1926; Гиршсон В. Я., Введение в теорию основных мельничных механизмов, Одесса, 1931; Полетаев С. В., Метод расчета производительности сит, «Советское мукомолье и хлебопечение», 1930, 4 и 5.

Л. Розенштейн.

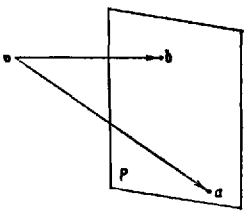
ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ МЕХАНИЗМЫ, механизмы, движение звеньев которых происходит не параллельно общей плоскости.

Кинематический анализ. Т. к. положение твердого тела в пространстве определяется положением трех его точек, то следовательно движение звена П. м. должно быть задано движением трех его точек. Пусть даны скорость v_A и траектория $a—a$ точки A звена ABC (фиг. 1). Зададимся произвольной траекторией точки B. Пользуясь теоремой о проекциях скоростей концов отрезка

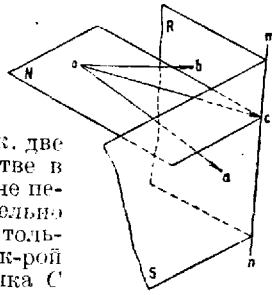


Фиг. 1.

на отрезок, выбираем произвольную точку o за начало плана скоростей (фиг. 2) и через точку o проводим луч, параллельный v_A; на этом луче откладываем отрезок $\overline{oa}$ так, что $v_A = k \cdot \overline{oa}$, где k—масштаб отложения. Через точку a проводим плоскость P, перпендикулярную к AB. Далее, зная траекторию $\beta—\beta$, через точку o проводим луч, параллельный v_B; плоскость P пересечет этот луч в точке b, и скорость точки B выразится $v_B = k \cdot ob$. Для определения скорости точки C проводим через точку a плоскость S, перпендикулярную к AC (фиг. 3), а через точку b плоскость R, перпендикулярную к BC. Конец скорости точки C должен лежать на линии пересечения $n—n$ плоскостей S и R. Из построения ясно, что нельзя задаться для точки C произвольно выбранной траекторией ее движения, т. к., проводя направление скорости точки C, касательное к траектории, можно не получить пересечения этого направления с направлением $n—n$, т. к. две прямые в пространстве в общем случае могут не пересекаться. Следовательно можно рассматривать только поверхность, на к-рой будет находиться точка C за все время ее движения; пусть это будет поверхность F (фиг. 1). Т. к. направление скорости точки C лежит в плоскости T, касательной к поверхности, то, проведя через точку o (фиг. 3) плоскость N, параллельную плоскости T, находим в пересечении этой плоскости с прямой $n—n$ точку c, и т. о. скорость точки C выразится: $v_C = k \cdot \overline{oc}$. Итак

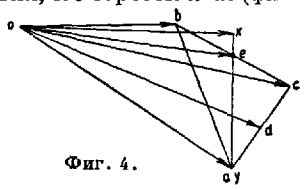


Фиг. 2.



Фиг. 3.

для полного кинематич. анализа звена в пространстве надо знать траектории двух точек и поверхность, по к-рой движется третья точка. Скорость точки D, лежащей на прямой AC (фиг. 1), определится из условия, что отрезок $k \cdot ac$ (фиг. 4) есть относительная скорость в движении точки C относительно точки A, а т. к. при этом относительном движении расстояние AC остается неизменным, то относительная скорость точки D относительно A представится отрезком, удовлетворяющим соотношению $\frac{\overline{AC}}{\overline{AD}} = \frac{ac}{ad}$.



Фиг. 4.

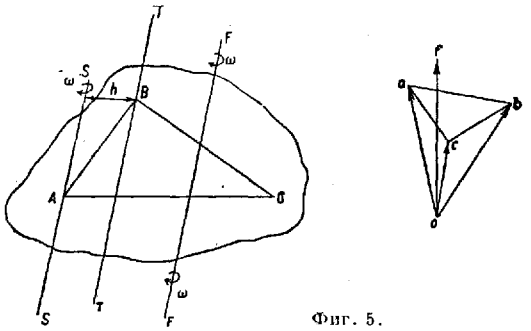
Полная скорость точки D, на основании закона сложения скоростей, представится отрезком $k \cdot \overline{od}$, т. к.

$$\bar{v}_D = \bar{v}_A + \bar{v}_{D/A} = k \cdot \overline{oa} + k \cdot \overline{ad} = k \cdot \overline{od}.$$

Скорость любой точки X, лежащей в плоскости ABC (фиг. 1), определяется так: соединяем точку X с точкой A. Пусть луч AX пересечет прямую BC в точке E. Скорость точки E определяется тем же приемом, как и скорость точки D, из соотношения $\frac{be}{ec} = \frac{BE}{EC}$. Соединив теперь o и e, находим положение точки x на луче ae из соотношения $\frac{ax}{ae} = \frac{AX}{AE}$. Скорость точки X будет равна $\overline{vx} = k.\overline{ox}$. Из построения нетрудно убедиться, что все отрезки, изображающие относительные скорости, перпендикулярны к одноименным отрезкам в плоскости ABC, т. е. $ab \perp AB$, $bc \perp BC$, $ac \perp AC$, $ax \perp AX$ и т. д. Т. о. тр-к abc имеет стороны, перпендикулярные к сторонам тр-ка ABC, но эти тр-ки не являются подобными, т. к. лежат не в параллельных плоскостях.

Для определения скорости какой-либо точки, лежащей вне плоскости ABC, проведем через точку A (фиг. 1) прямую, перпендикулярную к плоскости abc, и на этой прямой возьмем произвольную точку Y. Для того чтобы найти скорость точки Y, надо провести через точки a, b и c плоскости, соответственно перпендикулярные к сторонам AY, BY и CY. Точка пересечения этих трех плоскостей и даст точку Y в плане скоростей. Но плоскость, проходящая через a и перпендикулярная к AY, есть сама плоскость abc. Далее, т. к. $ab \perp AB$ и $ab \perp AY$, то ab перпендикулярно к плоскости ABY и плоскость, проходящая через b и перпендикулярная к BY, будет содержать направление ab и пересечет плоскость abc по этому направлению. Точно также плоскость, проходящая через c и перпендикулярная к CY, пересечет плоскость abc по прямой ac, т. е. все три плоскости пересекаются в точке a. Следовательно скорость точки Y выражается тем же самым отрезком oa, как и скорость точки a ($v_Y = v_A$). Но т. к. точка Y была на прямой AY выбрана произвольно, то и все точки прямой AY будут иметь скорости, равные скорости точки A. Итак для определения скорости какой-либо точки твердого тела надо провести через эту точку прямую, перпендикулярную к плоскости abc, отметить точку пересечения этой прямой с плоскостью ABC и найти на плоскости abc точку, соответствующую точке пересечения. Луч из точки o, соединяющий найденную точку, даст величину и направление скорости искомой точки. Т. о. концы векторов скоростей всех точек твердого тела лежат в плоскости abc. Назовем ее скоростной плоскостью, пучок векторов, выходящих из точки o,—скоростным пучком, а всю систему—планом скоростей в пространстве.

Исходя из основного положения, что все точки твердого тела, лежащие на прямой, перпендикулярной к скоростной плоскости, имеют одну и ту же скорость по величине и по направлению, движение твердого тела в пространстве можно представить так: пусть прямая $F—F$ (фиг. 5), перпендикулярная к скоростной плоскости, имеет равные скорости, представляемые вектором $k.\overline{of}$. Дадим всем точкам твердого тела скорости, равные и противоположные скорости v_f. Тогда прямая $F—F$ останется неподвижной, а тело будет иметь только вращательное движение. Отсюда следует, что всякое движение твердого тела м. б. представлено сложенным из поступательного со скоростью какой-либо точки тела и вращательного около оси, проходящей через эту точку и имеющей для данного момента вполне определенное направление, независимое от выбора точки твердого тела. При этом скорость поступательного перемещения будет различной в зависимости от выбора точки, через к-рую проведена ось вращения; угловая же скорость вращательного движения будет для каждого данного момента одна и та же. Возьмем напр. за основную точку A и проведем через нее ось $S—S$, перпендикулярную к плоскости abc. Скорость точки B будет результирующей из скорости точки A и скорости вследствие вращательного движения около оси $S—S$. Из плана скоростей видно, что скорость точки B есть результирующая векторов $\overline{oa}$ и $\overline{ab}$; вектор ob и будет очевидно представлять слагающую скорости B вследствие вращательного движения около оси $S—S$, т. е., обозначив скорость точки B относительно A через $-v_{B/A}$, имеем:



Фиг. 5.

$$\bar{v}_{B/A} = \bar{\omega}_A h = k\,\overline{ab},$$

где ω_A—угловая скорость вращения около оси $S—S$, h—расстояние точки B от этой же оси, k—масштаб отложения. Если вместо точки A выбрать точку B и ось $T—T$, то:

$$\bar{v}_{A/B} = -\bar{v}_{B/A} = k\,\overline{ba} = \omega_B(-h),$$

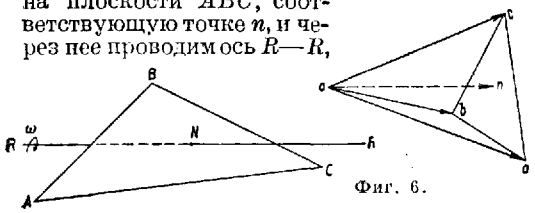
т. к. расстояние от оси $S—S$ до точки B ра-

вно расстоянию точки A до оси $T—T$ вследствие параллельности осей $S—S$ и $T—T$, откуда очевидно, что $\omega_A = \omega_B = \omega$. Величина ω носит название угловой скорости мгновенного вращения. Из скоростного пучка ее величина определяется $\omega h = k\overline{ab}$, откуда $\omega = \frac{\overline{ab}}{h} k$, но т. к. h есть величина проекции отрезка AB на скоростную плоскость, то:

$$\omega = k \frac{ab}{\text{пр. } AB/\text{пл. } abc} = k \frac{bc}{\text{пр. } BC/\text{пл. } abc} = \dots$$

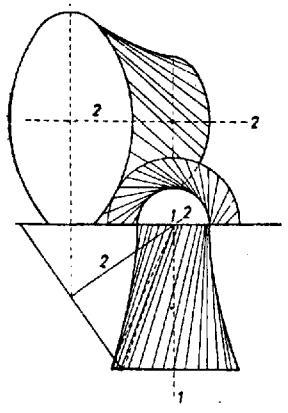
Все возможные поступательные скорости тела представлены в виде скоростного пучка в плане скоростей.

Очевидно, что в теле будет содержаться ось, все точки к-рой имеют наименьшую поступательную скорость. Для ее определения находим в скоростном пучке вектор, имеющий наименьшую величину; это будет перпендикуляр on, опущенный из точки o на плоскость abc (фиг. 6). Находим точку N на плоскости ABC, соответствующую точке n, и через нее проводим ось $R—R$,



Фиг. 6.

перпендикулярную к abc. Очевидно, что движение тела можно представить как скольжение около оси $R—R$ со скоростью $v_n = k \cdot \overline{on}$ и вращение с угловой скоростью ω. Ось $R—R$ носит название оси мгновенного вращения и скольжения. Геометрич. место осей мгновенного вращения и скольжения есть поверхность, к-рая носит название неподвижной аксоиды, а геометрич. место прямых в теле, последовательно служащих осями, называется подвижной аксоидой. Движение тела за конечный промежуток времени м. б. сведено к качению и скольжению подвижной аксоиды по неподвижной (фиг. 7). На чертеже представлены аксоиды, в частном случае задания движения, в проекциях Монжа. Однополый гиперболоид вращения с осью $2—2$ катится и скользит по гиперболоиду вращения с осью $1—1$.



Фиг. 7.

Для определения ускорений точек твердого тела можно воспользоваться тем условием, что движение твердого тела можно представить, как поступательное перемещение со скоростью точки A и движение около A. Тогда для точки B твердого тела ABC (фиг. 8):

$$\bar{J}_B = \bar{J}_A + \bar{J}_{B/A},$$

где $J_A, J_B, J_{B/A}$—ускорения точек A, B и B относительно A. Для определения величины $J_{B/A}$ проводим через точку A ось мгновенного вращения (фиг. 9) и на этом направлении

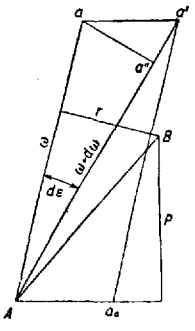


Фиг. 8.

отложим угловую скорость ω мгновенного вращения в нек-ром масштабе в виде отрезка Aa. Направление этого вектора зависит от принятого условия, например ω положительна, если откладывать вектор так, чтобы, смотря из конца его в точку A, наблюдатель видел вращение происходящим по часовой стрелке, или наоборот. Пусть во второй бесконечно малый промежуток времени вращение будет происходить около другой оси со скоростью $\omega + d\omega$. Отложим величину $\omega + d\omega$ на второй оси в виде отрезка Aa'. Тогда отрезок aa' даст девиацию вращения, а отношение $\frac{aa'}{dt} = a$—полное угловое ускорение. Вектор aa' разлагаем на два направления: $a'a''$ и $aa'' \perp Aa'$. С точностью до малых второго порядка можно написать: $a'a'' = d\omega$ и $aa'' = \omega d\varepsilon$, откуда

$$\bar{a} = \frac{\overline{d\omega}}{dt} + \omega \frac{\overline{d\varepsilon}}{dt}.$$

Первое слагаемое берется в направлении оси мгновенного вращения и второе — в направлении, перпендикулярном к нему. Точка B в своем движении около точки A вращается сначала около оси Aa, а потом около оси Aa', но последнее вращение м. б. разложено на вращение около оси Aa и вращение около оси $Aa_0 \parallel aa'$. Два вращения около одной и той же оси Aa с одной и той же угловой скоростью ω дадут осестремительное ускорение $\omega^2 r$, где r—расстояние точки B от оси Aa. Вращение же около оси Aa даст добавочную скорость точки B, равную $apdt$, где p — расстояние точки B до оси Aa_0. Этот добавок скорости даст добавочное ускорение, равное ap и направленное перпендикулярно к плоскости ABa_0. Вектор ap называется вращательным ускорением. Таким образом:



Фиг. 9.

$$\bar{J}_{B/A} = \overline{\omega^2 r} + \overline{pa} \text{ или } \bar{J}_B = \bar{J}_A + \overline{\omega^2 r} + \overline{pa}.$$

Запроектируем все эти векторы на направление отрезка AB:

$$\text{пр. } \bar{J}_{B/AB} = \text{пр. } \bar{J}_{A/AB} + \text{пр. } \overline{\omega^2 r}_{AB} + \text{пр. } \overline{pa}_{AB},$$

но пр. $\overline{pa}_{AB} = 0$, так как $pa \perp ABa_0$,

$$\text{пр. } \omega^2 r_{AB} = \frac{v^2_{B/A}}{AB},$$

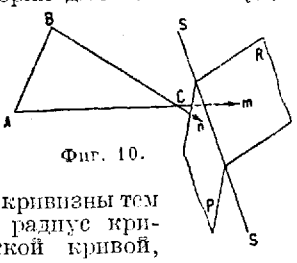
следовательно пр. $\bar{J}_{B/AB} = \text{пр. } \bar{J}_{A/AB} + \frac{\overline{v^2_{B/A}}}{AB}$

для всякого движения точки в пространстве. Т. о. ускорение точки B легко м. б. опреде-

лено, если известно ускорение точки A и траектория β—β точки B (фиг. 8). Пользуясь теоремой о проекциях, проводим через конец вектора J_A плоскость P, перпендикулярную к AB. В пересечении плоскости P с AB находим точку k, а отрезок Ak даст пр. $J_{A/AB}$. Зная $v_{B/A}$ (из скоростного пучка) находим величину $\frac{v^2_{B/A}}{AB}$. Пусть отрезок Bn есть сумма $J_{A/AB}$ и $\frac{v^2_{B/A}}{AB}$. Проводим через точку n плоскость R, перпендикулярную к AB. При условии, что Bn есть проекция J_B, конец вектора J_B должен лежать в плоскости R. С другой стороны, зная траекторию β—β точки B, проводим соприкасающуюся плоскость T и находим радиус кривизны OB точки B. Откладываем на радиусе OB отрезок Bm, равный центростремительному ускорению J^n_B точки B:

$$J^n_B = \frac{v^2_B}{OB}.$$

Из точки m ведем в соприкасающейся плоскости перпендикуляр к OB. Пересечение этого перпендикуляра с плоскостью R и даст конец вектора ускорения J_B точки B. Для нахождения ускорения точки C находим по предыдущему проекции этого ускорения на направления BC и AC, пусть это будут отрезки Cn и Cm (фиг. 10). Через точки n и m проводим плоскости P и R, соответственно перпендикулярные к сторонам AC и BC. На линии S—S их пересечения должен лежать конец вектора J_C—ускорения точки C. Далее необходимо рассмотреть, какую траекторию описывает точка C на поверхности, по к-рой она перемещается. Из плана скоростей мы имеем вектор ее скорости v_C (фиг. 11), т. е. направление, касательное к ее траектории. Проводим нормаль CN к поверхности через точку C. Находим сечение этой поверхности плоскостью, содержащей v_C и CN, и центр кривизны O этого сечения. Возможные траектории для точки C будут иметь соприкасающимися плоскостями плоскости, содержащие v_C; какая-нибудь из этих плоскостей пересечет поверхность по нек-рой кривой с радиусом кривизны тем же самым, что и радиус кривизны той неплоской кривой, для которой проведенная плоскость в данный момент является соприкасающейся. Если к нормальному сечению провести плоскость под углом α, то радиус кривизны ϱ этого сечения выразится:



Фиг. 10.

$$\varrho = CO\cos\alpha,$$

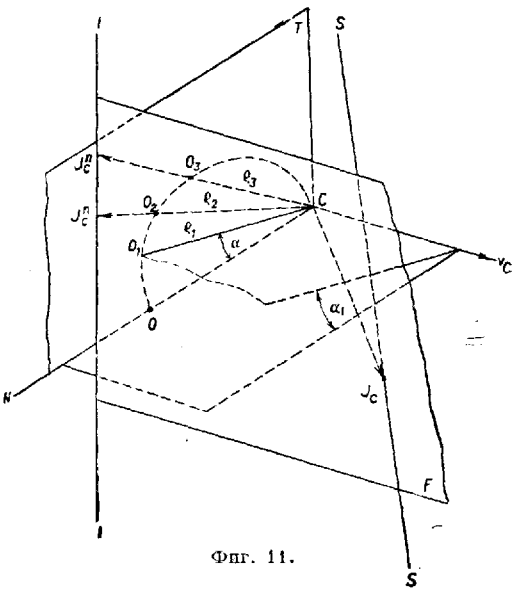
т. е. геометрич. место центров кривизны есть окружность, описанная на CO, как на диаметре, и содержащаяся в плоскости, перпендикулярной к v_C, т. к. все радиусы кривизны перпендикулярны к v_C. Далее имеем

$$J^n_C = \frac{v_C}{\varrho},$$

откуда

$$J^n_C\varrho = v^2_C.$$

Вектор v_C известен из плана скоростей, и очевидно, что если на каждом векторе ϱ отложить J^n_C, то произведение J^n_C на ϱ будет величиной постоянной. Т. к. концы ϱ лежат на окружности, проходящей через C, то концы J^n_C будут лежать на инверсии этой окружности, к-рая в данном случае будет

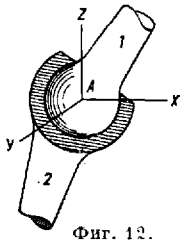


Фиг. 11.

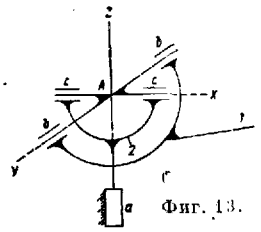
прямой J—J в виду того, что центр инверсии лежит на окружности. Тангенциальное ускорение точки C будет направлено перпендикулярно к J^n_C, т. е. перпендикулярно к плоскости T, и геометрич. местом этих тангенциальных ускорений будет плоскость F, параллельная v_C и проходящая через прямую J—J. Конец полного ускорения точки C должен лежать в этой плоскости, но т. к., с другой стороны, он должен лежать на прямой S—S, то конец этого вектора J_C лежит в точке пересечения прямой S—S и плоскости F. Зная ускорения трех точек A, B и C твердого тела, ускорение любой четвертой точки находят путем применения теоремы о проекциях. Для этого через концы найденной проекции ускорений трех точек на направления лучей, соединяющих три данные точки с четвертой, проводим плоскости, соответственно перпендикулярные к соединяющим лучам. Пересечение этих трех плоскостей дает конец вектора ускорения всякой четвертой точки твердого тела. Если какая-либо точка звена движется со скоростью v по траектории, к-рая в свою очередь вращается с угловой скоростью ω, то необходимо определить кориолисово ускорение, равное $J_k = 2\omega v$. Направление J_k совпадает с направлением вектора скорости v, если этот вектор повернуть на 90° по направлению угловой скорости ω.

Конструктивное соединение двух звеньев П. м., как и в плоском механизме, носит название кинематической пары (см. *Механизмы*). С аналитич. точки зрения, кинематич. парой можно назвать совокупность условий связи, к-рыми определяется относительное движение двух сцепленных между собой тел. Связи, или ограничения в движении одного звена относительно другого, м. б. выражены в виде ур-ий связи или

же представлены геометрически. Геометрич. представление о парах было принято Чебышевым, Сомовым, Рело, Грасгофом, а в дальнейшем развито Гохманом, Ассуром и Малышевым. Дадим наиболее часто встречающиеся случаи кинематич. пар в пространстве. 1) Два звена имеют одну общую точку. В этом случае кинематич. пара имеет 3 условия связи. Примером такой пары может служить т. н. шаровой шарнир (фиг. 12). Звено *1* имеет возможность вращаться около трех осей *X*, *Y* и *Z* в пространстве. Точно такие же движения имеет звено *1* относительно звена *2* (фиг. 13), но здесь эта кинематич. пара изображена условно не-

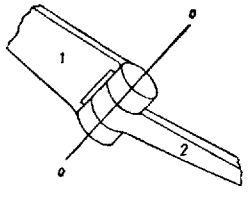


Фиг. 12.

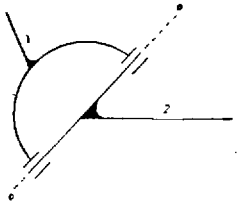


Фиг. 13.

сколько иначе, а именно в виде трех цилиндрич. шарниров *a*, *b* и *c*, оси к-рых пересекаются в одной точке *A*. Никаких поступательных перемещений вдоль осей *X*, *Y* и *Z* система не имеет. 2) Две точки одного звена неподвижны по отношению к другому звену. В этом случае кинематич. пара имеет 5 условий связи. Примером такой пары служит цилиндрический шарнир (фиг. 14). Звено *2* может только вращаться около оси *o*—*o*. Никаких перемещений вдоль оси *o*—*o* звено *2* не имеет. Условное его из-



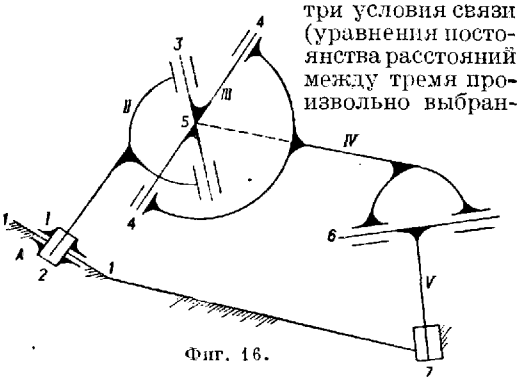
Фиг. 14.



Фиг. 15.

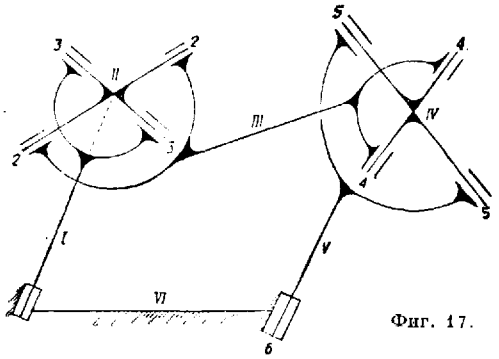
ображение дано на фиг. 15. 3) Одна точка одного звена может скользить по линии, принадлежащей другому; этому случаю соответствуют 2 условия связи. 4) Две точки одного звена могут скользить по линии, принадлежащей другому звену; здесь 4 условия связи. Это—случай пространственного ползуна. 5) Одна точка звена может скользить по поверхности, принадлежащей другому звену,—1 условие связи.

Все эти кинематич. пары м. б. выполнены или отдельно или же в комбинации. Так, в примере, указанном на фиг. 12 и 13, одно и то же перемещение звена м. б. выполнено или одним шаровым шарниром (фиг. 12) или системой трех цилиндрич. шарниров (фиг. 13). Пользуясь тем условием, что каждый механизм должен обладать только одной степенью свободы, можно, подсчитывая условия связи в звеньях и парах, производить анализ механизма с точки зрения правильности его структуры, напр. анализируя механизм фиг. 16, видим, что он имеет 5—6 цилиндрич. шарниров и одну поступательную пару (в точке *A*). Считая только подвижные звенья, получаем: пять звеньев имеют каждое по 9 неизвестных координат, а всего 45 неизвестных. Каждое звено имеет три условия связи (уравнения постоянства расстояний между тремя произвольно выбран-



Фиг. 16.

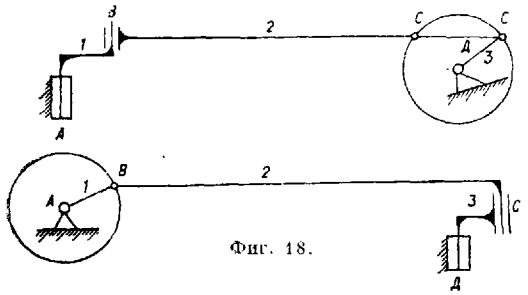
ными точками), а 5 звеньев имеют $3 \times 5 = 15$ условий связи. Пять цилиндрич. шарниров имеют каждый по 5 условий связи, а всего 25. Поступательная пара имеет четыре условия связи. Таким обр. общее количество k условий связи будет: $k = 25 + 4 + 15 = 44$. На 45 неизвестных имеем 44 ур-ия, т. е. система имеет $(45 - 44)$ одну степень свободы и является механизмом. Практика показывает, что не всегда такой подсчет дает окончательное решение задачи, напр. анализируя механизм, указанный на фиг. 17, имеем на 5 движущихся звеньев $9 \times 5 = 45$ неизвестных координат. Шесть цилиндрических пар дают $5 \times 6 = 30$ условий связи и 5 звеньев дают $3 \times 5 = 15$ условий связи. Всего имеем на 45 неизвестных $30 + 15 = 45$ условий связи, т. е. система, как не имеющая степеней свободы, должна бы быть неподвижной, а она имеет вполне определенное движение. Очевидно, что в данном случае математически одно уравнение должно исчезнуть, напр. обратиться в тождество, вследствие особого расположения осей или звеньев механизма. Обращение ур-ий в тождества может происходить в различных случаях (одинаковость углов между осями шарниров, пересечение осей шарниров, совпадение траекторий и т. д.). Возможен и обратный случай, когда неправильно сконструированный механизм все-



Фиг. 17.

таки работает благодаря целому ряду конструктивных допущений; так, механизм передачи к решетам веялки (фиг. 18) имеет 3 звена, или 27 координат, 12 условий связи в звеньях и 20 условий связи в парах, всего 32 условия связи на 27 координат, т. е. не-

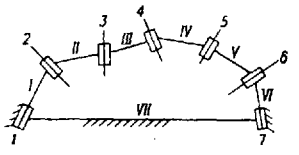
является механизмом с точки зрения математич. анализа. Работа его на практике возможна только при условии, что шипы B и C помещены в свободные отверстия и имеют



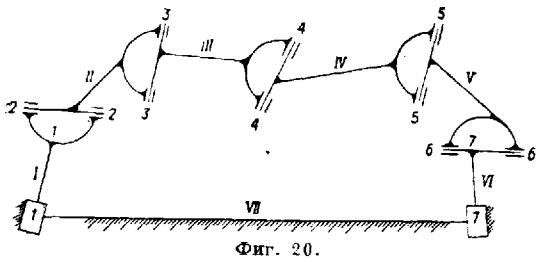
Фиг. 18.

возможность там свободно вращаться около различных осей. Приведенные примеры показывают, какие большие затруднения могут встретиться при анализе структур П. м. Вот почему на практике при составлении схем механизмов удобнее пользоваться обобщениями и выводами из них, данными Грасгофом.

Общий случай шарнирной цепи. Предположим, что требуется определить, какое число звеньев должна иметь цепь с непараллельными и непересекающимися осями в пространстве для того, чтобы быть цепью принужденного движения, т. е. при неподвижном одном звене и произвольном движении другого остальные звенья должны двигаться определенным образом. Если назовем звенья через $A, B, C, \ldots, N$ и движение каждого звена относительно соседнего—через $\alpha, \beta, \gamma, \ldots, \nu$, где α—движение A относительно N, β—движение B относительно A и т. д. Если звено N неподвижно, то абсолютное движение какого-либо звена C будет слагаться из $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ Очевидно, что и движение звена N будет слагаться также из движений $\alpha, \beta, \gamma, \ldots \nu$. Но, как известно, абсолютное движение какого-либо звена слагается из поступательного перемещения вдоль оси мгновенного вращения и скольжения и вращения около этой оси, следовательно, если мы разложим как поступательное движение, так и вращательное по трем неподвижным взаимно перпендикулярным осям, то получим 6 слагающих движений звена. Для рассматриваемого звена N, движение которого складывается из движений $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$, эти последние д. б. между собой связаны так, чтобы давать требуемые 6 движений звена N, т. е. в нашем случае удо-

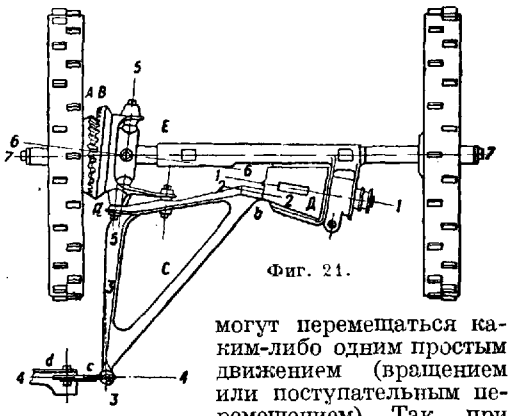


Фиг. 19.



Фиг. 20.

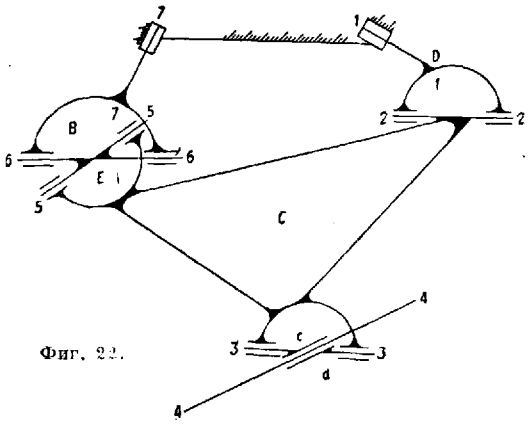
влетворять 6 условиям его неподвижности. Но из n возможных движений одно является произвольным и неподлежащим никакому условию, следовательно остается $n-1$ движение, подлежащее шести условиям, и для определенности решения задачи необходимо, чтобы $n-1=6$, откуда $n=7$, т. е. в общем случае пространственная шарнирная цепь должна иметь 7 звеньев. Схемы общего случая семизвенного механизма даны на фиг. 19 и 20. Из чертежа ясно, что 7 звеньям механизма соответствуют 7 осей вращения или, как это было показано выше, 7 звеньям соответствуют 7 относительных движений. Следовательно при определении правильности структуры механизма можно исходить из подсчета числа осей, около к-рых звенья



Фиг. 21.

могут перемещаться каким-либо одним простым движением (вращением или поступательным перемещением). Так, при анализе механизма (фиг. 16) видно, что он имеет 7 осей, т. е. структура его правильна.

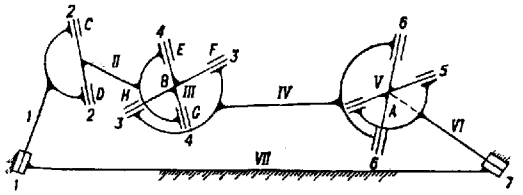
На фиг. 21 дан механизм передачи к ножу косилки. Шестерня A, вращаясь вместе с ходовым колесом, одновременно находится в соприкосновении с шестерней B. В одновременном зацеплении находится 11 зубцов. В виду разницы в количестве зубцов (шестерня A имеет 46 зубцов, а шестерня B 48 зубцов) при повороте шестерни A по отношению к шестерне B на 2 зуба шестерня B делает 1 оборот. В точке E шестерня B



Фиг. 22.

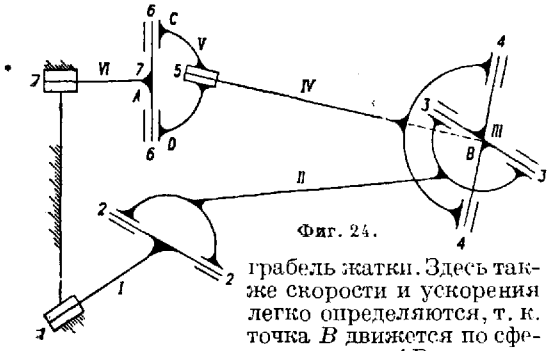
связана с осью 7—7 шарниром Гука. Шестерня B жестко связана с рамой C, точка c к-рой связана с ножом d. Точка c рамы имеет колебательное движение вдоль оси 4—4 и вращение около оси 3—3. Точка b рамы сидит на оси 2—2 и описывает окружность в пло-

скости, перпендикулярной к оси *1—1*. Схематич. изображение этого механизма дано на фиг. 22. Кинематич. исследование данного механизма м. б. произведено так: звено *D*, вращаясь около оси *1—1*, описывает всеми своими точками окружности, перпендикулярные к оси *1—1*, и следовательно все точки оси *2—2*, принадлежащей также и звену *C*, описывают окружности; точка *c*, одновременно принадлежащая звену *d* и звену *C*, движется по прямой *4—4*; точка *E*, принадлежащая одновременно звеньям *B* и *C*, будет центром сферы, по к-рой движутся точки оси *5—5*, принадлежащей звену *C*; следовательно звено *C* движется так: одна его точка движется по прямой, другая по окружности, а третья по сфере; по предыдущему скорости и ускорения всех звеньев легко м. б. найдены. С точки зрения структуры данный механизм относится к общему случаю семиосного механизма. На фиг. 23 дана



Фиг. 23.

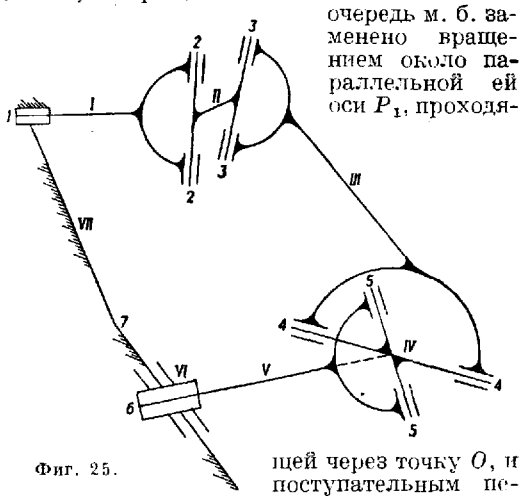
схема механизма мотовила. Точка *A* механизма остается неподвижной, точка *B* движется по сфере, т. к. расстояние *AB* постоянно, следовательно звено *II* движется точками *C* и *D* по окружностям, перпендикулярным к оси *1—1*, а точкой *B*, ему также принадлежащей,—по сфере радиуса *AB*, т.е. его скорости и ускорения легко по предыдущему находятся. Зная скорость точки *B*, легко найти скорости точек *E* и *G*, потом *H* и *F* и т. д. На фиг. 24 дана схема механизма



Фиг. 24.

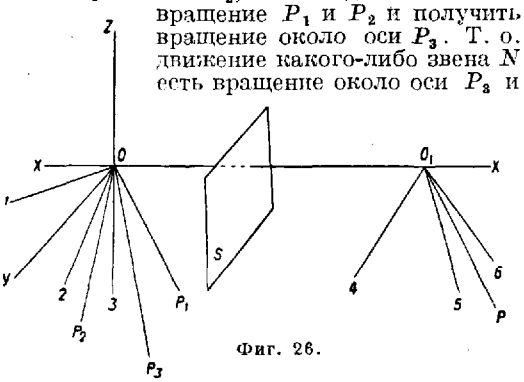
грабель жатки. Здесь также скорости и ускорения легко определяются, т. к. точка *B* движется по сфере радиуса *AB*, а точки *C* и *D* по окружностям, перпендикулярным к оси *7—7*, и следовательно здесь применима теорема о проекциях. На фиг. 25 указан механизм картофелекопателя, легко кинематически исследуемый. Необходимо указать, что при конструктивном выполнении механизмов часто допускают в системе лишние звенья, к-рыми соединяют точки с постоянным между собой расстоянием, напр. в механизме фиг. 24 соединяют точки *A* и *B* и т. п.

Кроме семиосных механизмов в частном случае в пространстве м. б. шестиосный механизм, но в этом случае он имеет 2 пересечения осей по три. Пусть в точке *O* пересекаются оси *1*, *2* и *3*, а в точке O_1—оси *4*, *5* и *6* (фиг. 26). Вращение около осей *4*, *5* и *6* м. б. заменено вращением около нек-рой оси *P*, а вращение около оси *P* в свою очередь м. б. заменено вращением около параллельной ей оси P_1, проходя-



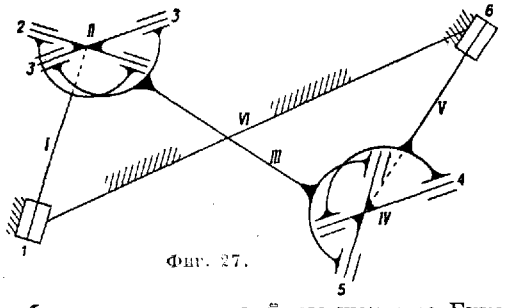
Фиг. 25.

щей через точку *O*, и поступательным перемещением в плоскости *S*, перпендикулярной к OO_1. Складывая также вращения около осей *1*, *2* и *3* и получая ось P_2, можно далее сложить вращение P_1 и P_2 и получить вращение около оси P_3. Т. о. движение какого-либо звена *N* есть вращение около оси P_3 и



Фиг. 26.

скольжение в плоскости *S*. Вращение дает три компоненты около трех взаимно перпендикулярных осей *X*, *Y*, *Z*, а скольжение в плоскости *S* дает две компоненты, т. е. движение звена характеризуется пятью условиями, и следовательно по предыдущему имеем: $n-1=5$, откуда $n=6$, т. е. получаем механизм, имеющий шесть звеньев или шесть осей. Схема этого механизма (фиг. 27) упо-

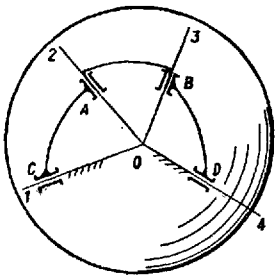


Фиг. 27.

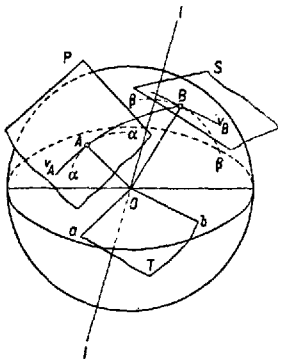
требляется в т. н. двойном шарнире Гука (см. *Гука шарнир*).

Кроме шестизвенного механизма в частном случае м. б. и четырехзвенные механизмы. Наибольшее применение в технике

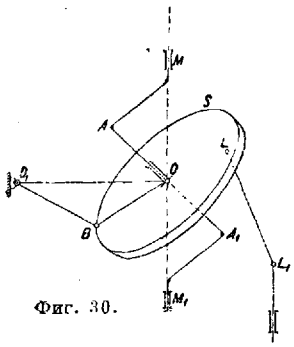
получили т. н. сферические механизмы. Сферический четырехзвенный механизм (фиг. 28) имеет оси сходящимися в одной точке—центре сферы. Тогда движение отрезка AB можно представить себе как движение некоторого тр-ка OAB, одна точка к-рого O — неподвижна, а точки A и B описывают вполне определенные траектории. Для определения скоростей точек звена AB поступаем так. Пусть траектория α—α и скорость v_A точки A даны (фиг. 29). Скорость v_A лежит в плоскости P, касательной к сфере в точке A, и направлена по касательной к траектории α—α. Через точку O проводим направление Oa, параллельное v_A. В точке B проводим направление, касательное к траектории β—β, это будет направление скорости точки B. Проводим через точку O направление Ob, параллельное v_B. Т. к. ось мгновенного вращения и скольжения перпендикулярна к плоскости, содержащей концы векторов скоростей трех точек твердого тела, то принимая точку O за начало плана скоростей и имея, что конец вектора v_A должен лежать на направлении Oa, конец вектора v_B на направлении Ob и вектор скорости точки O, равный нулю, совпадает с точкой O, т. е. что плоскость T, содержащая направления Oa и Ob, и будет основной плоскостью плана скоростей, восстанавливаем в точке O перпендикуляр к плоскости T. Он и будет служить осью мгновенного вращения. Имея ось мгновенного вращения, нетрудно по предыдущему определить скорость и ускорение любой точки звена AB. Наиболее применяемым сферич. механизмом является шарнир Гука (см. *Гука шарнир*, фиг. 5). Кроме того в практике получили распространение «таумельшайбы» (фиг. 30); более усложненные типы таумельшайб см. ниже на фиг. 31 и 32. Подобные механизмы нашли себе применение в моторах, изготовленных нек-рыми фирмами. Исследование этих механизмов м. б. произведено вышеуказанными методами. Как показали последние исследования, синтез сферич. механизмов можно чрезвычайно упростить, пользуясь их аналогиями с плоскими механизмами. Необходимо также упомянуть, что кроме сферич. четырехзвенных механизмов м. б. построены и несферич. четырехзвенные механизмы, но при условии соблюдения некоторых геометрических соотношений. Так, для четырехзвенных механизмов необходимо, чтобы было равенство противоположных звеньев и равенство углов между их осями, и кроме того длины звеньев должны относиться как синусы углов между осями тех же звеньев. Здесь надо отметить, что эти исключения не следует смешивать с механизмами, имеющими также 4 звена (напр. механизм, указанный на фиг. 18) и работающими за счет свободы в соединениях; структура этих механизмов совершенно неправильна.



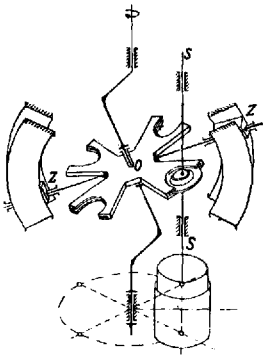
Фиг. 28.



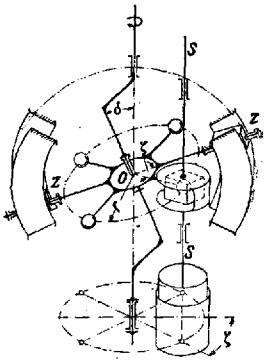
Фиг. 29.



Фиг. 30.

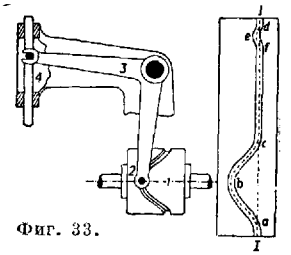


Фиг. 31.



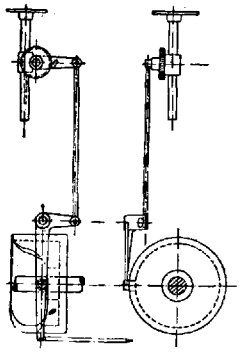
Фиг. 32.

Передачи непосредственным соприкосновением. К передачам непосредственным соприкосновением относятся пространственные кулаки и эксцентрики, а т. же зубчатые пространственные передачи. На фиг. 33 показан пространственный эксцентрик, употребляющийся в текстильных машинах. Цилиндр *1* имеет паз *abcfed*, в к-рый входит деталь *2* рычага *3*. Рычаг *3* соединен вилкой с деталью *4*, движущейся вертикально вверх и вниз. Т. к. этот эксцентрик выполнен в виде цилиндра, то при проектировании его можно воспользоваться его разверткой, показанной на фиг. 34 справа. Очевидно, что рычаг *3* получит нужное движение, если развертку протягивать со скоростью, равной линейной скорости точек поверхности цилиндра. Тогда вся задача будет сведена к обыкновенной плоской задаче, и проектирование эксцентрика сведется к проектированию соответствующей развертки. Скорости и ускорения тогда легко определяются. На фиг. 34 показан эксцентрик, употребляющийся в бумажной промышленности. На фиг. 35 показан эксцентрик жнеи-самосброски. Ролик n рычага k катится по дорожке s—s. Рычаг k вращается одновременно около оси Y—Y, проходящей вертикально через центр главного вала, и горизонтальной оси X—X. На фиг. 36 и 37 даны схемы

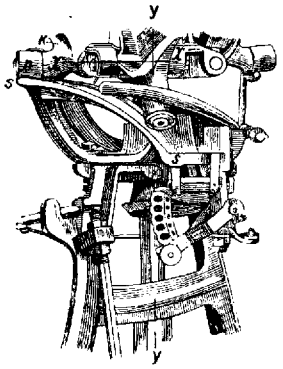


Фиг. 33.

различных эксцентриков. Т. к. все вышеуказанные эксцентрики развертываются на плоскость, то их проектирование и анализ

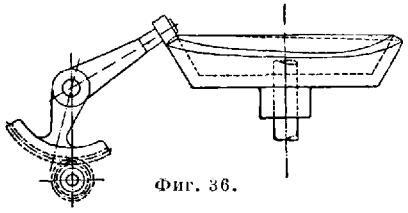


Фиг. 34.



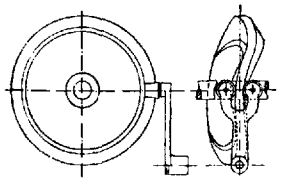
Фиг. 35.

сводятся к случаю, разобранному выше. На фиг. 38 показан шнековый эксцентрик, к-рый занимает промежуточное положение между эксцентриками и зубчатыми передачами. На валу *1* посажена крестовина, оканчивающаяся четырьмя коническими роликами *a*. На оси *2—2* имеется винтовая поверхность, находящаяся в каждый данный момент в соприкосновении с двумя роликами. При вращении винтовой поверхности около оси *2—2* крестовина вращается ок. оси *1—1*. Означенная передача сходна с



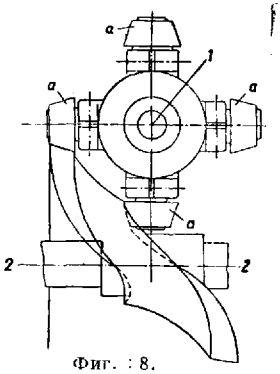
Фиг. 36.

червячной передачей для передачи вращения между двумя непересекающимися перпендикулярными осями. Проектирование подобной передачи сводится к общей задаче о пространственной винтовой передаче, теория к-рой дана ниже. Кроме фрикционных передач (фиг. 39) в пространстве также применяются следующие зубчатые передачи. Для передачи между пересекающимися валами—коническое колеса (см. *Зубчатые колеса*), для передачи между перекрещивающимися валами—винтовые колеса и червячная передача и для передачи между непересекающимися и непараллельными осями—гиперболические колеса. Почти все пространственные передачи обладают рядом недостатков.

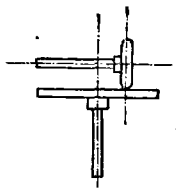


Фиг. 37.

Приближенное построение профилей приводит к касанию в точках, к большой и неравномерной снашиваемости и к технологич. трудностям выполнения. До сих пор вопросу о точном профилировании пространственных колес уделялось мало внимания в практике, хотя и велась теоретич. разработка вопроса (Крайн). Теперь благодаря работам Н. И. Мерцалова можно практически подойти к решению этой задачи. Ниже дается разработанная проф. Н. И. Мерцаловым теория построения поверхностей соприкосновения в пространственных передачах с большим отношением скоростей для того случая, когда эти поверхности соприкосновения являются линейчатыми и развертывающимися поверхностями. Для решения этой задачи можно воспользоваться двумя теоремами Резаля. 1) Чтобы две развертывающиеся поверхности в каких-либо системах *1* и *2* взаимно касались, необходимо, чтобы ось мгновенного вращения и скольжения в относительном движении этих систем всегда содержалась в плоскости, параллельной нормальной плоскости, проведенной через образующую прикосновения. 2) Необходимым условием касания 2-х развертывающихся поверхностей является условие, чтобы угол α наклона образующей прикосновения к оси вращения и скольжения удовлетворял соотношению



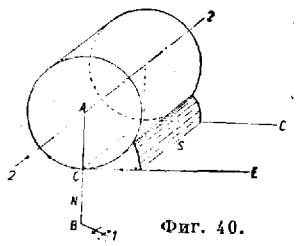
Фиг. 38.



Фиг. 39.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\omega}{u}p,$$

где ω—угловая скорость мгновенного вращения, u—скорость скольжения системы *2* относительно системы *1* и p—расстояние между плоскостью, в которой содержится ось мгновенного вращения и скольжения, и нормальной плоскостью через образующую прикосновения. За одну из поверхностей можно выбрать цилиндрич. поверхность. В случае эвольвентного профиля зубца образование поверхности зубца м. б. представлено (фиг. 40) так: цилиндр на оси *2—2* вращается с угловой скоростью колеса, а касательная к нему плоскость *E* навертывается на цилиндр без скольжения. Тогда прямая на этой плоскости, параллельная оси колеса, опишет в системе вращающегося колеса эвольвентную цилиндрич. поверхность. По первой теореме Резаля ось мгновенного вращения и скольжения должна содержаться в плоскости, параллельной нормальной, а в то же время она лежит в плоскости, содержащей направление осей *1* и *2*; следовательно плоскость *E*, навертывающаяся на цилиндр и содержащая направление оси *2*, должна также содержать и направление второй оси *1*, и следовательно вторая ось д. б. параллельна плоскости *E*. Угол между образующей *S* и осью мгно-



Фиг. 40.

венного вращения и скольжения м. б. найден по второй теореме Резаля—путем построения скоростного пучка (фиг. 41), из к-рого получаем

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{nm}{on} = \frac{p \cdot ab}{AB \cdot on}.$$

откуда

$$p = \frac{nm}{ab} \cdot AB.$$

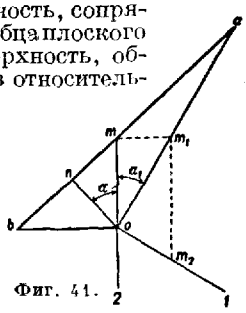
или т. к.

$$\frac{BN}{AB} = \frac{bm}{ab} \text{ и } p = BN = BC.$$

то

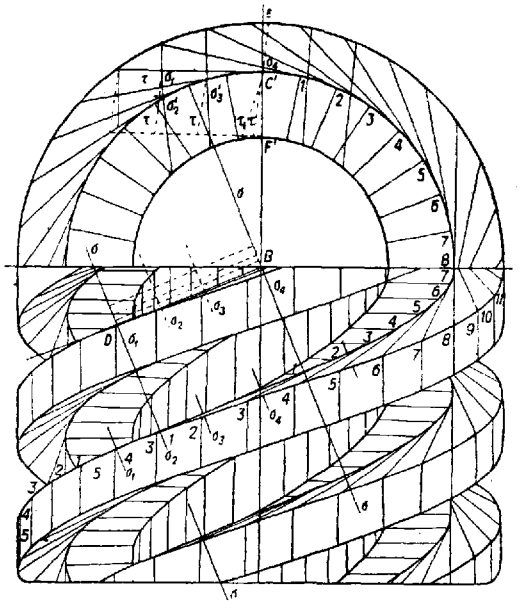
$$BC = \frac{bm}{ba} \cdot BA.$$

Тем самым определяется радиус окружности вспомогательного цилиндра. Далее отыскиваем в системе поверхность, сопряженную поверхности зуба плоского колеса. Это будет поверхность, образованная прямой S в относительном движении по системе *1*. Это относительное движение будет слагаться из поступательного движения прямой со скоростью точки C вспомогательной окружности в направлении, перпендикулярном к оси *2*, и из вращения около оси *1* со скоростью ω_1. Из ур-ия:

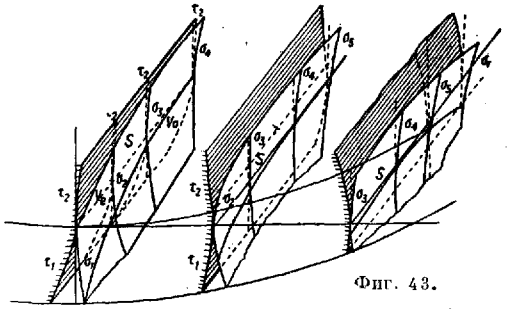

Фиг. 41.

$$\frac{am}{ab} = \frac{AC}{AB}$$

имеем, что скорость точки C выразится отрезком mm_1, параллельным ob. Скорость же в направлении оси *1* выразится отрезком om_2, точка m_2 к-рого находится проведением прямой m_1m_2, параллельной оси *2*. Относительное движение прямой S по системе *1* будет слагаться из движения вдоль оси

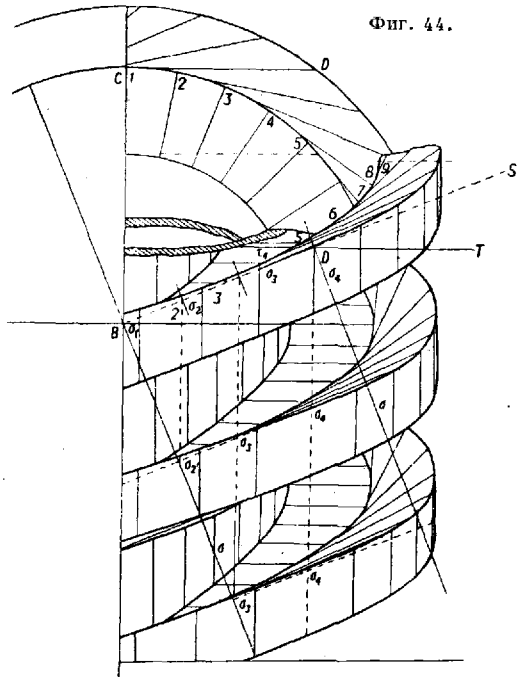

Фиг. 42.

1 со скоростью om_1 и вращения около этой оси со скоростью ω_1. Подошва кратчайшего расстояния BC между прямой S и осью *1* опишет при движении прямой S относительно *1* винтовую линию, а прямая S при своем движении будет этой винтовой линии касать-


Фиг. 43.

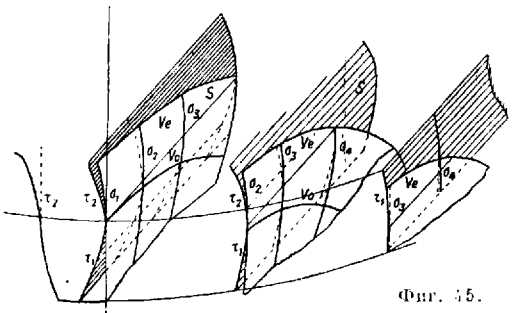
ся. Эта винтовая линия будет ребром возврата винтовой поверхности, описываемой прямой S. Цилиндрич. колесо будет лежать по одну сторону ребра возврата, т. е. крайняя плоскость должна содержать в себе кратчайшее расстояние между осями (фиг. 40). Всякое сечение, перпендикулярное к оси винта, дает на винтовой поверхности эвольвенту, в чем нетрудно убедиться из непосредственных построений этих сечений.

Фиг. 44.



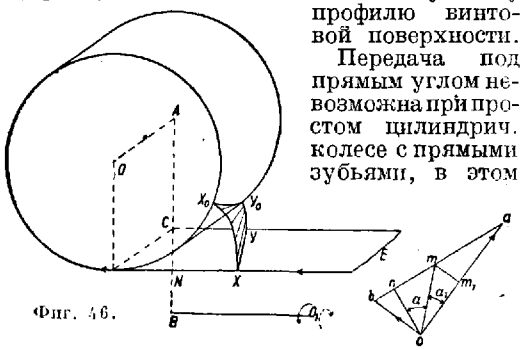
На фиг. 42 в проекциях Монжа дан винт для передачи 1 : 8 при шаге $t = 35{,}34$ *мм*, при радиусе образующей окружности 180 *мм*. Винт 4-оборотный, радиус основного цилиндра 60 *мм*. Угол между осями 67° 50′. Отрезок BD представляет собой длину зуба, прямая σ—σ—ребро возврата. Как уже указывалось, цилиндрич. колесо лежит по одну сторону ребра возврата. Кривые σ_1', σ_2', ... и σ_1, σ_2, ...—проекции эвольвент τ_1, τ_2, ..., полученных на поверхности зуба сечением, перпендикулярным к оси колеса. На фиг. 43 показаны условия касания трех зубцов в перспективе. Здесь τ, τ_1, ...—эвольвенты, а σ_1, σ_2, ...—кривые сечений винтовых поверхностей, S—линии касания. Поверх-

ность износа этих колес не превышает 6 $см^2$. Данная передача между обыкновенным цилиндрич. колесом с прямыми зубьями и винтом будет необратимой и м. б. применена в грузоподъемных машинах или в сепараторах. В случае расположения колеса не с



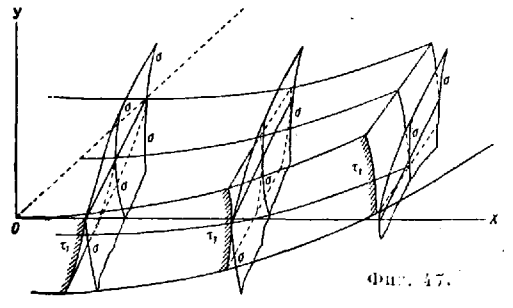
Фиг. 45.

левой стороны (фиг. 42), а с правой (фиг. 44) соприкосновение будет происходить выпуклой поверхностью по вогнутой. В перспективе это показано на фиг. 45. Нерабочая часть ножки зубца должна быть сильно подпутрена, чтобы дать место соответствующему профилю винтовой поверхности.



Фиг. 46.

Передача под прямым углом невозможна при простом цилиндрич. колесе с прямыми зубьями, в этом случае зуб колеса должен быть винтовым (фиг. 46). Удовлетворяя первой теореме Резаля, берем основной цилиндр с радиусом AC и осью AO и проводим к нему касательную плоскость E. Какая-либо прямая xy на этой плоскости, непараллельная AO,



Фиг. 47.

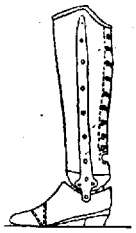
опишет в системе цилиндра при его вращении и наматывании на него плоскости E линейную эвольвентную поверхность, к к-рой плоскость E будет нормальна по образующей xy. Второе соотношение Резаля м. б. найдено из построения скоростного пучка. Построение винта ведется так же, как и для случая непрямоугольной передачи. Колесо располагается по одну сторону от оси винта. Условия соприкосновения даны на фиг. 47. Здесь выпуклая часть зуба работает по выпуклой. В данном случае по существу эта передача является передачей от винта к винту, только колесо будет винтом весьма большого размера и с большим передаточным числом. Передача является необратимой. Подобная же теория дает способы для решения вопроса о касании по линейчатым неразвертывающимся поверхностям.

Передача гибкими телами в пространстве осуществляется для любого положения осей в пространстве путем применения направляющих шкивов (см. *Гибкие передачи*, *Канатная передача*). Возможны также передачи при помощи *гибких валов* (см.).

Лит.: Артоболевский И., Об ускорении пространственных механизмов, «Сб. тр. Моск. Химико-технологич. ин-та им. Менделеева», М., 1931, вып. 1; Малышев А. П., Анализ и синтез механизмов с точки зрения их структуры, Томск, 1923; Мерцалов Н. И., Зубчатая передача между непересекающимися осями, «Всесоюзный исследоват. ин-т с.-х. механики», М., 1932; Верховский А. В., Четырехзвенный пространственный механизм с цилиндрич. шарнирами, оси к-рых не параллельны и не пересекаются, Томск, 1925; Артоболевский И. И., Синтез и кинематич. исследование сферич. механизмов, «Труды ин-та с.-х. машиностроения», М., 1931; Восторкнутов С. П., Теория передачи к ножу в косилках, Горки, 1924; Артоболевский С. И., Сбрасывающая грабля лобогрейки (опыт упрощенного исследования П. м.), «Вестник металлопромышленности», М., 1928, *9—10*; Гершгорин С. А., К кинематич. исследованию механизма всялок с поперечным движением решет, «Труды Государственного ин-та опытной агрономии, отд. машиноведения», Л., 1929, т. 4, вып. 4; Кузнецов И. Т., Частный случай механизма Горнеби, четырехзвенный сферич. механизм, «Вестник металлопромышленности», М., 1923; Résal H., Traité de kinématique pure, P., 1862; Federhofer K., Graphische Kinematik u. Kinetostatik des starren räumlichen Systemes, W., 1928; Thiering O., Getriebe d. Textiltechnik, B., 1926; Schaudt G., Die Schubkurventriebe, Stg., 1927; Müller O., Beschleuningungsverhältnisse beim sphärischen Kurbeltrieb u. verwandten Mechanismen, «Z. d. VDI», 1929, B. 73, *4*; Reuleaux F., Theoretische Kinematik, B. 1, Brschw., 1875; Grashof F., Theoretische Maschinenlehre, B. 2, Hamburg, 1883; Crain K., Schraubenräder mit geradlinigen Eingriffsflächen, «Werkstattstechnik», B., 1907, H. 2—3. **И. Артоболевский.**

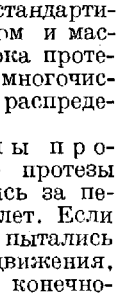
ПРОТЕЗНОЕ ДЕЛО, изготовление протезов, механич. приспособлений, заменяющих утерянную часть тела (конечность, глаз, зубы). В данной статье имеются в виду протезы только конечностей, т. е. искусственные ноги и руки. Однако П. д. охватывает изготовление кроме протезов также и ортопедич. аппаратов, т. е. приспособлений, применяемых при наличии своей части тела, деятельность которой нарушена (параличи, туберкулез и т. п.). В конструктивном отношении протезы и ортопедич. аппараты часто имеют много общего, за исключением ортопедич. обуви. Войны являются основным источником инвалидности; война 1914—18 гг. дала колоссальное количество ампутированных. В Германии (по переписи 1924 г.) имелось 136 чел. без двух рук, 20 877 чел. без одной руки, 1 264 чел. без двух ног и 44 657 чел. без одной ноги; всего 66 934 чел. ампутированных. На их протезирование расходуется ежегодно ок. 15 млн. мар. По переписи 1926 г. в РСФСР учтено: без двух рук 3 737 чел., без одной руки 71 878 чел., без двух ног 19 673 чел. и без одной ноги 86 511 чел., всего 181 799 ампутированных, т. е. 1,83 чел. на тысячу населения. По СССР количество ампутированных согласно переписи 1926 г. составляет ок. 250 000 чел. К этому следует добавить громадное количество инвалидов, нуждающихся в ортопедич. аппаратах и обуви, также обслуживаемых протезными предприятиями. После войны 1914—1918 гг.

небывалое количество ампутированных заставило правительства всех стран производство протезов из кустарного реорганизовать в полуфабричное и фабричное, причем заготовки для протезов были б. ч. стандартизованы и изготовлялись в серийном и массовом порядке, а сборка протезов производилась в многочисленных мастерских, распределенных по стране.

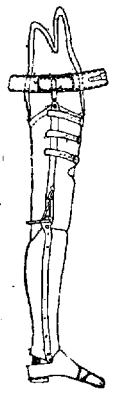


Фиг. 1.

Основные типы протезов. Современные протезы ног и рук выработались за период последних ста лет. Если первые конструкторы пытались придать протезу все движения, свойственные живой конечности, то в последний период протезы претерпели упрощение их конструкции в целях большей надежности в пользовании и дешевизны. Все протезы состоят из следующих основных частей: а) шин, образующих скелет протеза; б) гильз, придающих протезу внешние формы и служащих для связи протеза с культей (остатком конечности); в) стопы или кисти; г) бандажей для подвешивания протеза к телу. Шины, представляющие собой в общем случае стальные кованые полоски, соединенные попарно шарниром, изготовляются обычно из обыкновенной углеродистой стали крепостью 60—70 *кг/мм²* при удлинении не менее 16% (по технич. условиям НКПС сталь № 6 повышенная). В особых случаях применяется дуралюмин. Шарниры шин в целях большей устойчивости протеза снабжаются иногда замком, т. е. приспособлением для уничтожения вращения в шарнире. Гильзы изготовляются из различных материалов: кожи, дерева, металлов, фибры, целлоновых лаков, целлюлоида. Кожа (полувал, юфть) имеет наибольшее распространение благодаря своей эластичности и легкой формовке (в размоченном состоянии). Деревянная гильза также распространена, особенно в Германии и США; в СССР она также начинает применяться; качества ее: легкость, прочность и гигиеничность. Остальные материалы применяются редко. В зависимости от ампутации мы имеем следующие типы протезов. 1) Искусственная нога при ампутации стопы по Шопару или Пирогову (фиг. 1). Протез простирается до колена, опорой является конец культи и выступы на колене. Стопа часто делается неподвижной в целях прочности, т. к. шарнир поместить затруднительно. 2) Искусственная нога при ампутации голени (фиг. 2). Протез имеет коленный шарнир и гильзы голени и бедра. При короткой культе (считая от колена) гильза бедра простирается до верха ноги, и опорной точкой служит седалищный бугор; наоборот, при длинной культе гильза бедра укорачивается. Стопа с голенью соединяются голеностопным шарниром. 3) Искусственная нога при ампутации выше колена (фиг. 3). Протез имеет голеностопный и коленный шарниры.

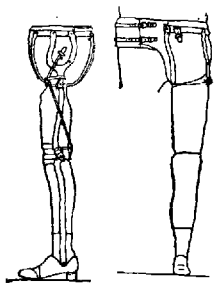


Фиг. 2.



Фиг. 3.

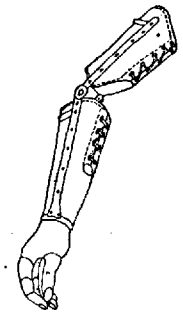
К телу прикрепляется поясом и чересплечной помочью. В коленном шарнире обычно есть замóк, чтобы инвалид мог, замыкая его, делать протез устойчивее. Вес тела передается через седалищный бугор. 4) Искусственная нога при вылущении всей конечности (фиг. 4). Протез имеет 3 шарнира: голеностопный, коленный и тазобедренный. Последние два снабжены замкáми. Соответственно протезы рук применяют: 5) при ампутации кисти (фиг. 5)— гильза доходит до локтя без шарниров; 6) при ампутации предплечья (см. фиг. 6) протез имеет локтевой шарнир; 7) при ампутации плеча (фиг. 7) локтевой шарнир с замкóм, кожаное плечо с ремнями для прикрепления протеза к телу. Кроме разграничения протезов по месту ампутации различают протезы: а) косметические, т. е. служащие для сокрытия дефекта конечности, и б) рабочие, предназначенные для выполнения той или иной работы. В протезах ног это разграничение менее существенно, т. к. искусственная нога косметическая является в то же время и рабочей. Но все же последнее название присваивают упрощенным протезам ног, имеющим вместо стопы деревянную стойку, называемым деревяшками (рис. 8), а при отсутствии коленного шарнира—клюшками. Искусственные косметические руки, наоборот, почти не играют роли как рабочие



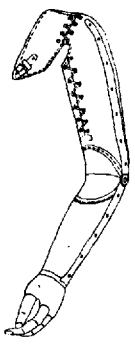
Фиг. 4.



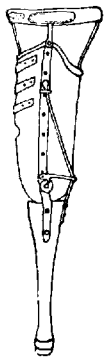
Фиг. 5.



Фиг. 6.



Фиг. 7.

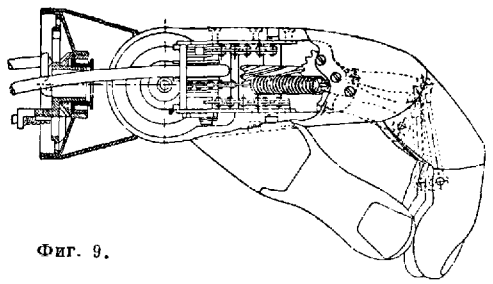


Фиг. 8.

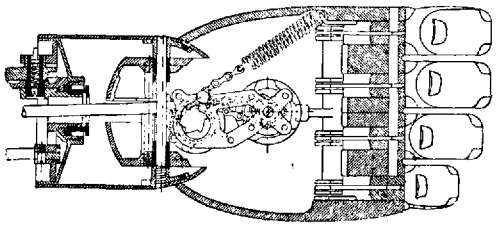
протезы, что объясняется большой сложностью движений естественной руки. Поэтому особое значение приобретают рабочие протезы руки, в большинстве случаев не имеющие сходства с рукою, а являющиеся достаточно прочными и простыми механизмами для выполнения самых несложных функций руки. К особому классу следует отнести механические руки (фиг. 9), как изображенная на рисунке рука Карнеса, в которой имеется механизм для произ-

вольного сжимания и разжимания пальцев, приводимый в движение посредством тяги, идущей от другого плеча или иного источника движения.

Опыт последнего десятилетия выявил весьма ничтожное значение всех механич. рук, в том числе и рук по типу Зауербруха,

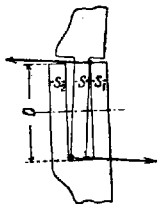


Фиг. 9.



приводимых в движение мускулатурой культи через особую петлю в культе, т. к. кпд этих рук ничтожен, а выполняемая работа примитивна. Небольшое значение подобные руки имеют лишь при двусторонней ампутации рук, когда даже небольшая возможность самостоятельного захвата предметов облегчает положение инвалида. Но и в последнем случае многие инвалиды приспосабливаются так использовать свои культи (при ампутации ниже локтя), что полностью обслуживают себя совершенно без протезов (одеваются, обуваются, умываются и т. п.) и научаются писать, чертить, рисовать, зажимая карандаш или ручку рейсфедера между культей. Искусственные ноги достаточно удачно возмещают ампутированную конечность даже при ампутации выше колена. Это происходит потому, что нога при ходьбе по горизонтальной поверхности работает почти пассивно, т. е. без затраты мускульной энергии. При опоре на нее вес тела замыкает коленный сустав и ц. т. тела описывает пологую дугу, имеющую центрами последовательно различные точки в области стопы. При выносе ноги вперед она движется по принципу физич. маятника под влиянием собственного веса и не требует затраты усилия. Только при ускоренной ходьбе мы затрачиваем на подталкивание ноги некоторые усилия, что и вызывает быструю усталость. Искусственная нога, снабженная ступней с голеностопным шарниром, очень близко повторяет роль естественной в момент опоры на нее, а при свободном качании движется вперед без затраты энергии инвалида. Разница лишь в несколько замедленном колебании ее, что и создает своеобразную несимметричную походку инвалида. В этом отношении деревяшки и клюшки, центр качания которых выше, чем у искусственной ноги, благодаря облегченной нижней части, а следовательно и период качания короче,— дают возможность инвалиду более быстро передвигаться. При ампутации ниже колена протез ноги при удовлетворительной с медицинской точки зрения культе дает еще лучший результат, так что бывает почти невозможно угадать у инвалида, снабженного протезом, отсутствие его собственной конечности. Хуже обстоит дело при ампутациях в нижней части голени и в области стопы, так как если функционально и можно удовлетворить инвалида, то с косметической стороны невозможно добиться естественности протеза благодаря расширенной нижней части (для вмещения культи). Для протезов рук особое значение имеет способ присоединения рабочих приспособлений, так как соответствующий механизм должен позволять быструю их смену, прочное закрепление и быть достаточно легким. Детали этого механизма раньше всего подвергались попыткам нормализации, но все же общих нормалей еще нет. В Германии принято в большинстве случаев соединение в роде штыкового затвора. В СССР применяется соединение резьбовое ($^3/_8''$), причем протез оканчивается металлич. чашкой с нарезанным отверстием, а рабочие приспособления имеют наконечники с той же резьбой. Из рабочих приспособлений самые распространенные крючок, кольцо и той или иной системы винтовые зажимы. В отдельных случаях самое рабочее орудие снабжается специальным приспособлением для удобного соединения с протезом руки, напр. к рубанку привинчивается особая пластинка с отверстием, а протез снабжается соответствующим штифтом.

Расчеты главнейших деталей. Основные размеры деталей протезов, подвергающихся в общем значительным усилиям, выработались многолетней практикой ортопедистов и менее всего являются продуктом технич. расчета на прочность. Только после войны 1914—18 гг. можно наблюдать попытки определить необходимые размеры протезных деталей расчетом. Останавливаясь на протезах ног, мы прежде всего отметим, что скелет протеза ноги— шины — работают преимущественно на продольный изгиб. Но расчету они не поддаются, т. к. вместе с другими частями представляют собой сложную систему разнообразных тел: металла, кожи, дерева, и для каждого отдельного инвалида в особой конфигурации. Опытом установлен размер шин по сечению 3—4 *мм* на 20—23 *мм* для взрослых людей среднего веса. Коленный шарнир м. б. рассчитан исходя из сечения соответствующей шины. Для шарнира врезного, т. е. когда головка одной шины входит в прорезь головки другой шины, мы получаем из условий равнопрочности шарнира и шины толщину щеки шины (фиг. 10):



Фиг. 10.

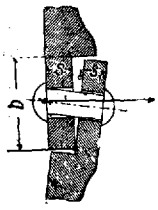
$$S = S_1 = \delta \sqrt{\frac{\varphi h}{D}},$$

где S и S_1—толщина щеки шарнира, δ—толщина шины вблизи шарнира, φ—коэф. увеличения момента сопротивления шины

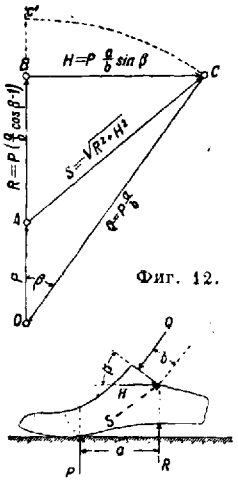
вследствие ее желобления равен ~1,75; b—ширина шины до желобления, D—диам. щеки шарнира. Для накладного шарнира (фиг. 11) соответственно получаем:

$$S = \delta\sqrt{\frac{\varphi b}{D-d}};\ S_1 = \delta\sqrt{\frac{\varphi b}{D}},$$

где d—диам. отверстия для болтика, соединяющего щеки шарнира. Одним из слабейших мест протеза ноги является стопа, обыкновенно изготовляемая из дерева (липа, осина), а также соединение шин с деревянной же щиколоткой. Наибольшие усилия в деталях ступни возникают в момент отделения (подъема) пятки (каблука) от почвы, когда передний буфер ступни сжимается щиколоткой до усилия Q. На фиг. 12 указаны возникающие усилия, их графич. определение и аналитическое выражение, причем: P—вес инвалида с грузом, обычно принимаемым в 100 *кг*, Q—давление на передний буфер, R—натяжение серьги, соединяющей шины со ступней, H—давление на подшипники оси шарнира. Подсчет при обычных соотношениях ступни дает величину усилия Q до 200—300 *кг*. Это часто оказывается достаточным, чтобы расколоть или раздавить ступню; тем более в случаях падения на искусственную ногу не приходится рассчитывать на целость ступни. Такие детали, как серьга голеностопного шарнира и ось его, м. б. легко рассчитаны, исходя из усилия R, причем ось рассматривается как свободно лежащая балка, нагруженная посредине силой R. В обычных случаях серьга делается 8 *мм* толщиной, нарезка $^5/_{16}''$. Но для особо тяжелых инвалидов этот размер приходится увеличивать до 10 *мм* (или $^3/_8''$). Металлич. шины для протезов рук применяют весьма разнообразных размеров, т. к. условия пользования искусственной рукой слишком различны. В целях уменьшения напряжений в рабочих руках стараются перенести точку прикрепления инструмента возможно ближе к культе, причем весь протез иногда превращается в колпачок, надеваемый на культю, со втулкой на конце для зажима приспособлений.



Фиг. 11.



Фиг. 12.

Производство протезов. В настоящее время производство протезов распадается на два момента: 1) изготовление полуфабрикатов металлических, деревянных и кожаных; 2) сборка протезов по индивидуальной мерке, снятой с инвалида. Металлич. полуфабрикаты состоят из частей: кованых с последующей обработкой, точеных и штампованых. Для поковки шин применяются обычные рессорные или воздушные молоты до 100 *кг*, машины Ридера, а иногда и ручная ковка. Штамповка головок шин и придание шинам желобчатого сечения производятся на фрикционных молотах, весом падающих частей до 500 *кг*. Удаление получающегося при этом заусенца (грата) производится на эксцентриковом прессе. Мелкие части затем обрабатывают в барабане для очистки от окалины. Для дальнейшей обработки шин пользуются фрезерными и сверлильными станками и наконец слесарной работой (вручную) для пригонки шарниров. Различного вида шины, болтики, валики и т. п. изготовляются на револьверных станках. Для штамповки (резки) фигурных частей из листовой стали требуются эксцентриковые прессы 10—100 *т*. Деревянные полуфабрикаты гл. образом состоят из ступней, щиколоток и для деревянных протезов—голени, колена и бедра. Для их изготовления применяются: 1) маятниковая пила ⌀ 1 000 *мм*; 2) ленточная пила с пропуском кряжа ⌀ до 400 *мм*; 3) копировальный колодочный станок; 4) станки: фрезерные, долбежные, сверлильные, фуговки, а также шлифовальные (шпиндель с двумя бочкообразными деревянными наконечниками). Лучшим материалом для деревянных заготовок является древесина липы, но может применяться и древесина других мягких древесных пород, как осина, ветла. Кожаные полуфабрикаты представляют собой ремни для затяжки (капки, штрипки), различные клапаны для прикрытия шарниров, пояса, бандажи и т. п. Из машин применяются: прессы для вырубки кожаных частей, машины для просечки отверстий в ремнях, шорные швейные машины.

Процесс сборки протеза состоит в следующем. 1) С инвалида снимается подробная мерка и в необходимых случаях гипсовый негатив, для чего обматывают соответствующую часть тела нагипсованным марлевым бинтом. Когда гипс частично отвердеет, негатив разрезают гипсовыми ножницами, снимают с тела и склеивают гипсом разрез. 2) Негатив заливают гипсовым раствором и получившийся слепок зачищают и сушат. 3) На слепок (или на деревянную болванку) затягивают размоченную кожу для образования гильзы. 4) По слепку и размерам подгоняют металлич. шины, скрепляющие их полукольца соединяют со ступней. Протез в этом состоянии примеряют на инвалида, чтобы выявить возможные неточности. Если таковые обнаружены, их устраняют, и затем протез поступает в отделку. Для этого все части разбираются и металлич. части поступают в термич. обработку: отжиг в течение $^1/_2$ ч. до 850° с охлаждением на воздухе, нагрев до 850°, закалка и отпуск головок шарниров и замков. Затем полировка на войлочных кругах, никелировка и глянцевка. Кожаные гильзы промываются раствором щавелевой к-ты для удаления пятен и полируются. Деревянные части кроют несколькими слоями марли с ацетилцеллюлозным лаком, полируют и подбивают снизу кожаной подошвой. После этого протез вновь собирается, гильзы приклепываются к шинам. В шорном цехе протез снабжается мягким (обычно замшевым) подкладом, ремнями для затягивания на культе, поясом и помочью для подвешивания к телу. Аналогичным образом изготовляют искусственные руки и ноги, а также и ортопедические аппараты. При сборке из машин

применяют: легкие сверлильные станки для сверл до 10 *мм*, швейные машины, полировальные станки, рычажные ножницы. Никелирование производится холодным способом, непосредственным покрытием стали (без омеднения), состав ванны, как для хирургич. инструмента. Необходимо подчеркнуть, что поскольку протезирование тесно связано с лечением инвалида, то такие операции, как снятие мерок, примерки и выдача протезов и ортопедич. аппаратов, производятся при тесном участии врачей-ортопедов. Производство ортопедич. обуви вследствие сравнительной мелкости производства (не более 6 000 пар в год в одном предприятии), а также в виду крайне индивидуального характера отдельных заказов, является чисто ручным. Машины применяются только обычные швейные для шитья заготовки и отделочные—для отделки. Самой ответственной операцией является изготовление колодок, так как копирование тут неприменимо, и качество колодки всецело зависит от квалификации колодочника-ортопедиста. Затем к колодке пригоняется подставка из пробковой коры, восполняющая тот или иной дефект ноги. В дальнейшем шьется заготовка, и остальные операции не отличаются от обычного изготовления нормальной ручной обуви. В особо сложных случаях делается из лоскута временная заготовка, и обувь примеряется инвалиду, после чего в случае удачного результата окончательно изготовляется обувь.

Производство деревянных протезов ног в настоящее время налаживается в СССР. По снятой мерке из полуфабрикатов: ступни со щиколоткой, голени с коленом и болванки для бедра, протез готовится к примерке. Для этого в болванке для бедра выбирается гнездо, соответствующее культе. Излишки заготовок по длине отпиливают и части временно соединяют пластинками на шурупы. При примерке окончательно подстругивается бедро изнутри, проверяется высота, совпадение колен и т. д. Затем части вместо временной связи склеиваются в торец, через стык фрезеруются пазы, в которые загоняются плотно с клеем деревянные шпонки. Снаружи протез обстругивается до толщины стенок 5—10 *мм*. Вверху гильза бедра обматывается с клеем крепким шнуром на ширину 2—3 *см*. Весь протез зашкуривается и отделывается ацетилецеллюлозным лаком, снаружи по марле, для образования крепкой корки. Последний слой кроется лаком, смешанным с сухими белилами и подкрашенным в розоватый цвет. Для подвешивания к телу протез снабжается поясом или другим бандажом.

Всеми протезными предприятиями РСФСР выпущено было продукции (единица равна протезу ноги):

Годы	1927/28	1928/29	1929/30
Количество единиц	21 886	25 240	30 000

На изготовление протезов в 1929/30 году израсходовано ок. 2 500 тыс. руб. С 1 апреля 1930 г. все протезные предприятия РСФСР переведены на хозрасчет и образуют республиканский трест «Государственное объединение протезных предприятий» с уставным капиталом 3 500 тыс. р. Трест состоит в ведении НКСО. По РСФСР в 1931 г. было 27 предприятий с 1 080 рабочими.

Лит.: Малышев А. В., Основы технич. биомеханики, «Протезное дело», Сборник статей под ред. Н. Бурденко и А. Малышева, М., 1928; его же, Конструкции протезов верхней конечности, там же; Вавшевич М. И., Конструкции искусственных ног, там же; его же, Производство протезов, там же; Schlesinger, Der mechanische Aufbau d. künstlichen Glieder, Ersatzglieder u. Arbeitshilfen, B., 1919; Deutsche Orthopädie, hrsg. v. Gocht H., B. 1—5, Stg., 1917—21; Böhm M., Das Kunstbein, B., 1927; Böhm M., Der Kunstarm, B., 1927; Jottkowitz P., Orthopädische Apparate, B., 1927; Rosenfeld, Orthopädisches Schuhwerk, B., 1927; Shede F., Theoretische Grundlagen f. den Bau von Kunstbeinen, Stuttgart, 1919; Sauerbuch F., Die willkurlich bewegte künstliche Hand, B. 1—2, Berlin, 1916—23; Marks, Manual of Artificial Limbs, N. Y., 1922; Little E. M., Artificial Limbs and Amputation Stumps, London, 1922. **М. Вавшевич.**

ПРОТЕИНЫ, см. *Белковые вещества*.

ПРОТИВОВЕС, в машиностроении, масса, служащая для уравновешивания неуравновешенных сил и моментов, действующих в машинах и сооружениях. Расчет и конструктивное выполнение см. *Коленчатые валы*, *Мотоцикл*, *Подвижные мосты*, *Уравновешивания поршневых двигателей*.

Противовес в радиотехнике—часть *радиосети* (см.), представляющая ряд проводов, подвешенных на небольшой высоте над землей. По самому существу радиосеть должна состоять из двух частей, т. к. она представляет собой две обкладки конденсатора, и должна присоединяться к двум полюсам источника или приемника токов высокой частоты. Самая простейшая радиосеть—*диполь* (см.), двухполюсник, уже своим названием показывает, что состоит из двух частей. Если обе части одинаковы, радиосеть называется симметричной. Однако одна часть радиосети не должна обязательно быть похожа на другую. Обычно вторую часть сети заменяют землей, получается заземленная *антенна* (см.). Антенна с П. представляют собой нечто среднее между симметричной радиосетью и заземленной антенной. Обычно П. отличается от антенны и только в самых простых случаях похож на нее. Применение П. имеет смысл потому, что главные потери в антенне—это потери в земле. Электрич. силовые линии, заканчиваясь на земле, создают токи в земле между местом своего окончания и антенной. Потери в земле и определяются этими токами. Для уменьшения токов в земле можно или проложить в земле провода, чтобы ток шел по ним, а не по земле, или перехватить силовые линии до их проникновения в землю, поставив между землей и антенной экран из проводов. Первый способ—хорошее *заземление* (см.)—иногда носит название заземленного П. Второй способ и есть применение настоящего П.

Задача, ставящаяся при постройке П.,—перехватить возможно большее количество электрич. силовых линий. Поэтому П. д. б. больше проекции антенны на землю. Нормально П. должен выходить во все стороны за проекцию антенны на высоту антенны над землей. Т. к. сила тока в П. такая же, как сила тока в антенне, то она достигает значительной величины. Ток в П. наводит индуктированные токи в земле, к-рые вызывают дополнительные потери. Для уменьшения этих потерь необходимо располагать П. не слишком низко над землей. Нормальная высота П. над землей 4÷8 *м*, причем, чем меньше должны быть потери, тем выше

располагается П. На стоимости П. кроме площади, к-рую он занимает, и высоты его над землей отражается очень сильно расстояние между проводами. Эту величину не следует брать меньше высоты П. над землей. П. должен быть очень хорошо изолирован от земли и даже поддерживающие его столбы не должны быть металлич., а следует их делать из сухого дерева. Изоляция П. конечно значительно меньше изоляции антенны. Т. к. емкость П. в несколько раз больше емкости антенны, то и напряжение на конце П. приблизительно во столько же раз меньше напряжения на конце антенны, что и определяет выбор изоляции. Однако изоляция д. б. тщательная во избежание утечки тока через изоляторы. П. по сравнению с хорошим заземлением доставляет больше хлопот при эксплоатации. Поднятие его над землей понижает действующую высоту антенны. Поэтому нормально применение его ограничивается теми случаями, когда заземление делать затруднительно. Применение П. целесообразно, если почва сухая, и является единственным выходом, если почва каменистая. Хороший П. дает возможность значительно уменьшить потери в земле и довести их до 0,2—0,1 Ω. Применение таких больших и дорого стоящих П. имеет смысл конечно только в тех случаях, когда сопротивление излучения антенны мало, т. е. при работе длинными волнами. Радиосети радиостанций, работающих на волнах ниже 600 *м*, обычно не нуждаются в развитом П. Для таких станций, а также для радиостанций на коротких волнах часто устраивают П., чтобы не делать заземления, но размеры его очень невелики. Для простейших коротковолновых сетей, к-рые обычно состоят из одного провода, подвешенного вертикально или наклонно, П. выполняется также в виде одного, но горизонтального провода той же длины, что и антенна.

Расчета П., достаточно удовлетворительного, до сих пор нет. Постройка П. основана на выполнении указанных выше правил, а также на рассмотрении электрич. поля антенны, силовые линии к-рого должны быть перехвачены П. Количество проводов П. определяется количеством силовых линий на единицу поверхности земли, т. е. напряженностью электрического поля. Расчет емкости «антенна-противовес» не представляет трудностей, т. к. применив метод зеркального изображения, нетрудно рассчитать емкость между двумя системами проводов. Конечно эта емкость должна лишь немного отличаться (быть на 5—10% меньше) от емкости «антенна-земля», т. к. иначе П. не был бы достаточно хорошим экраном. Расчет сопротивления радиосети при П. представляет большие трудности. Существуют правда ф-лы, выведенные Эккерслеем для потерь вследствие токов, индуктированных в земле антенной и П., и для диэлектрич. потерь в земле, но эти ф-лы недостаточно удовлетворительны.

Лит.: Кляцкин И. Г., «ТиТбП», 1921, *9*; Терентьев Б. П., там же, 1926, *39*; Шулейкин М. В. и Баженов В. И., там же, 1925, *29*; Работы Радио-технич. отдела, Сборник «Труды ГЭЭИ», М., 1925, вып. 9; Eckersley T. L., Journal of the Institution of the Electrical Engineers», London, 1922, June.

И. Кляцкин.

ПРОТИВОГАЗЫ, дыхательные приборы, защищающие от действия отравляющих веществ дыхательные пути и лицо (собственно—глаза) человека или служебных животных. По принципу защитного действия П. бывают двух типов: 1) фильтрующие, работающие по принципу фильтрации окружающего воздуха, и 2) изолирующие, работающие по принципу дыхания из запаса воздуха или кислорода в приборе при изоляции органов дыхания от атмосферного воздуха. По назначению П. различают 1) боевые, применяемые в армии для защиты бойца от боевых отравляющих веществ, и 2) промышленные, применяемые во вредных производствах как средство охраны здоровья рабочих от промышленных вредностей, ядовитых газов, паров, дымов и туманов. Как в армии, так и в промышленности применяются оба типа П.; в зависимости от специфичности условий они разнятся по устройству деталей и внутреннему содержанию поглотителей. Наибольшее распространение получили фильтрующие П. в силу большей простоты их устройства, удобства пользования ими, длительности их защитного действия и их меньшей стоимости. Применимость их однако ограничена определенными условиями атмосферы, а именно концентрацией отравляющих веществ (О. В.) и содержанием кислорода в воздухе. При содержании кислорода ниже 15% и аварийных концентрациях О. В., а также при неизвестности газовой атмосферы (аварии в закрытых помещениях) фильтрующие П. неприменимы. В этих случаях пользуются изолирующими П., действие к-рых не зависит от содержания О. В. и кислорода во внешнем воздухе.

Фильтрующие П. получили развитие в войну 1914—18 гг. и подвергаются до настоящего времени усовершенствованию. Первые военные образцы фильтрующих П. были почти во всех воюющих странах типа т. н. влажных П. и представляют собой сшитые из нескольких (до 40) слоев редкой ткани (марли, кисеи) лицевые маски с очками, пропитанные различными жидкими веществами (поглотителями), способными быстро реагировать с нек-рыми О. В. В табл. 1 приведен ряд таких веществ и их количественные соотношения (в вес.%) в различных рецептах и типах влажных П., применявшихся во время войны 1914—18 гг.

Табл. 1.—Вещества (в вес. %), служащие поглотителями во влажных П.

Поглотители	Русская маска Хи. кова	Английские			Франц. маска гравер М-2	
		Компрессор с ватой	Шлем Р	Шлем РН	1-й слой	2-й слой
Вода	46,8	61,0	47,4	18,4	—	—
Гипосульфит	14,0	27	—	—	—	—
Поташ	6,5	—	—	—	—	—
Сода	—	6,6	—	—	10,2	—
Уротропин	18,7	—	—	4,15	33,6	—
Фенол	—	—	5,5	8,25	—	—
Едкий натр	—	—	7,1	10,6	—	1,7
$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	—	—	—	—	23,7	—
Глицерин	14,0	5,4	14,0	22,0	32,5	5,3
Спирт	—	—	23,0	36,6	—	40,0
Кастор. масло	—	—	—	—	—	53,0

Защитное действие влажных масок было основано на способности пропиток-поглотителей быстро реагировать с рядом О. В. Так, для хлора специфичный поглотитель—гипосульфит, реагирующий по ур-ию:

$$Na_2S_2O_3+4Cl_2+5H_2O=Na_2SO_4+H_2SO_4+8HCl$$

или (в присутствии соды как нейтрализатора образующихся к-т) по реакции:

$$4Cl_2+Na_2S_2O_3+5Na_2CO_3=2Na_2SO_4+8NaCl+5CO_2.$$

Для фосгена специфичен уротропин (I) и фенолят натрия в присутствии свободного едкого натра (II):

I. $N_4(CH_2)_6+COCl_2=N_4(CH_2)_6COCl_2$,

II. $C_6H_5ONa+NaOH+COCl_2=C_6H_5(OH)+2NaCl+CO$.

Влажные П. служили защитой преимущественно от хлора, фосгена и их аналогов. Время защитного действия их невелико: 30—60 мин. Неудобство применения влажных масок, трудность их хранения, а также дальнейшее развитие применения других О. В. вынудили все страны оставить этот тип маски и перейти к типу сухого П. Некоторое применение влажный П. сохраняет для защиты служебных животных, напр. конский П.

Сухие фильтрующие П. появились к концу войны во всех воюющих странах и представляют собой гораздо более совершенное средство защиты. Этот тип в основном с последующими усовершенствованиями и является современным фильтрующим П. Сухой фильтрующий П. состоит из двух главных частей: лицевой части—маски и собственно П., т. е. металлич. коробки, снаряженной специальными поглотителями О. В. В ряде конструкций П. и во всех военных образцах имеются дополнительные части: 1) соединительная гофрированная трубка, 2) патрубок-распределитель дыхательной системы, 3) выдыхательный и вдыхательный клапаны, 4) снаряжение для носки П. (ремни или сумка). Важнейшей частью П. является коробка с поглотителями, предназначенными для фильтрации (улавливания О. В.) воздуха, проходящего через коробку в периоды вдоха. Принципы улавливания О. В. в современных П. различны и зависят от типа О. В., против к-рых применяется защита. В соответствии с возможными физич. состояниями О. В. (пар, газ, дым, туман) и их свойствами в технике защитных средств применяют три метода улавливания О. В.: 1) физико-химический, основанный на способности нек-рых сильнопористых веществ поглощать (адсорбировать) пары и легко сжижаемые газы; 2) химический, основанный на химич. реакциях ряда активных веществ с О. В., в результате чего О. В. превращаются в нелетучие соединения, остающиеся на поглотителе, или в нейтральные безвредные газообразные вещества и наконец 3) механический способ удержания дымообразных О. В. на поверхности фильтрующих материалов. Из числа веществ, проявляющих те или иные вышеуказанные свойства, для противогазовой техники пригодны лишь те вещества, которые способны проявлять эти качества с достаточной эффективностью при малом слое поглотителя, в короткий промежуток времени (доли секунды), при условии быстрого движения тока воздуха, при малой концентрации О. В. (порядка нескольких *мг/л*). Из различных веществ, удовлетворяющих этим требованиям, практическое применение имеют 1) активированный уголь и силикагель как поглотители первого рода; 2) щелочные химические поглотители, натронная известь, различные вещества, осажденные на активированном угле, силикагеле, пемзе и других пористых телах, окислители (перманганат), различные окислы металлов (гопкалит) и др. Их действие основано на быстропротекающих реакциях с О. В., в результате которых образуются твердые вещества, остающиеся на поглотителе, или неядовитые продукты реакции. В качестве примера могут служить например реакции хлора (I), фосгена (II), дифосгена (III) и др. со щелочами [$Ca(OH)_2$, NaOH и др.], образующие в присутствии влаги твердые соединения:

I. $Cl_2+2NaOH=NaOCl+NaCl+H_2O$;

II. $COCl_2+2Ca(OH)_2=CaCO_3+CaCl_2+2H_2O$;

III. $ClCOO\cdot CCl_3+8NaOH=2Na_2CO_3+4NaCl+4H_2O$;

реакции гидратов солей тяжелых металлов (Ni, Co, Cu), образующие твердые комплексные соединения с аммиаком (I), синильной к-той (II) и др.

I. $CuSO_4+6NH_3=[Cu(NH_3)_6]SO_4$;

II. $Ni(OH)_2+2NaOH+4HCN=Na_2Ni(CN)_4+4H_2O$.

Действие окислителей на иприт, окись углерода и др. О. В. с образованием неядовитых веществ:

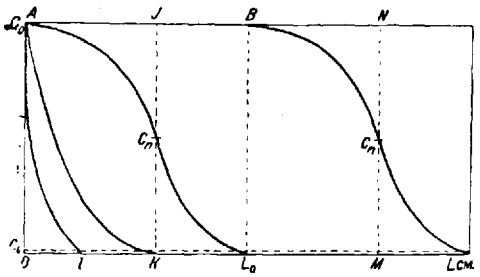
$$J_2O_5+5CO=5CO_2+J_2,$$
$$2CO+O_2=2CO_2 \text{ (на гопкалите)}.$$

В качестве фильтрующих материалов против дымообразных О. В. служат различные волокнистые материалы: шерсть, вата, бумага, лигнин, войлок. В конечном счете всякая коробка фильтрующего П. в зависимости от его назначения снаряжается тем или иным поглотителем или несколькими поглотителями, расположенными послойно или в смеси. Для всех типов П. картина работы П. совершенно аналогична. При вдохе воздух (в количестве 500—800 *см*³ за каждый вдох) с О. В. устремляется в коробку с шихтой. Проходя через слой поглотителей, О. В. задерживается активным углем или хим. поглотителем или в результате их совместной работы в зависимости от характера О. В. Рационально подобранный состав и количество поглотителей обеспечивают полную очистку воздуха от О. В. Такой процесс поглощения будет совершаться (при каждом вдохе) удовлетворительно до тех пор, пока активность поглотителей не будет использована. С истощением поглотителя наступает проскок О. В. и П. становится не защитоспособным. В практике применений П. (с активным углем) известно, что после «отдыха» (лежания без употребления) П. вновь м. б. применен и оказывает еще нек-рое защитное действие (примерно на 30% своего первого времени защиты). Это явление связано с проникновением О. В. в глубокие слои зерен угля и уменьшением насыщенности поверхностных его слоев, что вновь дает возможность продолжать поглощение О. В. В зависимости от назначения П. состав поглотителей меняется. В качестве примеров П. в табл. 2 даны указания о составе шихты П. промышленного назначения. Хотя основные принципы улавливания О. В. из тока воздуха указанными тремя видами поглотите-

Табл. 2.—Состав шихты П. промышленного назначения.

Марка	Назначения для защиты от	Состав шихты
A	Паров органич. веществ	Активный уголь
B	Кислых газов: Cl_2, $CaCl_2HCN$, Br и др.	1) Активный уголь 2) Химич. поглотитель: поташ (K_2CO_3) или бикарбонат калия ($KHCO_3$), уротропин и цинковые соли ($Zn(CH_3COO)_2$, нанесенные на пемзу, как пористую основу
E	Паров кислых: HCl, H_2SO_4	Химич. поглотитель: поташ (K_2CO_3) на пемзе
F	Пожарного (кроме CO)	То же
G	HCN	Химич. поглотитель: соли тяжелых металлов и щелочные вещества, нанесенные на пемзу
K	NH_3	1) Химич. поглотитель: соли тяжелых металлов наприм. $Zn(CH_3COO)_2$ на пемзе 2) Активный уголь, пропитанный уксусной к-той (CH_3COOH)
L	H_2S	Химич. поглотитель смеси окислов тяжелых металлов (CuO, MnO_2)
M	H_2S, NH_3	Соли меди (напр. $CuSO_4$), нанесенные на активный уголь
O	A_5H_3, PH_3	1) Активный уголь 2) Химич. поглотитель: из смеси окислов тяжелых металлов (CuO, MnO_2)
R	H_2S	Комбинации *A*+*L*

лей различны, но внешнее сходство картины работы поглотительного слоя («шихты» П.) дает возможность рассмотреть теорию фильтрации воздуха в общем виде. Представим себе слой поглотителя длиной в *L см*, площадью поперечного сечения *S см*², через к-рый пропускается со скоростью *v л/мин* ток воздуха с О. В. в концентрации C_0 *мг/л* (фиг. 1).

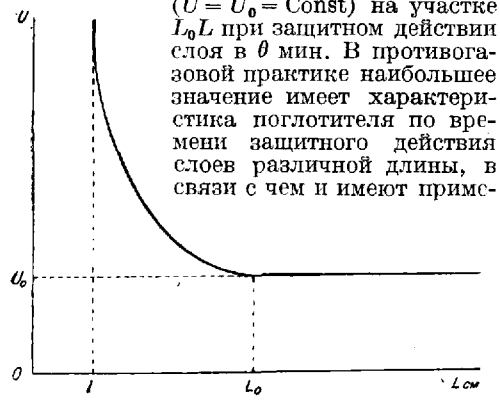


Фиг. 1.

При прохождении воздуха через слой поглотителя содержание О. В. в нем будет постепенно понижаться от C_0 до C_A. Это понижение содержания О. В. для первого момента может быть изображено кривой *Al*. Как видим, для первого момента работы слоя для снижения концентрации О. В. от C_0 до C_A требуется уже слой поглотителя длиной *Ol*, имеющий еще нулевое (практически) время защитного действия слоя. С дальнейшим введением в поглотительный слой новых порций О. В. поглотитель начнет постепенно насыщаться О. В., и в поглотительном процессе начнут принимать участие новые слои сорбента, и в какой-то промежуточный момент кривая, изображающая падение концентраций О. В. в токе воздуха в зависимости от слоев шихты, изобразится кривой *AK*. По мере насыщения первых слоев поглотителя О. В. эта кривая будет перемещаться вправо, изменяя в связи с этим и свою конфигурацию. Это—вторая стадия поглотительного процесса, и наконец в тот момент, когда первый элементарный слой поглотителя насытится до своей предельной поглотительной способности (при данных условиях C_0, v_0 и др.), т. е. когда первые слои уже не будут способны поглощать О. В. и в них не будет происходить понижения содержания О. В., наступает третья стадия поглотительного процесса. В этот период кривая падения концентраций принимает и в дальнейшем сохраняет свою форму и равномерно по мере поступления тока воздуха и О. В. движется вправо. Как показывает опыт, к моменту сформирования этой кривой она обычно имеет вид кривой AL_0, расположенной в слое длиной OL_0, называемом работающим слоем. При непрекращающемся токе воздуха с О. В. поглощение будет совершаться все более задними свежими слоями (кривая AL_0, как и работающий слой, движется в связи с тем вправо) до тех пор, пока кривая AL_0 не займет положения *BL*, т. е. когда следы О. В. (в концентрации C_A, обнаруживаемой индикатором) не появятся за слоем поглотителя. Этот момент фиксируют как момент «проскока». Если продолжать пуск О. В. через поглотительный слой, то содержание их за слоем будет постепенно повышаться и наконец дойдет до начальной концентрации. Как видно по конфигурации кривой падения концентрации газа, она показывает содержание О. В. в том или ином месте слоя поглотителя. Можно полагать, что в любом данном слое содержание О. В. будет одинаково во всей плоскости данного сечения. В этом представлении говорят о «фронте газа». С непрекращающимся током О. В. и воздуха содержание О. В. в данном сечении поглотителя будет возрастать, а предыдущая степень падения концентрации будет наблюдаться уже в месте расположения другого (заднего) слоя (концентрация C_n в слоях *JK* и *MN*). В этом понимании говорят о движении фронта газа.

В *противогазовом деле* имеет практический интерес проскок О. В. в очень малых концентрациях, безусловно еще безвредных для организма и обнаруживаемых только чувствительными химич. индикаторами. Поэтому при рассмотрении в противогазовом деле фронта газа и его движения подразумевают фронт весьма малых концентраций—C_A. Характер движения фронта газа C_A при поглотительном процессе поясняется диаграммами, где графически представлены: скорость движения фронта газа C_A в слое (фиг. 2) и время (фиг. 3) защитного действия поглотительного слоя в зависимости от его длины. Эти диаграммы вполне отвечают только что рассмотренной картине поглотительного процесса. Начальный момент падения концентрации от C_0 до C_A с бесконечно большой скоростью ($U = \infty$) движения фронта газа C_A и с нулевым временем защитного действия ($\theta = 0$) первого лобового слоя *Ol*. Вторая стадия процесса—формирование кривой концентраций на уча-

стке lL_0—с переменной убывающей скоростью движения фронта газа при защитном действии θ_0. И наконец третья стадия процесса—равномерное движение фронта газа ($U = U_0 = \text{Const}$) на участке L_0L при защитном действии слоя в θ мин. В противогазовой практике наибольшее значение имеет характеристика поглотителя по времени защитного действия слоев различной длины, в связи с чем и имеют примене-



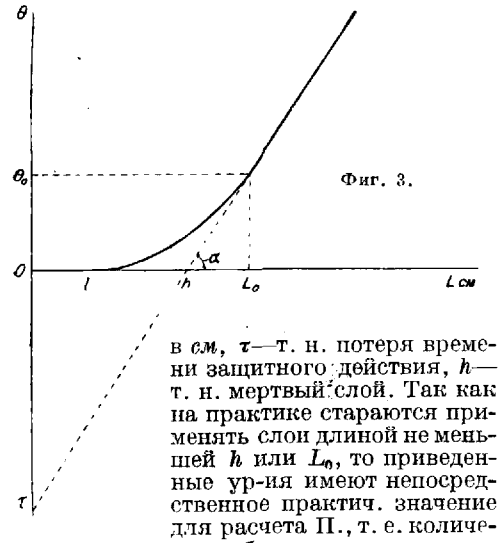
Фиг. 2.

ние ур-ия Н. А. Шилова (1) и В. Мекленбурга (2), дающие в различной интерпретации математич. выражение закона поглотительного процесса в третьей стадии (при $L > OL_0$)

$$\theta = kL - \tau, \quad (1)$$

$$\theta = k(L - h), \quad (2)$$

где θ — время защитного действия слоя в мин., k—коэф. защитного действия в мин/*см* ($= \lg \alpha$), L—длина слоя поглотителя



Фиг. 3.

в *см*, τ—т. н. потеря времени защитного действия, h—т. н. мертвый слой. Так как на практике стараются применять слои длиной не меньшей h или L_0, то приведенные ур-ия имеют непосредственное практич. значение для расчета П., т. е. количества поглотителя, необходимого для защитного действия в течение заданного времени. Расчет ведется на основе предварительного изучения качеств поглотителей (при постоянных C_0, v, S и d), а именно после определения опытом значений k и τ (или h, имея в виду, что $h = \frac{\tau}{k}$). Для расчета П. при иных условиях по концентрации C_0, скорости тока воздуха v, поперечном сечении слоя S или диаметре зерен поглотителя d—поправки вносятся на основании ф-л (3) и (4):

$$k = \frac{aS}{VC_0} = \frac{a}{vC_0}, \quad (3)$$

где a—предельная активность 1 *см*³ поглотителя при данной C_0; V—общая скорость тока воздуха, v—скорость тока воздуха, на 1 *см*²

$$\tau = b_0 \frac{ad}{v^n C_0} [\lg C_0 - b] = b_0 k \frac{d}{v^{n-1}} [\lg C_0 - b], \quad (4)$$

где b_0, b, n—константы, определяемые из опыта. Для поверки применимости ур-ия (1) в том или ином частном случае, поверяют значение работающего слоя L_0, при данных C_0, v, S, d по ф-ле:

$$L_0 = b_0 \frac{d}{v^{n-1}} [\lg C_0 - b + 0{,}434],$$

при $L_0 < L$ найденного—расчет по ф-ле (1) справедлив. Теоретически всегда можно подобрать такой слой поглотителя, что любое требование в отношении мощности П. может быть удовлетворено. Однако принятие слишком больших мощностей П. ограничивается не только габаритом П. (желательно его иметь возможно меньшим), но и сопротивлением дыханию, создаваемым длинными слоями поглотителей. Рекомендуется, чтобы сопротивление дыханию не превышало 30—40 *мм* вод. ст. даже при условии напряженного дыхания (при потреблении воздуха до 60 *л/мин*). Для расчета сопротивления пользуются приближенными эмпирическими формулами (5) и (6):
для зернистых поглотителей

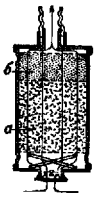
$$R_1 = k_1 \frac{VL}{Sd}, \quad (5)$$

для волокнистых материалов

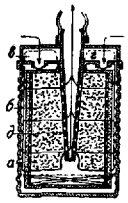
$$R_2 = k_2 \frac{LV}{S} \delta^2, \quad (6)$$

где k_1, k_2—постоянные коэф-ты, находимые из опыта, δ—гравиметрическая плотность материала в *г/см*³.

Дальнейшее наилучшее сочетание мощности П. в допустимых пределах сопротивления дыханию разрешается выбором того или иного конструктивного типа П. В этом направлении существуют два основных конструктивных типа: 1) П. слоистый и 2) П. с поверхностным фильтром. Фиг. 4 дает в разрезе первый тип: поглотители последовательно в виде отдельных слоев лежат один на другом; внизу активный уголь с химич. поглотителем *а* и выше противодымный фильтр *б*. Фиг. 5 дает представление о поверхностно фильтрующем П., где на внешней периферии имеется противодымный фильтр *а*, а под ним—активный уголь с химич. поглотителем *б*. Система потока воздуха в первом типе П.—снизу вверх, во втором с внешней поверхности (через отверстия *в* и клапаны *г*) к центральной трубке *д*. Преимущество по меньшему сопротивлению дыханию обычно имеет второй тип (бо́льшая поверхность фильтрации). При указанных двух основных конструктивных типах П. в зависимости от их назначения отличаются составом шихты, размером и некоторыми деталями в других частях П. в целом. П. для легкой защиты при небольших концентрациях О. В. (напр. в промышленности) представляет полумаску, защищающую дыхательные пути (рот и нос), имеет впереди вставной сменный защитный патрон с

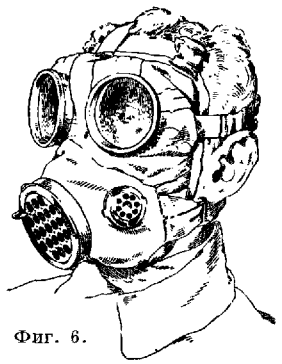


Фиг. 4.

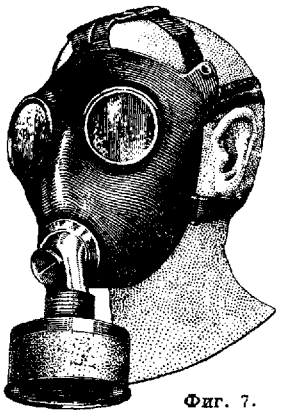


Фиг. 5.

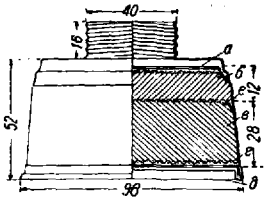
поглотителем. При необходимости защищать и глаза применяют отдельные герметичные очки или целую маску (фиг. 6). При необходимости сохранить возможность разговора защищают только нос (при разговоре О. В. не может проникнуть через рот). Время защитного действия—несколько часов. Объем поглотителей в легких типах в среднем составляет ок. 50 *см*³. Для более высоких концентраций применяют сменные навинчивающиеся к маске поглотительные патроны с количеством поглотителя ~300 *см*³. Защитная способность до 10 ч. и несколько более, в зависимости от условий применения. Как правило такие патроны применяют в сопряжении с целой маской (фиг. 7). И наконец для целей защиты при высоких концентрациях О. В. (и в том числе все боевые П.) применяют П. при емкости фильтра 1—2 *л* в сочетании с маской на все лицо или полумаской и соединительной гофрированной трубкой. На фиг. 8, 9, 10 даны образцы конструкций промышленных П.: на фиг. 8—тип патрона *B* (см. табл. 2) для защиты от кислых О. В., где *а*—верхняя сетка, *б*—слой химич. поглотителя, *в*—слой активного угля, *г*—кольцо для крепления шихты; на фиг. 9—тип П. для защиты от ядовитых дымов (фильтр *G*) и сероводорода (см. табл. 2—*K*), шихта из химич. поглотителя и активного угля, *а*—вдыхательный клапан, *б*—верхняя упорная сетка, *в*—слой ваты, *г*—слой активного угля, *д*—слой химич. поглотителя, *е*—противодымный фильтр (хлопковые очесы, лигнин и др.), *жс*—место закатки, *з*—выходные отверстия в дымовой фильтр; на фиг. 10—тот же тип *B*, но без защиты от дымов при большей защитной мощности и от сероводорода (пример многослойной шихты), где *а*—вдыхательный клапан, *б*—упорная сетка, *в*—бумажная сетка, *г*—прокладочное кольцо, *д*—нижняя сетка, *е*—слой активного угля, *жс*—слой химич. поглотителя.



Фиг. 6.

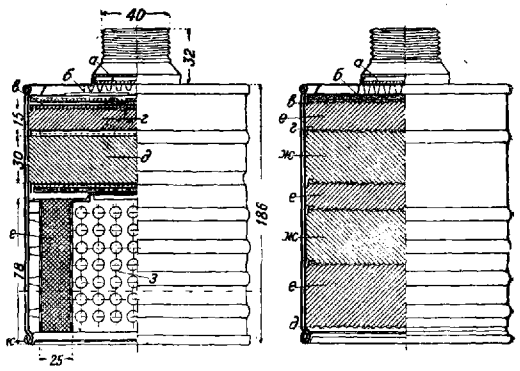


Фиг. 7.

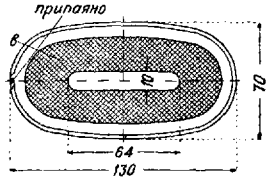


Фиг. 8.

Кроме размеров П. отличаются по системе дыхательных устройств. Отличают маятниковое дыхание (фиг. 11а—выдох через П., т. е. по тому же пути, что и вдох) и с клапанами, где пути вдоха и выдоха различны (фиг 11б). В современных П. и во всех образцах третьего (большого) типа принята клапанная система. Маятниковое дыхание сохраняется в малых типах и частично в средних (вторых) образцах. Преимущества клапанной системы: малое сопротивление при выдохе и отсутствие вредного действия на поглотители выдыхаемой влаги и углекислоты. Различие хода дыхания для обоих случаев показано на фиг. 11, 12, 13. Создание клапанного дыхания достигается применением двух клапанов: вдыхательного и выдыхательного. Вдыхательный клапан представляет собой резиновый или слюдяной тонкий кружок, открывающийся (поднимающийся) при вдохе и закрывающийся при выдохе, открывая или запирая при этом вход воз-



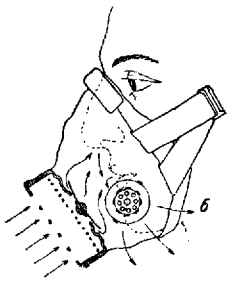
Фиг. 10.



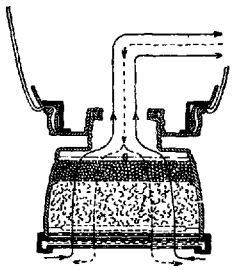
Фиг. 9.



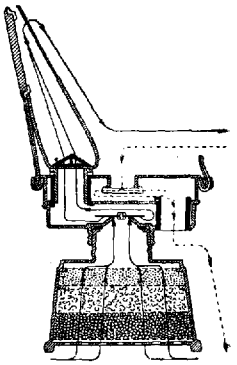
Фиг. 11а.



Фиг. 11б.

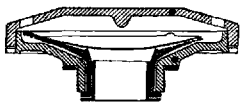


Фиг. 12.



Фиг. 13.

духа с О. В. в поглотительную коробку или из коробки под маску. Выдыхательный клапан представляет собой либо две склеенные резиновые плоские пластинки или также (реже) слюдяной кружок. При вдохе выдыхательный клапан должен закрываться, разобщая подмасочное пространство от внешней атмосферы, и открываться при выдохе, давая выдыхаемому воздуху свободный выход в атмосферу. Устройство клапанов дано на фиг. 14, где пластинчатый резиновый клапан состоит из двух склеенных в трех точках круглых пластин; клапан укрепляется в специальной коробке, которая является частью патрубка. Клапан из одной ущемленной в металлич. коробку резиновой пластины показан на фиг. 15 (в момент вдоха I и выдоха II). Клапан из кружка слюды показан на фиг. 16, где *а*—маска, *б*, *в*, *г*—части укрепленного в маске патрубка, *д*—слюдяной клапан, удерживаемый плотно (при вдохе) у кратера *е* спиральной пружиной. Основное



Фиг. 14.

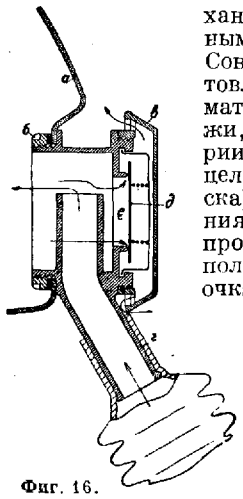


I Фиг. 15. II

требование к противогазовому выдыхательному клапану: малое сопротивление выдоху (2—4 *мм* вод. ст.) и отсутствие подсоса проникновения О. В. из атмосферы (при вдохе). У хороших клапанов подсос О. В. измеряется только тысячными и даже десятитысячными долями *см*³ воздуха за 1 вдох.

М а с к а. Второй важнейшей частью П. является маска, защищающая все лицо (или только дыхательные пути—полумаска), служащая гл. обр. для изоляции дыхательных путей от отравленной атмосферы и обеспечивающая нормальное дыхание воздухом, очищенным от О. В. в П. (фильтре). Современные маски изготовляются из различных материалов: из резины, кожи, прорезиненной материи, специальных сортов целлофана (прозрачная маска). Основные требования к маске: малое вредное пространство, достаточное поле зрения (при маске с очками), полная герметичность (отсутствие подсоса при вдохе) по периферии маски (место соприкосновения ее с лицом), простота одевания, прочность и удобство крепления на голове. Вредным пространством называют пространство между лицом и маской, заполненное воздухом. Важность значения его величины заключается в том, что в процессе дыхания в этом пространстве задерживается выдыхаемый воздух с увеличенным содержанием CO_2 (до 2,5—3%), что несколько нарушает нормальный процесс дыхания и сказывается на напряжении при последующих вдохах. Средствами уменьшения вредного пространства являются: а) придание маске формы, близкой к форме лица, с тем чтобы достигнуть большего прилегания ее к лицу по всей поверхности маски, и б) устройство внутренней вспомогательной полумаски на рот и нос, отделяющей их от остального подмасочного пространства. И тем и другим способом достигается сокращение вредного пространства до минимальных размеров в 250 *см*³ (против 900 *см*³ в первых военных образцах). При пользовании маской с очками видимость (поле зрения) значительно снижается по сравнению с видимостью без маски. Степень уменьшения поля зрения зависит: 1) от конструкции маски, т. е. от взаимного расположения очков и глаз, 2) от конструкции очков, от расположения их в маске и их формы, 3) от строения лица индивидуума (расположение глаз, форма лба). При измерении и сравнении поля зрения масок рассматривают: 1) видимость по сторонам *c* и 2) видимость переднего плана, определяемую расстоянием видимости по полу *a* и по верху *b*. На практике пользуются оценкой видимости в маске по значению условного коэф-та

$$k = \frac{bc}{a}.$$



Фиг. 16.

В противогазовых масках нашли применение две формы очков: круглые и овальные. Их характеристика приведена в табл. 3.

Табл. 3.—Характеристика очков для противогазовых масок.

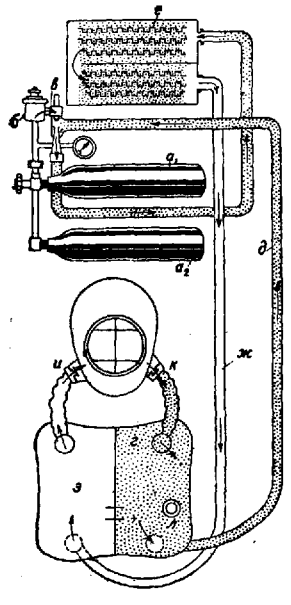
Тип очков	*a* в *м*	*b* в *м*	*c* в *м*	*k*
Круглые	1,70	2,60	3,55	5,43
Овальные	1,35	2,60	2,10	4,05

Значения *b* и *c* даны для расстояния измерительной рейки от спины человека в 0 75 *м*.

Изменяемость поля зрения в зависимости от взаиморасположения глаз и очков показана на фиг. 17 для 4 различных случаев. Достаточная герметичность маски достигается применением вполне эластичных материалов (напр. резина). При изготовлении масок из таких материалов, как кожа, неэластич. материи, прибегают к устройству внутренних окаймляющих бортов, обеспечивающих плотное прилегание их к лицу. Крепление маски на голове осуществляют при тонких резиновых масках (старых образцов) непосредственным надеванием верхней части маски на голову, в масках же современных—посредством системы эластичных ремней, правильно и прочно располагающихся на голове. Система регулирующих пряжек и передвижек дает возможность произвести индивидуальную пригонку маски к голове ее владельца.

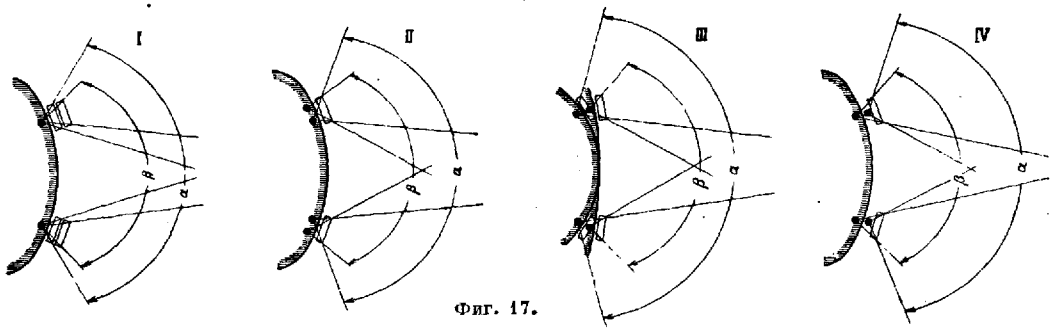
И з о л и р у ю щ и е П. Во всех случаях, когда содержание кислорода в воздухе ниже 15% или когда содержание О. В. в воздухе велико (более 2—3%) или когда состояние атмосферы неизвестно, применяют изолирующие П. Защита в этом случае м. б. построена на относительной изоляции от ближайшей окружающей атмосферы или

на абсолютной изоляции. К первому типу относятся противогазы, состоящие из маски с выдыхательным клапаном и длинного шланга (гофрированной трубки). Длинный шланг дает возможность получать воздух для дыхания из заведомо неотравленной атмосферы при нахождении носителя прибора в атмосфере с О. В. В случаях дальности расстояний зоны атмосферы с О. В. от свежего воздуха применение очень длинных шлангов вызовет чрезмерное сопротивление дыханию, в связи с чем применяется искусственная помощь подачи воздуха в виде мехов или баллона сжатого воздуха. Ограниченность движения при применении этого типа противогазов является их недостатком и ограничивает их применение только для ряда специальных условий (ремонтные работы аппаратуры, газовой канализации и др.). Второй тип изолирующих П. нашел более широкое распространение и всестороннее технич. развитие своих конструкций. В этих типах воздух, а чаще чистый кислород, доставляется из небольшого баллона, который является частью самого противогазового аппарата. Эти П. известны также под названием кислородных аппаратов. Различают два основных типа этих аппаратов: 1) инжекторные с автоматич. циркуляцией воздуха и 2) с циркуляцией силой легких. Последние разделяются на три группы: а) кислород подводится через клапан, приводимый в действие рукой; б) кислород подводится и дозируется редукцион. вентилем; в) приток кислорода сообразуется с работой легких (легочно-автоматич. регулировка). От этих образцов коренным образом отличаются приборы с кислородом, получающимся из специальных химич. препаратов—перекисей или хлоратов щелочных металлов (оксилит, проксилен и др.).



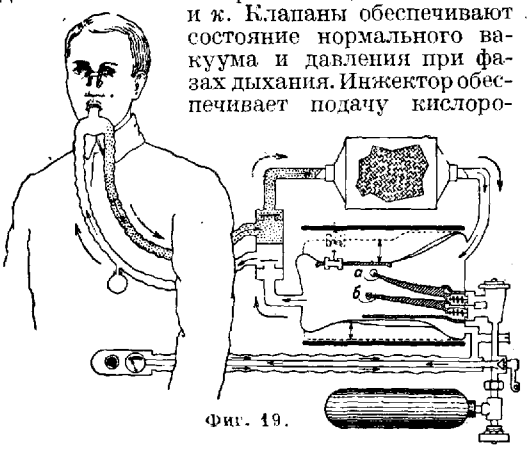
Фиг. 18.

Изолирующие П. состоят из следующих отдельных частей: 1) лицевой маски, 2) гофрированных трубок, 3) дыхательного мешка, 4) кислородного баллона, 5) регенеративного патрона, наполненного препаратом, содержащим едкое кали, служащее для поглощения CO_2.



Фиг. 17.

Инжекторные аппараты работают по следующей схеме. Из кислородных баллонов a_1, a_2 (фиг. 18) кислород поступает через редукционный вентиль *б* в инжектор *в*, работающий под давлением 7—8 *atm* и отсасывающий выдыхаемый воздух из мешка *г* (через трубку *д*), прогоняющий его далее в калипатрон *е*. В калипатроне воздух освобождается от углекислоты и поступает через *ж* в подушку *з*. Периоды поступления воздуха при вдохе и выдохе регулируются дыханием легких при помощи клапанов *и* и *к*. Клапаны обеспечивают состояние нормального вакуума и давления при фазах дыхания. Инжектор обеспечивает подачу кислорода в количестве около 2,1 *л/мин*. Это превышает норму потребления легких на $^1/_4$ *л/мин*. Этот избыток периодически выходит из аппарата через клапан избыточного давления *л*. Длительность работы таких аппаратов ограничивается запасом кислорода в баллоне. Нормально запас кислорода рассчитывается на 2 ч. работы. Вес всего прибора ~18 *кг*.



Фиг. 19.

Аппараты с подачей кислорода силой легких строятся а) с постоянной дозировкой кислорода или б) с автоматич. питанием кислорода, связанным с ходом процесса дыхания. Способ действия дозировочного аппарата см. *Горноспасательное дело*, фиг. 1.

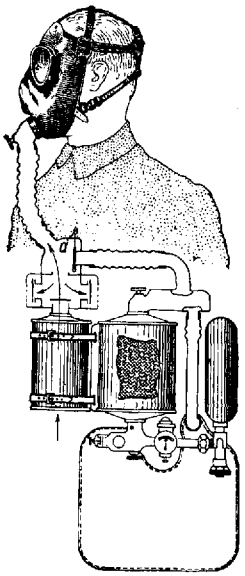
Автоматич. дозировочные аппараты в отличие от предыдущих работают без потери кислорода. Дозирование поступающего кислорода связано с работой легких системой рычагов *а* и *б* (фиг. 19) в дыхательной подушке. В зависимости от силы вдоха, а значит и степени сжатия подушки, клапаны

а и *б* открываются в той или иной степени оба или (при малом потреблении) даже только один *б*. При очень большом потреблении кислорода он м. б. подан также через обходный путь. Преимущество этих приборов—отсутствие потерь кислорода, так как клапаны даже и при открытом кислородном вентиле без дыхания (без работы легких) не дают выхода кислорода в мешок и в атмосферу.

Все кислородные изолирующие П. ограничивают предел их защитного действия количеством кислорода в баллонах. Нормально аппараты строятся на $^1/_2$ ч. и 2 ч. работы. Стремление увеличить длительность работы, а также облегчить аппарат, побуждает к попыткам итти по линии химич. получения кислорода из кислородсодержащих соединений. Таким источником кислорода является например перекись натрия Na_2O_2, которая с выдыхаемыми CO_2 и парами воды реагирует по уравнению

$$2Na_2O_2+CO_2+H_2O=Na_2CO_3+2NaOH+O_2.$$

На принципе использования подобных реакций сконструирован ряд изолирующих П. Отличие их от описанных кислородных П. с баллоном состоит в том, что вместо баллона и регенеративного патрона в системе имеется только один патрон с перекисью натрия или другим кислородным препаратом (см. фиг. 20). Как показывает опыт, использовать весь активный кислород препарата до конца не удается. Степень отдачи связанного кислорода на практике не превосходит в среднем 58%. Наряду с тем длительная работа П. вследствие выделения теплоты реакции вызывает со временем настолько сильное нагревание воздуха (до 60°), что потребление его для дыхания становится невозможным. Эти причины, а также трудность и общая неизученность этого типа в применении пока препятствуют распространению П. этого типа, т. к. не дают пока еще больших преимуществ перед П. с кислородными баллонами.



Фиг. 20.

Описанные выше фильтрующие и изолирующие П., имея свои достоинства и недостатки, требуют каждый раз целесообразного применения того или иного типа из них, что д. б. определено заранее для каждого данного случая. В ряде случаев однако необходимо быть свободным от этого предопределения и иметь возможность пользоваться тем или иным принципом защиты. Эта потребность побудила к сконструированию комбинированного типа П.—фильтрующе - изолирующего. Пользование таким П. на том или другом принципе в зависимости от состояния атмосферы предоставляется носителю П. Комбинированный тип П. представляет собой соединение двух систем: фильтрующего и изолирующего типов (фиг. 20). Работа того или иного типа создается закрытием клапаном *а* входа из П. фильтрующего или изолирующего.

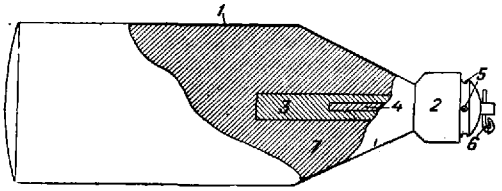
Применение П. Со времени войны П. получили широкое распространение в современной технике охраны труда на вредных производствах промышленности: химической, металлургической, газовой, в горноспасательном и пожарном деле, в водолазной технике, в воздухоплавании, а ряд противогазовых конструкций нашел распространение в медицинской практике. Военное значение П. как средства защиты от боевых О. В. заставило все армии включить фильтрующий П. как предмет вооружения бойца для всех родов оружия и изолирующие П. для специальных технических родов войск.

Лит.: Хлопин Г. В., Военно-санитарные условия противогазного дела, 2 изд., Л., 1928; Вассерман М., Дыхательные приборы в промышленности и пожарном деле, М., 1931; Фишман Я. М., Газовая война, ч. 1, М., 1924; Авиновицкий Я. Л., Химическая война и оборона СССР, 5 изд., М. 1928; его же, Военно-химич. дело, ч. 1, М., 1927; Фрейс А. и Вест К., Химическая война, пер. с англ., 2 изд., М., 1924; Дубинин М. М., Физико-химические основы сорбционной техники, М.—Л., (печ.); Мельников А. Х., Технические основы противогазового дела (печ.); Киреев В. Д., Действие воздухоочистительного аппарата, «ЖРФХО», часть хим., 1928, т. 60, вып. 1—4; Шилов, Лепешь, Вознесенский, Адсорбция постороннего газа из тока воздуха, там же, 1929, т. 61, стр. 1107; Дубинин М. М., К вопросу о поглощении газа из тока воздуха, там же, 1930, т. 62, стр. 683; Мекленбург В., К теории противогаза, «ЖРФХО», 1930, т. 62, стр. 1723; «ЖХП», 1931, 9, стр. 878; «Русско-германский вестник науки и техники», Берлин, 1930, 3—4; Meklenburg und Kubelka, Ueber Schichtenfiltration. Beitrag zur Theorie d. Gasmaske, «Zeitschrift für Elektrochemie», Leipzig, 1925, B. 31, p. 483.

А. Тюлюнов.

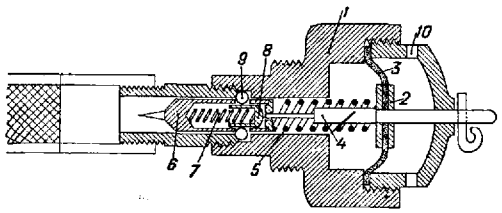
ПРОТИВОЛОДОЧНЫЕ БОМБЫ, снаряды, служащие для борьбы с подводными лодками, сбрасываются с борта корабля вручную или механически в зависимости от веса снаряда или же наконец выпускаются из специальных пушек. Т. к. атака на подводные лодки бомбами производится по невидимой цели и вероятность попадания в корпус подводных лодок невелика, то П. б. обыкновенно конструируются не ударного действия, а действующими автоматически на заранее заданных различных глубинах. П. б. по своему автоматич. действию разрабатываются на несколько глубин действия, в зависимости от предполагаемого углубления атакуемых подводных лодок, а также от величины заряда П. б. взрывчатым веществом. По своей форме корпус П. б. обычно делают цилиндрич. формы с конусообразной нижней частью для уменьшения сопротивления при погружении, но не исключена возможность устройства корпуса бомбы правильной цилиндрич. формы. Величина сферы разрушительного действия П. б. зависит от величины заряда взрывчатого вещества; время взрыва после сбрасывания зависит от установки взрывающего бомбу прибора. На фиг. 1 изображена гидростатическая бомба, к-рая в основных частях состоит из *1*—железного корпуса бомбы, *2*—взрывателя бомбы, *3*—вторичного детонатора, *4*—первичного детонатора, *5*—отверстий для прохода воды на гидростатич.

диск взрывателя, *6* — предохранительной чеки, *7*—заряда взрывчатого вещества. На



Фиг. 1.

фиг. 2 изображен взрыватель для гидростатич. бомбы, состоящий в основном из след. частей: *1*—корпуса взрывателя, *2*—гидростатического диска, *3*—резинового диска, *4*—штока, соединенного в одно целое с гидростатич. диском, *5*—гидростатич. пружины, к-рая ставится на заданное погружение, *6*—бойка для накола первичного детонатора, *7*—пружины, удерживающей колпачок в верхнем положении, *8*—колпачка, задер-



Фиг. 2.

живающего выпадение шариков, *9* — шариков, удерживающих боек во взведенном положении, *10*—отверстий для доступа воды на гидростатический диск. Принцип действия взрывателя состоит в следующем: при поступлении воды на гидростатич. диск, когда давление воды превзойдет силу упругости пружины *5*, диск *2* опускается и шток *4* как соединение с диском также опускается, утопляет колпачок *8*, благодаря чему шарики падают внутрь; сцепление бойка *6* с корпусом *1* нарушается, и боек силой сжатой гидростатической пружины *5* пошлется вниз, сделает накол взрывчатого вещества первичного детонатора, и произойдет взрыв. **А. Ворохобин и Я. Сюртуков.**

ПРОТОН, атом положительного электричества, составляющий наряду с электроном все виды атомов и молекул. Заряд П. равен $(+4{,}770 \pm 0{,}005) \cdot 10^{-10}$ *CGSE* и по абсолютной величине совпадает с зарядом электрона. Масса протона (практически совпадающая с массой атома водорода) равна $(1{,}66089 \pm \pm 0{,}0017) \cdot 10^{-24}$ *г*. Отношение массы П. к массе электрона по спектроскопическим данным равно 1838,26. Измерения с отклонением электронов в магнитном поле дают несколько иную величину: 1847,61; причина расхождения величин до настоящего времени еще не выяснена. В атоме вещества П. сосредоточены в ядре, в простейшем случае атома водорода ядро состоит из одного П. Число П. в атоме равно практически истинному атомному весу [истинному, в отличие от среднего ат. веса смеси *изотопов* (см.)]. Спектроскопич. данные, а также факт существования двух модификаций водорода (*о*- и *п*-водорода) приводят к заключению о наличии вращательного момента у П., имеющего величину $\pm\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi}$ (h — постоянная Планка). Причина резкого различия массы у электронов и П. теоретически еще не выяснена. Попытка создания единой теории электронов и протонов на основе понятия об отрицательной энергии сделана в последнее время Дираком. Электрон с отрицательной энергией должен двигаться во внешнем поле как положительный заряд. По Дираку незаполненные места в области распределения электронов с отрицательной энергией и являются П. Гипотеза Дирака встречается однако с очень серьезными, едва ли преодолимыми, затруднениями.

Лит.: Харитон Ю., О двух модификациях водорода, «УФН», 1930, т. 10, стр. 95; Дирак П. А., Теория электронов и протонов, там же, стр. 581; Birge R. T., Probable Values of the General Phisical Constants, «The Physical Review Supplement», New York, 1929, *1*, p. 1. **С. Вавилов.**

ПРОТРАВНЫЕ КРАСИТЕЛИ, см. *Крашение протравными красителями, Протрава, Лаки красильные.*

ПРОТРАВЫ, вспомогательные материалы, употребляемые при крашении и печатании текстильных изделий, к-рые, вступая в химическое взаимодействие с нек-рыми красящими веществами, дают на волокне окрашенные, нерастворимые или труднорастворимые в воде комплексные соединения, т. н. л а к и. Существует целый ряд красителей, которые не окрашивают волокна непосредственно или, если и окрашивают, то дают неглубокие окраски, нестойкие к свету, кислотам, щелочам и т. п. воздействиям; некоторые из них часто сами по себе являются очень слабо окрашенными. Введение же при крашении одной или нескольких соответствующих П. превращает краситель в соединение, которое прочно закрепляется на волокне, т. е. не обесцвечивается при действии солнечных лучей, не сходит с волокна от действия воды и мыла; при этом полученная окраска м. б. иного цвета, чем взятый краситель. Так. обр. цель применения в крашении П. заключается в получении на волокне красивых, ярких и прочных окрасок. Указанные свойства лаков зависят как от химического состава П. и химич. строения красителя, так и от химич. природы окрашиваемого волокна. Цвет окраски определяется исключительно химич. природою П. и красителя и взаимным химич. отношением самих П., если в крашении участвует одновременно несколько П.; эта зависимость подтверждается тем, что нек-рые красители с разными П. или с различной комбинацией их дают различно окрашенные на волокне лаки. Полнота цвета и прочность окраски определяются гл. обр. природой волокна и взаимоотношениями его с протравами.

П. представляют собой легко растворимые в воде вещества—соли различных металлов, жирные к-ты и дубильные вещества естественные или искусственные. Из металлич. солей практическое применение как П. имеют соли Al, Fe, Cr, Sn и Cu. Соли щелочных металлов не применяются, т. к. соединения их с красителями растворимы в воде; щелочноземельные металлы хотя и дают нерастворимые лаки, но они некрасивы и нестойки к к-там. Другие металлы тоже способны к лакообразованию с нек-рыми красителями, но их лаки или недостаточно прочны

(например Zn) или для практич. применения слишком дороги (напр. Ni). Однако нек-рые металлы, которые совсем не применяются в протравлении самостоятельно, довольно часто применяются вместе с другими П., напр. участие соли кальция в образовании лака пунцового ализаринового с алюминиевой П. является необходимым. Применение нескольких П. вместе вообще дает более прочные лаки, чем лаки, полученные с одной П. Алюминиевые и оловянные лаки отличаются яркостью окраски; железные и медные, наоборот, дают тусклые и темные лаки, а хромовые занимают в этом отношении среднее место. Из жирных к-т наибольшим распространением пользуется *ализариновое масло* (см.), а из дубильных веществ—*таннин* (см.) и «катанол» или «закрепитель Т», являющиеся суррогатами таннина. Для получения на волокне прочного химического соединения красителя с П., последняя наносится на окрашиваемый материал, в зависимости от природы красителя, или перед крашением (тогда это протравление называется предварительным) или после крашения, тогда это—последующее протравление, или одновременно с крашением—одновременное протравное крашение. Для протравления животных волокон применяют гл. образом соли металлов, а для протравления растительных волокон—как соли металлов, так и жирные и дубильные кислоты. При протравлении животных волокон их обычно обрабатывают горячими растворами солей; при этом волокна очень энергично усваивают из растворов окислы металлов или основные соли их, вступая с ними в ионную реакцию, а анион взятой соли остается в ванне. Усвоение оснований объясняется кислотными свойствами волокна. Но т. к. животные волокна (шерсть, шелк) обладают *амфотерным* (см.) характером, т. к. заключают в себе основную группу NH_2 и кислотную COOH, то при известных условиях происходит усвоение кроме основания и кислоты протравной ванны; напр. при протравлении растворами квасцов или сернокислого алюминия наряду с усвоением основной соли происходит усвоение и к-ты. Это происходит в том случае, если протравление ведется в ванне с большой концентрацией и при низкой $t°$. При разбавленных растворах протравной соли и при повышенной $t°$ протравления фиксируется на волокне гл. обр. гидрат окиси металла, количество же одновременно поглощенной к-ты ничтожно; этих условий протравления практически и придерживаются, так как в противном случае усвоенная волокном к-та повлияет на крашение: замедлит лакообразование и изменит оттенок окраски. Так. обр. в процессе протравления животных волокон последние участвуют сами, непосредственно вступая в химич. реакцию с металлич. П., образуя солеобразное соединение, которое, в свою очередь соединяясь с протравным красителем, образует лак. Вся совокупность этих химических взаимодействий может протекать на животном волокне или последовательно (предварительное или последующее протравление) или одновременно (однованное протравное крашение) при необходимых $t°$-ных условиях (см. *Крашение*, Крашение протравными красителями). В отношении закрепления на животных волокнах хромовых лаков существует новый метод последующей запарки (М. А. Ильинского). Окрашенное обыкновенным способом протравным красителем волокно обрабатывается подкисленным раствором хромовокислой соли в течение 10—15 мин. при $t°$ 30°; затем после отмывки от избытка раствора шерсть или шелк запаривается в продолжение 5 минут или нагревается в горячей воде. Для шерстяной ткани запарка может быть заменена *декатировкой* (см.).

Протравление растительных волокон протекает значительно сложнее и труднее по сравнению с животными волокнами. Т. к. эти волокна весьма слабо реагируют на растворы солей, то усвоения окислов металлов не происходит ни в кислых ни в нейтральных растворах. Для нанесения на них П. приходится употреблять растворы основных солей с большей или меньшей основностью. Берутся обычно соли со слабыми анионами, которые легко выделяют окислы или основные соли от повышенной $t°$ и разбавления водой. Эти неустойчивые растворы солей обладают коллоидальным свойством и способностью коагулировать с одновременным гидролизом и образованием еще более основных солей или гидратов окислов металлов. В виду того, что такие П. неустойчивы, их приготовляют на месте перед употреблением. Основность П. имеет весьма большое значение: чем больше основность, тем легче П. разлагается и тем больше металла усваивается волокном. Прибавление соды к П. увеличивает ее основность. Разбавление водой создает условия, благоприятствующие разложению протравы; чем больше воды, тем прочнее гидроокись закрепляется на волокне. Этим объясняется трудность смывки П. с волокна. Окиси металлов усваиваются волокном хлопка медленно, и чем медленнее идет это усвоение, тем совершеннее протравление. Осаждением гидроокиси или основной соли на волокне непосредственно, путем последовательных обработок растворами средней соли металла и щелочи (соды), протравления не происходит. Протравление представляет медленный, необратимый процесс постепенной адсорбции волокном металлич. окисла, при к-ром значение имеет не только количество окисла, но и его физико-химич. состояние, степень гидратации и полимеризации; протравные окислы только в известной форме оказываются способными образовать с красителем лаки. При пропитывании П. хлопчатобумажных волокон она равномерно проходит через толщу стенок и заполняет раствором канал; при наступлении же условий разложения П. происходит выделение окиси во всей толще волокна и в особенности в канале его. Это предположение подтверждается микроскопическим исследованием поперечных срезов окрашенных протравными красителями волокон. Если в качестве П. взять соли летучих органич. или минеральных кислот, то путем запаривания, т. е. совместным действием высокой $t°$ и влаги (влажного пара), эти соли диссоциируются: к-та выделяется, и на волокне остается металлический окисел. Такой метод протравления обычно практикуется в ситцепечатании,

в *запарках* (см.) и *зрельниках* (см.). Закрепление металлич. П. на растительных волокнах производится еще путем образования на нем нерастворимой соли металла с какой-нибудь жирной к-той, напр. ализариновым маслом. Если волокно, пропитанное раствором ализаринового масла, подвергнуть нагреванию при $t°$ 50—60° (сушке), то масло фиксируется на волокне путем полимеризации в трудно растворимые соединения. В таком виде основные красители способны давать жирнокислые соли, мало прочные к свету. Если же маслованное так. обр. волокно пропустить на раствор основной соли протравного металла (Al), на волокне образуется основная жирнокислая соль металла, нерастворимая в воде, дающая с красителем прочный лак. Дубильные кислоты способны фиксировать на растительных волокнах основные красители, но образующиеся при этом лаки мало прочны к свету и мытью; введение же в эти соединения какого-нибудь металла увеличивает прочность лака. Раствор дубильных кислот, напр. таннина, легко адсорбируется волокном в большей или меньшей степени в зависимости от условий обработки, т. е. концентрации и $t°$ раствора таннина. Но адсорбированный таннин легко может быть удален из волокна горячей водой, поэтому его закрепляют на волокне обработкой солями металлов (Sb, Sn, Fi и др.), например виннокаменносурьмянокалиевой солью $C_4H_4O_6K(SbO)$, рвотным камнем; образующееся при этом дубильно-сурьмяное соединение обладает кислым характером и поэтому с основными красителями дает прочное солеобразное соединение — лак. Во всех вышеизложенных случаях протравления растительных волокон последние очевидно не участвуют в образовании лака; они являются только местом, где происходит закрепление красителя на нерастворимых окислах. Употребление той или иной П. зависит также и от природы красителя; напр. для красителей, имеющих характер к-т, П. служат металлич. окислы и основные соли металлов, а для красителей с свойствами оснований П. служат кислые органич. соединения—жирные и дубильные кислоты. На основании исследований проф. А. А. Чугаева и А. Вернера лаки рассматриваются как внутренние комплексные соединения с циклич. группировками, т. е. как соли, имеющие замкнутое, кольцевое, пятичленное строение, в которых атом металла является одним из членов кольца. Характеристикой этого строения являются: постоянство соединения, разнообразие цветов в зависимости от природы координативно сцепленных групп и трудность или совсем нерастворимость в воде. Нек-рые лаки имеют весьма сложное строение, например в ализариновом красном, где, как было уже указано, участвует кроме металлич. П. еще жирная кислота, или в тех случаях, когда в окраске участвует несколько протравных красителей. Во всех этих случаях лаки очевидно представляют собой конгломерат нескольких комплексных соединений. Образование соединений металлов (например Cr и Cu) с некоторыми красителями производится иногда заранее, не во время крашения. Эти красители-лаки впоследствии при крашении образуют на волокне прочные лаки частью при запаривании, частью при действии кислот или щелочей. Некоторыми красочными фабриками недавно выпущены такие красители под различными названиями, как эрганоновые, эрганоновые, марсероловые, палатиновые и неоляновые, которые применяются при крашении шерсти и в печати.

Химич. соединения, могущие играть в крашении волокнистых материалов роль П., следующие.

Алюминиевые П. Соли алюминия употребляются в качестве П. при крашении всех волокнистых материалов и особенно важное значение имеют при крашении ализарином в красный цвет. Об отдельных солях Al, применяемых в качестве П., см. *Алюминия соединения* в крашении и печатании.

Железные П. Большую роль в протравном крашении играют также соли окиси и закиси железа; они употребляются при крашении всех волокон в темные цвета и кроме того как красители в светложелтые (см. *Бланжа железная*) и синие тона. Употребление солей закиси железа сводится к тому, что сначала на волокне путем окисления образуется окись железа, которая действует уже как П. Сернокислая закись железа $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, или железный (зеленый) купорос, употребляется в кубовом крашении, в крашении шелка в черный цвет и при крашении шерсти кампешем по предварительной П., а также служит исходным материалом для получения многих железных протрав. Уксуснокислая закись железа $Fe(C_2H_3O_2)_2$ получается обменным разложением железного купороса и уксуснокислого свинца. Эта П. очень быстро окисляется и поэтому недостаточно прочно закрепляется на волокне. Вследствие этого уксуснокислую закись железа лучше получать растворением железного лома в древесноуксусной кислоте, т. к. содержащиеся в ней различные продукты сухой перегонки дерева задерживают окисление образовавшейся закиси железа. Эта протрава употребляется гл. обр. в ситцепечатании, в крашении хлопка и в крашении шелка в черный цвет. Уксуснокислая закись железа легко разлагается с образованием на волокне нерастворимой основной уксуснокислой соли окиси железа, которая при нагревании разлагается на окись железа и испаряющуюся уксусную к-ту. Азотнокислая закись железа $Fe(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ приготовляется обменным разложением сернокислой закиси железа и азотнокислого свинца; в зависимости от количества взятых солей можно получить в различных соотношениях смесь азотнокислой и сернокислой закиси железа. Основная серножелезная соль $Fe_4(SO_4)_5(OH)_2$, или железница, получается при окислении железного купороса смесью азотной и серной кислот. В зависимости от количества взятых к-т можно получить растворы разного состава, состоящие из смеси нейтральных и основных солей закиси железа. При образовании основной серножелезной соли реакция идет по следующей ф-ле:

$$12\,FeSO_4 + 3\,H_2SO_4 + 4\,HNO_3 \rightarrow 3\,Fe_4(SO_4)_5(OH)_2 + 4\,NO + 2\,H_2O.$$

Употребляется эта соль с примесью дубильных веществ в крашении хлопка и в черный цвет шелка, а также для отяжеления последнего. Азотнокислая окись железа $Fe_2(NO_3)_6$ получается при медленном растворении железа в крепкой азотной кислоте. Употребляется при крашении хлопка в «бланжевый» цвет и при крашении черным анилином. Железистосинеродистый калий $K_4Fe(CN)_6$ и железосинеродистый калий $K_3Fe(CN)_6$: первая соль применяется при черноанилиновом крашении, вторая употребляется в качестве окислителя для черного анилина и при некоторых вытравках в печати.

Хромовые П. имеют весьма широкое применение в крашении шерсти, а также применяются и при крашении хлопка; они способны давать прочные и красивые лаки со многими красителями. Хромовые П. существенно отличаются от алюминиевых и железных П. Они труднее поддаются диссоциации, но, с другой стороны, соединение закрепленной на волокне окиси хрома с красящими веществами происходит легче, чем у алюминиевых и железных П. Хромовые П. существуют в виде фиолетовой и зеленой модификаций; фиолетовый цвет может переходить в зеленый, что объясняется тем, что фиолетовый раствор содержит нормальную соль, а зеленый—смесь основных и кислых солей. Применяются соли хромовой кислоты или соли окиси хрома. Двухромовокалиевая соль $K_2Cr_2O_7$ (хромпик) является наиболее важной протравой в крашении шерсти. Употребляется при крашении кашу́ черным анилином и при вытравках по синему кубу. При протравлении шерсти к хромпику прибавляют немного серной к-ты или винного камня или щавелевой к-ты. Вместо хромпика применяется и двухромовонатриевая соль $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$, к-рая дешевле, но вследствие большой гигроскопичности состав ее непостоянен, что представляет неудобство в ее применении. Хромовокислый аммоний $(NH_4)_2 \cdot CrO_4$, или метахромовая протрава, выпускаемая красильной фабрикой «Agfa», применяется при крашении шерсти метахромовыми красителями (А) одновванным способом. При нагревании ванны П. медленно разлагается, при этом постепенно образуется кислый хромат, к-рый адсорбируется волокном, образуя с ним и красителем солеобразное соединение. Вместо метахромовой П. можно брать смесь нейтрального хромовокислого калия и сернокислого аммония в эквивалентном соотношении:

$$K_2CrO_4 + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2CrO_4 + K_2SO_4.$$

Хромовокислый хром $Cr_2(CrO_4)_3$ получается при растворении гидрата окиси хрома в хромовой к-те с прибавлением уксусной или серной к-ты. Применяется при крашении хлопка. Хромовые квасцы $K_2SO_4Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ служат материалом для приготовления многих хромовых П.; как самостоятельная П. употребляется редко. Бисульфит хрома $Cr(HSO_3)_3$ получается при смешении хромовых квасцов с бисульфитом патрия; применяется для нек-рых запарных красок (хромовые плюсы) и закрепляется горячим раствором соды. Уксуснокислый хром $Cr(C_2H_3O_2)_3$ получается обменным разложением хромовых квасцов с уксусносвинцовой или уксуснокальциевой солью или растворением гидрата окиси хрома в уксусной к-те и наконец восстановлением бихромата калия или натрия в присутствии уксусной к-ты. Растворы уксуснокислого хрома обладают большой устойчивостью, выдерживая кипячение, поэтому для закрепления этой П. необходимо запаривание в присутствии красителя. Преимущественно употребляется основная соль $Cr_2(C_2H_3O_2)_3(OH)_3$, получаемая прибавлением соды к раствору средней соли. Применяется в ситцепечатании, особенно удобна для запарных плюсов. Сульфацетат хрома $Cr_2SO_4(C_2H_3O_2)_4$ получается восстановлением бихромата калия в смеси серной и уксусной кислот. Хлорноватокислый хром $Cr(ClO_3)_3$ получается обменным разложением хромовых квасцов хлорноватобариевой или кальциевой солью; сильный окислитель. Хлористый хром $CrCl_3$ получается разложением хромовых квасцов хлористым кальцием или барием или растворением гидрата окиси хрома в соляной к-те. Основной хлористый хром $CrCl(OH)_2$ получается растворением водной окиси хрома в хлористом хроме. Употребляется при протравлении шелка и для закрепления антраценовых красителей на хл.-бум. тканях. Фтористый хром CrF_3—очень ценная П. для шерсти; зеленый кристаллический порошок, легко растворимый в холодной и горячей воде; действует на стекло и большинство металлов, поэтому при крашении необходимо пользоваться деревянной аппаратурой. Аналогично фтористому хрому действует хромовонатриевая соль щавелевой кислоты $CrNa(C_2H_4)_2$, т. н. хромозоловая П., или хромозол (С), который диссоциирует очень медленно, и в уксуснокислой ванне разложение его постепенно доходит до конца, поэтому применяется в крашении шерсти одновванным способом. Роданистый хром $Cr(CNS)_3$ получается обменным разложением хромовых квасцов и роданистого бария и кальция. Употребляется для шелка при закреплении ализариновых красителей. Щелочные хромовые П. получаются растворением гидрата окиси хрома в едком натре или прибавлением к раствору хромовых квасцов избытка раствора едкого натра до полного растворения образующегося вначале осадка. С течением времени из раствора щелочной хромовой П. выделяется окись хрома обратно в осадок. Вследствие сильно щелочного характера этих протрав они употребляются только для хлопка, благодаря способности последнего поглощать из щелочных растворов гидрат окиси хрома.

Оловянные П. легко усваиваются всеми волокнами и способны давать со многими красителями яркие цветные лаки, но вследствие их сравнительной дороговизны они употребляются обычно в комбинациях с другими П. для увеличения яркости окраски и для вытравок. Хлористое олово $SnCl_2 \cdot 2H_2O$, или оловянная соль получается растворением олова в соляной к-те, употребляется как протрава гл. обр. для шерсти; применяется для отяжеления шелка и для увеличения яркости окраски на хлопке. Уксуснокислое олово

$Sn(C_2H_3O_2)_2$ применяется для вытравок по субстантивному крашению. Приготовляется обменным разложением хлористого олова и уксуснокислого свинца в присутствии уксусной к-ты. Четыреххлористое олово $SnCl_4$ (оксигенная соль) получается действием Cl или азотной кислоты или бертолетовой соли на оловянную соль; употребляется вместе с дубильной кислотой для протравления хлопка и для отяжеления шелка, окрашенного в светлые тона. Пинкзальц $SnCl_4 \cdot 2NH_4Cl$ получается в виде кристаллов из смеси растворов четыреххлористого олова и хлористого аммония; употребляется сравнительно редко. Уксуснокислая окись олова $Sn(C_2H_3O_2)_4$ образуется при смешении четыреххлористого олова и уксуснокислого свинца с уксусной к-той. Оловянонатриевая соль Na_2SnO_3 (сода станнат) получается сплавлением окиси олова с едким натром или олова с чилийской селитрой. Применение ее как П. основано на том, что кислоты легко выделяют из нее оловянную к-ту. Редко применяется в ситцепечатании, иногда применяется при печатании шерстяных тканей. Азотнокислая закись олова $Sn(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ приготовляется растворением свежеосажденной закиси олова в слабой азотной кислоте на холоду; употребляется для закрепления кошенили. Оловянные композиции—П. разного состава, получаемые растворением олова в смеси концентрированной азотной и соляной к-т; в настоящее время почти не применяются, ранее же применялись для оживления тонов при крашении ализарином и кошенилью.

Медные П. способны давать необыкновенно прочные лаки; употребляются обычно вместе с другими протравами как окислители. Медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ употребляется как окислитель в крашении черным анилином и в резервах по кубовому крашению, а также при крашении шерсти кампешем по предварительной протраве совместно с хромпиком. Азотномедная соль $Cu(NO_3)_2$ получается обменным разложением медного купороса с азотносвинцовой солью, употребляется при узорчатой расцветке по индиго. Сернистая медь CuS употребляется для черного анилина.

Из кальциевых П. чаще всего употребляется уксуснокислый кальций $Ca(C_2H_3O_2)_2$ совместно с другими П. при крашении ализарином для увеличения прочности окраски.

Из марганцовых солей применяется только хлористый марганец $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, и то очень редко,—для окрашивания хлопка в коричневый цвет.

Свинцовые П. не дают хороших лаков и кроме того сильно ядовиты; вследствие этого они не имеют большого значения как П., но применяются в красильном деле в большом количестве для приготовления других протрав путем обменного разложения. Для этой цели употребляют: свинцовый сахар $Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$, основную уксусносвинцовую соль $Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot PbO$, применяемую при отяжелении шелка, и азотносвинцовую соль $Pb(NO_3)_2$, применяемую при вытравке по пунцовому крашению.

Сурьмяные П. употребляются только вместе с таннином. Соединение таннина с окисью сурьмы дает с основными красителями прочные лаки (см. *Крашение*). Виннокаменносурьмянокалиевая соль, рвотный камень, $K(SbO)(C_4H_4O_6)$ применяется как закрепитель при протравлении таннином. Для замены сравнительно дорого стоящего рвотного камня применяется иногда препарат, состоящий из раствора металлической сурьмы в винной кислоте с некоторым количеством раствора *контакта* (см.). Щавелевосурьмянокалиевая соль $K_3Sb(C_2O_4)_3 \cdot 6H_2O$ применяется со щавелевой кислотой вместо рвотного камня.

Соли никеля, мышьяка, вольфрама употребляются как П. весьма редко, хотя и дают красивые лаки. Сера в виде серного молока может служить П. для шерсти при крашении например метиленовой или малахитовой зеленью, но практического применения не имеет.

Из органич. П. наибольшее распространение получили дубильные и жирные кислоты, которые употребляются гл. обр. в крашении хлопка и льна. Таннин, дубильная кислота, добывается экстракцией смесью воды, спирта и эфира из чернильных орешков и кнопперсов, представляющих болезненные наросты на некоторых растениях (гл. обр. дубах). Выпаренная вытяжка таннина представляет коричневый порошок с сильно вяжущим вкусом. Действующим началом таннина является дигалловая кислота, которая дает с солями железа сине-черное окрашивание. С органич. основаниями таннин дает нерастворимые соединения. Таннин растворяется в воде, уксусной к-те и глицерине. Под влиянием воздуха раствор таннина легко разлагается с выделением галловой к-ты; прибавление 0,25% спиртового раствора карболовой кислоты задерживает это разложение. Хлопком таннин жадно поглощается из раствора, но для закрепления его на волокне требуется участие металлич. окисла как закрепителя. Лучшим закрепителем для таннина является рвотный камень, но при крашении хлопка в черный цвет можно пользоваться для закрепления и железными солями. В настоящее время вместо таннина часто применяется препарат катанол О или W, который получается конденсацией формальдегида с резорцином или пирогаллолом. Катанол легко закрепляется на хл.-бум. волокне в присутствии раствора соды и поваренной соли, а с основными красителями образует лаки, близкие по прочности к таннинным лакам. Для того же назначения в 1923 г. Филипповым был предложен другой препарат—«закрепитель Т», сернистое производное фенолов (см. *Диоксидифенилсульфид*), к-рый может применяться в основном крашении вместо таннина. *Ализариновое масло* (см.) применяется в водных растворах, содержащих 10—15% масла. В пунцовом крашении хлопка ализарином эта масляная П. совместно с алюминиевой П. дает выдающийся по яркости и чистоте оттенка цвет. Употребляется также при запарной печати и при крашении азокрасителями.

Роль П. могут играть и некоторые красители, закрепляя на волокне другие краси-

тели; например субстантивные, сернистые, кубовые красители фиксируют основные красители.

Лит.: Шапошников В. Г., Общая технология волокнистых и красящих веществ, М.—Киев, 1926; Петров П., Викторов П., Малютин Н., Химич. технология волокнистых веществ, Ив.-Вознесенск, 1928; Федоров С. А., Руководство по белению, крашению и печатанию хлопчатобумажных, шерстяных и шелковых изделий, М., 1923; Георгиевич Г., Химич. технология волокнистых веществ, пер. с нем., СПБ, 1913; Лидов А., Беление, крашение и ситцепечатание, Химич. технология волокнистых веществ, СПБ, 1900; Руггли П., Практикум по крашению и анализу красителей, пер. с нем., Л., 1929; Липатов С., Коллоидохимич. основы крашения, Ив.-Вознесенск, 1929; Крайс П., Успехи текстильной химии, Л., 1926; Орлов Н., Основные начала крашения и печатания, Киев, 1911; Липатов С., Физико-химические свойства «катаноля О», «ИТПТ», 1929, *7—8*; Филиппов Н. и Воронков Б., Закрепитель Т и его приготовление, там же, 1926, *6*; Heermann P., Färberei- u. textilchemische Untersuchungen, 4 Aufl., B., 1923. **А. Моторин.**

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БОЛЕЗНИ, см. *Вредные производства*.

ПРОЧНОСТИ НОРМЫ представляют те требования относительно качеств материалов, деталей машин и сооружений, которые д. б. выполнены в тех или других условиях их работы в целях безопасной и нормально продолжительной службы. Нормы качеств материалов для различных областей техники установлены почти во всех государствах и д. б. соблюдены в каждом приборе, машине и сооружении. Особые органы правительства существуют для надзора за исполнением этих норм, в особенности в наиболее опасных приборах (паровые котлы, тормозы подъемных устройств и пр.). В СССР нормы, выработанные Всесоюзной комиссией по стандартизации (ВКС) при СТО, обязательны для исполнения во всех предприятиях и на з-дах ВСНХ и в коммунальных хозяйствах Союза. Для железных дорог и предприятий военно-морской службы имеются дополнения и изменения норм в соответствии с особыми требованиями, предъявляемыми соответствующими учреждениями Союза. В основание этих норм положены: а) экспериментальные данные относительно механич. качеств материалов; б) опытные данные о работе машин, их деталей и частей сооружений в различных условиях действия внешних сил и других факторов окружающей среды ($t°$, влажности и пр.); в) соображения о характере и величине внутренних сил упругости и деформаций (см. *Сопротивление материалов*); г) условия изготовления и точность расчета данной конструкции и ее деталей. Открытие новых материалов и улучшение качеств известных, появление новых опытных данных и новых более точных методов расчета—все это обусловливает эволюцию основных факторов, определяющих нормы, и делает необходимым коренной пересмотр последних. Нормы прочности для строительных материалов содержат их основные механич. характеристики, наиболее важные для службы известного материала, т. н. обязательные нормы, а также указания относительно некоторых желательных качеств, т. н. факультативные нормы. В обязательные нормы включают *временное сопротивление* (см.), удлинение, пробу на изгиб и для некоторых условий службы поперечное сужение, предел усталости, вязкость, предел пропорциональности, качественное число и твердость (см. *Технологические характеристики*). В факультативные нормы включены технологические пробы на износ, истирание, сварку, горячий загиб и др. Согласно нормам прочности материалы разделяются на классы, в зависимости от высоты их качеств. В нормах СССР обычно деление на следующие материалы: а) пониженного качества, б) нормального и в) повышенного, причем класс прочности определяется совокупностью механических признаков. В стандартах (ОСТ) легко усмотреть влияние количественных характеристик на классификацию сталей.

Нормы прочности указывают не только свойства материалов, применяемых в известной конструкции, но и величину допускаемых напряжений в ней. Допускаемые напряжения представляют собой те предельные нагрузки на $см^2$ или $мм^2$ поперечного

Табл. 1.—Допускаемые напряжения в *кг/см²*.

Род сопротивления	Род нагрузки	Материалы: литое железо	Материалы: литая сталь	Стальные отливки	Чугун	Красн. медь листовая	Дуб	Бук	Сосна	Ель
Растяжение	I	900—1 500	1 200—1 800	600—1 200	300	610	—	—	—	—
	II	540—900	720—1 080	360—720	180	360	100—120	100—120	80—100	80
	III	450—750	600—900	300—600	150	—	—	—	—	—
Сжатие	I	900—1 500	1 200—1 800	900—1 500	900	—	—	—	—	—
	II	540—900	720—1 080	540—900	540	—	70—90	70—90	50—60	50—60
Сдвиг	I	720—1 200	900—1 440	480—960	300	—	15—20*1	10	10—15	10—15
	II	730—720	580—860	290—580	180	—				
	III	360—600	480—720	240—480	180	—	30—50*2	—	20—30	20—30
Изгиб	I	900—1 500	1 200—1 800	750—1 200	7 500 *3	—	—	—	—	—
	II	540—900	720—1 080	450—720	5 000 *3	—	80—120	80—100	60—100	60—100
	III	450—750	600—900	375—600	—	—	00	—	—	—
Кручение	I	600—1 200	900—1 440	480—960	6 000 *3	—	—	—	—	—
	II	360—720	540—800	290—580	4 000 *3	—	—	—	—	—
	III	300—600	480—720	240—480	—	—	15—20	10	10—15	10—15

*1 Параллельно волокнам. *2 Перпендикулярно волокнам. *3 Пружины из закаленной стали.

Табл. 2.—Нормы для расчета металлических сооружений Днепростроя.

Материал и его характеристика			Допускаемые напряжения, кг/см²		
Наименование	Врем. сопротивление, кг/см²	Модуль Юнга	на сжатие *3		
			в стойках *4	*5	*6
Железо	3 700 *1 / 4 500 *2	2,1 ·10⁶	φ·1 400	—	—
Чугунное литье	>1 600	1 ·10⁶	φ· 600	1 000	30
Стальное литье	>4 500	2,15·10⁶	φ·1 200	1 500	35
Кованая сталь	>5 500	2,1 ·10⁶	φ·1 700	—	40

*1 На растяжение. *2 На сжатие. *3 На растяжение нормы установлены только для железа: при учете главнейших действующих сил 1 200 и при учете всех сил и температуры 1 600 кг/см². *4 φ—коэфициент, зависящий от отношения длины стойки к радиусу инерции поперечного сечения. *5 В опорных частях. *6 В катках.

Табл. 3.—Нормы для расчета железобетонных сооружений Днепростроя.

Условия работы	Допускаемые напряжения, кг/см²	
	для железа	для бетона
Центральное сжатие:		
в колоннах верхнего этажа	1 000	35
» » след. этажей . .	1 200	40
Изгиб:		
в плитах толщ. < 10 см . .	1 000	35

сечения данной детали конструкции, при которых эта деталь остается прочной. В случае нагрузки ниже допускаемых напряжений конструкция будет излишне прочной и неэкономичной. В табл. 1 приведены допускаемые напряжения для некоторых строительных материалов в случае трех родов нагрузки: I—статической, II—переменной (от 0 до известной величины) и III—колебательной (см. *Прочность*). В табл. 2 и 3 приведено извлечение из норм для расчета сооружений Днепростроя.

Нормы прочности распространяются также на выбор величины и рода нагрузки, для к-рой д. б. рассчитано сооружение. В табл. 4 например указана величина полезной нагрузки междуэтажных перекрытий в кг/м². Данные этой таблицы относятся к спокойным нагрузкам. Если возможны случайные сотрясения, нагрузка повышается на 30%; если толчки носят постоянный характер, нагрузка д. б. увеличена на 50%. Для особо ответственных сооружений устанавливаются нормы прочности и способы расчета, гл. об-

Схема нормальной нагрузки (1925 г.).

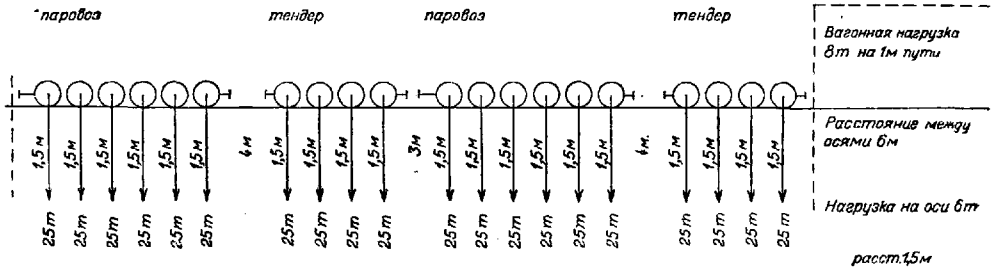


Схема усиленной нагрузки (1925 г.).

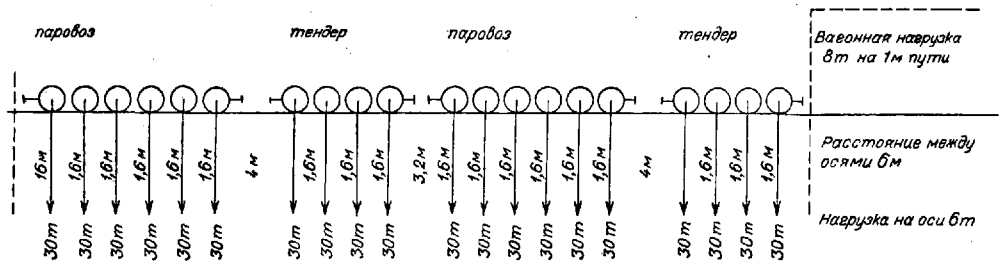
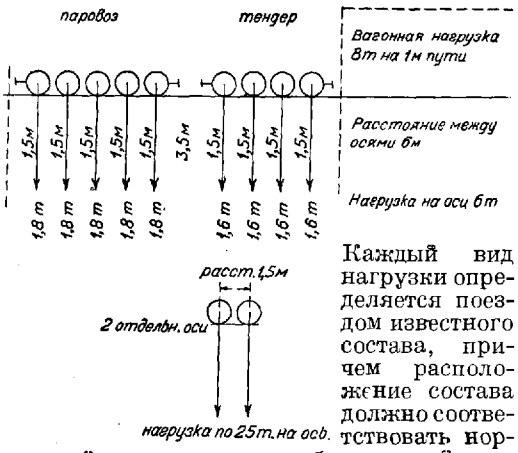


Табл. 4.—Нагрузка междуэтажных перекрытий в кг/м² (извлечение из норм для гражданских сооружений).

Чердачное помещение жилого дома . .	150
Обыкновенные жилые помещения . . .	250
Школьные помещения	300—400
Залы для собраний	400
Сеновалы	450
Склады зерна и фруктов (высота засыпки 60 см)	500
Склады соли	800
Склады товаров	750—1 500
Фабрики при легких машинах	500—600
Фабрики при тяжелых машинах . . .	800—1 500
Перекрытия над проездами	800
Нагрузка от толпы людей	400

разом в отношении распределения нагрузок на части сооружений. Для железнодорожн. мостов согласно нормам прочности различают расчетные нагрузки трех видов: *Н*—нормальную, *У*—усиленную и *О*—облегченную.

Схема облегченной нагрузки (1925 г.).



Каждый вид нагрузки определяется поездом известного состава, причем расположение состава должно соответствовать нормальной схеме, строго обязательной при расчетах для данной нагрузки и типа железных дорог (см. схемы нагрузок).

Нормы прочности особо тщательно и подробно разработаны для металлов и инженерных сооружений—гражданских, гидротехнических и ж.-д.—как временного характера, так и постоянного. Нормы прочности в машиностроении подвержены большим изменениям в зависимости от рода машины, конструкции деталей и условий их изготовления и работы, а также в зависимости от степени точности расчета машины и ее деталей. Поэтому нормы прочности в машиностроении специализированы, различны для машин различных отделов и даже в пределах одного отдела и указаны в соответствующих расчетных курсах машин (двигатели, турбины, автомобили и пр.).

Лит.: Общесоюзные Стандарты ОСТ, М., 1930; Нормы Госплана для расчета и проектирования конструкций, М., 1926; Нормы Днепростроя, Мат. Днепр. строительства. М., 1927; Нормы НКПС для расчета и проектирования железобетонных сооружений, М., 1926; «DIN», B., 1929; Lloyd's Register Rules, L.; Board of Trade Rules G. B. «CSN», Praha; American Society for Testing Materials, Wsh.; Comité de France de la standartisation, P.; «Вестник стандартизации», М.; Hütte, Справочная книга для инженеров, т. 1—3, изд. 14, М.—Л., 1931; Taschenbuch für Bauingenieure, hrsg. v. Förster, 5 Aufl., B., 1928; Брилинг С. Р., Нормы для расчета и проектирования инженерных сооружений, Москва, 1927; Серк Л. А., Технические расчетные нормы для гражданского строительства, Москва, 1925.

С. Лебедев.

ПРОЧНОСТИ РАСЧЕТ АЭРОПЛАНА, см. *Самолетостроение.*

ПРОЧНОСТЬ, способность твердых тел подвергаться в определенных пределах действию внешних сил, не разрушаясь и не получая практически ощутимых остаточных деформаций. П. таким образом характеризуется теми предельными условиями, к-рым соответствует или появление первых остаточных деформаций (см. *Деформация пластическая*) или же начало разрушения, в зависимости от того, какое из этих двух явлений наступит при данных условиях раньше. Весьма часто однако под прочностью понимают только сопротивление разрушению, а не деформации. Прочность твердых тел является результатом сил сцепления между атомами, составляющими тело. Природа этих сил идентична с природой сил химич. сродства. Однако наблюдаемая в действительности прочность материалов имеет значения во много раз меньшие, чем те, которые следовало бы ожидать, если исходить из теоретически исчисляемых величин междуатомного сцепления, с одной стороны, и величин напряжений, находимых по правилам сопротивления материалов или теории упругости, с другой. Это обстоятельство объясняется в первую очередь тем, что действительное изменение напряженного состояния в деформируемых телах и изменение свойств самого материала тела в значительной мере отличаются, особенно на границе преодоления П. материала, от той закономерности и постепенности, к-рая предполагается теорией упругости или строительной механикой. Значения напряжений, получаемые расчетом по методам этих дисциплин, исходящих в своем построении из гипотезы идеальной однородности и упругости тела, должны рассматриваться лишь как некоторые статистич. средние значения действительных напряжений в данном пункте тела. При этом от средних значений возможны весьма большие отклонения или перенапряжения.

Механизм деформации или разрушения, благодаря наличию указанных перенапряжений, заключается в последовательном местном преодолении сил сцепления в наиболее для каждого данного момента времени перенапряженных точках тела. В телах аморфных это нарушение прочности может мыслиться как последовательное преодоление сил сцеплений между каждыми двумя соседними атомами в отдельности. В отношении моно- или поликристаллич. тел нарушение П. схематически может быть представлено как одновременное массовое нарушение сил сцепления между атомами, лежащими в двух соседних плоскостях кристаллографич. решетки данного кристалла или кристаллита. Результатом этого нарушения сил сцепления являются сдвиги атомов, лежащих в одной из таких плоскостей, относительно атомов соседней плоскости. При нек-рых условиях нарушение П. в поликристаллах может произойти и в результате сдвига зерна по зерну. Кроме этих сдвигов для объяснения пластич. деформации кристаллич. тела необходимо допустить и наличие ряда осложняющих явлений (см. *Деформация пластическая*). Кроме деформации или разрушения путем сдвигов или скалываний разрушение может происходить и путем разрыва или расщепления по плоскостям кристаллографич. решетки или по границам зерен. Всякое обстоятельство, увеличивающее неоднородность в распределении напряжений, как то: наличие внешних и внутренних пороков, понижает П. тел, и, наоборот, уменьшение неоднородности в распределении напряжений может значительно повысить П. тела. Есть напр. основание предполагать, что с уменьшением поперечного сечения растягиваемого образца распределение напряжений будет более однородным, соответственно чему следует ожидать и повышение П. Нек-рым подтвержде-

нием этого предположения могут служить опыты Гриффита. Этот исследователь, экспериментируя над стеклянными нитями с диам. от 0,04 до 0,00012 дм., получил определенную зависимость между уменьшением диаметра и увеличением врем. сопротивления нити. Экстраполируя эту зависимость до диаметра, равного нулю, Гриффит получил значения временного сопротивления одного порядка с теоретически исчисленной величиной междуатомного сцепления.

Особую роль по гипотезе, выдвинутой тем же Гриффитом, в понижении П. кристалла играет образование на поверхности его микроскопических или субмикроскопических тонких и острых трещин. Перенапряжение на краях таких трещин вызывает их рост, связанный с дальнейшими перенапряжениями, в результате чего имеет место расщепление кристалла уже при сравнительно низком среднем для всего сечения напряжении. Предположение Гриффита было подтверждено рядом опытов. Так, А. Ф. Иоффе, испытывая на растяжение кристаллы каменной соли, погруженные в горячую воду, чем достигалось удаление образующихся поверхностных трещин растворением, фактически получал значения П., определяемые как отношение нагрузки к окончательному сечению при разрыве, одного порядка с теоретическими величинами междуатомного сцепления в кристалле. В поликристаллич. телах наличие или образование таких понижающих П. трещин следует предполагать в отношении каждого кристаллита, входящего в состав тела, результатом чего и является понижение П. всего тела. Согласно предположению Смекала пониженная П. против теоретически исчисляемых величин может быть объяснена также тем, что в реальных кристаллах вероятно имеются выпадения определенных групп атомов из кристаллографич. решетки кристалла. Эти выпадения создают пустоты, являющиеся источниками концентрации напряжений. Такие явления, как фотоэлектрич. эффект и флуоресценция, косвенно подтверждают предположения Смекала. В значительной мере П. тел зависит от величины внутренних напряжений т. е. от напряжений, имеющих место в теле при отсутствии внешних сил и взаимно уравновешивающихся, или в пределах значительной части объема тела, напр. по всему поперечному сечению, или же в пределах весьма малых, даже микроскопич. или субмикроскопических зон.

П. аморфных тел в большей степени, чем П. тел кристаллических зависит от длительности приложения нагрузки. Например такое аморфное тело как вар, находясь под длительным действием сил тяжести, может вытечь сквозь тонкое отверстие сосуда, в к-ром он помещен. Между тем тот же вар обладает сравнительно высоким сопротивлением в случае быстрого приложения нагрузки. Влияние на П. изменений $t°$ в отношении материала в аморфном состоянии как правило является также значительно бо́льшим, чем в отношении того же материала в состоянии кристаллическом. При определенной $t°$ кристаллич. и аморфное состояния являются равнопрочными. Выше этой $t°$ бо́льшую П. дает состояние кристаллическое, ниже этой темп-ры—аморфное. В отношении тел поликристаллических широкое распространение имеет гипотеза об аморфном или полуаморфном состоянии вещества на границах отдельных кристаллов, составляющих тело. Гипотеза эта удовлетворительно объясняет, в связи с разным влиянием $t°$ на П. тел аморфных и кристаллических, тот факт, что как правило у металлов деформация происходит при низких $t°$ путем сдвигов внутри зерна, а при высоких—путем сдвигов зерна по зерну. В отношении тел кристаллических как правило изменение темп-ры в большей степени отражается на пределе упругости, т. е. на величине напряжений, при к-рых появляются первые сдвиги, чем на величине напряжений, соответствующих моменту разрыва. Ниже определенной $t°$ разрыв происходит до достижения предела упругости, и тело рвется без деформации; выше этой $t°$ сначала имеет место достижение предела упругости, материал пластически деформируется и затем лишь разрывается. Т. о. в зависимости от $t°$ одно и то же тело может быть и хрупким и пластичным и прочность его в зависимости от условий может определяться как появлением остаточных деформаций, так и разрушением без деформаций.

П. монокристаллич. тел в весьма значительной степени зависит от ориентировки кристаллографических осей тела по отношению к действующим усилиям и является функцией этой ориентировки. При совпадении плоскостей наименьшего сопротивления сдвигу с направлением наибольших тангенциальных напряжений остаточные деформации в кристалле имеют место уже при очень низких значениях действующих сил. По предположениям нек-рых исследователей (Бриджмен и др.) сдвиги в свободном от внутренних напряжений кристалле идеально химически чистого металла должны начинаться при всяком напряжении, отличном от нуля. Такой кристалл по своим свойствам напоминал бы жидкость, атомы к-рой имели бы лишь строго определенное относительное расположение, обусловленное характером данной кристаллографич. решетки. Наличие в кристаллографической решетке атомов двух разных элементов, затрудняя процесс сдвига, повышает прочность кристаллов. Поэтому П. тела, представляющего твердый раствор одного компонента в другом, всегда выше той, которая имела бы место в том случае, если бы П. подчинялась закону аддитивности свойств компонентов. Нарушение П. путем сдвигов у монокристаллов всегда происходит по сравнительно небольшому, по сравнению с общим, числу плоскостей. Остается еще далеко невыясненным, какие обстоятельства делают эти плоскости плоскостями меньшего сопротивления, чем соседние с ними. Возможно, что здесь играют роль трещины Гриффита или пустоты Смекала. После того как сдвиг по данной плоскости или системе смежных плоскостей достигнет нек-рой величины, сдвиг по этим плоскостям прекращается, и сопротивление сдвигу в них делается бо́льшим, чем по недеформированным плоскостям. При дальнейшем возрастании нагрузки явление сдвига должно происходить по новым плоскостям со все бо́льшим сопротивлением, и требуется все нарастаю-

щее напряжение, чтобы нарушить П. Явление это называется упрочнением. В результате такого упрочнения П., напр. кристаллов каменной соли, может возрасти до 12 раз. Природа явлений, обусловливающих упрочнение по той плоскости, по к-рой начался сдвиг, а равно и общее упрочнение тела, во многом остается еще невыясненной. Ряд выдвинутых для объяснения упрочнения гипотез, как то: предположение об образовании по плоскостям скольжения аморфных прослоек, искажений кристаллографич. решетки и возникновения больших внутренних натяжений и т. д., не в состоянии объяснить столь большого упрочнения, как это было например указано для случая каменной соли.

При определенной ориентировке кристалла нарушение П. может произойти и путем разрыва, а не сдвига. Это будет иметь место в том случае, когда кристалл ориентирован так, что нарушение сопротивления разрыву будет превзойдено раньше, чем тангенциальные напряжения в плоскостях, по которым возможен сдвиг, превзойдут сопротивление сдвигу. Так. обр. при одной и той же $t°$ один и тот же кристалл может под нагрузкой, в зависимости от ориентации, вести себя и как пластичное и как хрупкое тело. В телах поликристаллических П. обусловливается не только сопротивлением сдвигу по кристаллографич. плоскостям отдельных кристаллитов, но и сопротивлением сдвигам на границах зерен. Последнее сопротивление объясняется, с одной стороны, различной ориентировкой плоскостей наименьшего сопротивления сдвигу у разных кристаллитов, а с другой,—большей П. вещества в разделяющем два соседних кристаллита слое. Подобно тому как это имеет место в отношении монокристалла, и в поликристалле сдвиги затрагивают в каждом кристаллите сравнительно немного плоскостей или систем смежных плоскостей. Упрочнение, имеющее место и в отношении тел поликристаллических, здесь повидимому объясняется главным образом возрастанием сопротивления сдвигу на границах зерен. П. поликристаллич. чистых металлов как правило меньше, чем П. твердых растворов, по той же причине, как это указывалось выше в отношении монокристаллов. При уменьшении размеров зерен П. возрастает, ибо параллельно с уменьшением размера зерен и следовательно с увеличением их числа возрастает роль сопротивлений сдвигу на границах зерен. При наличии зерен двух различных типов роль сопротивления сдвигу в результате взаимодействия соседних зерен может еще больше возрасти. В таком агрегатном состоянии наличие более твердой составляющей даже в незначительном проценте может повести к значительному повышению прочности.

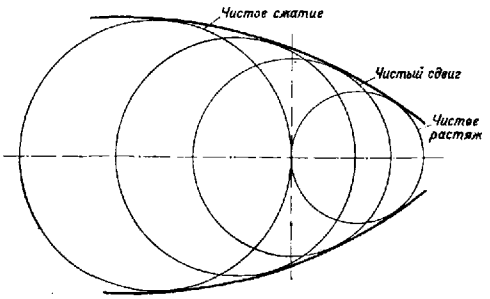
Холодная обработка вследствие вызываемого ею упрочнения может значительно повысить П. материала. Однако весьма интенсивная холодная обработка, доведенная до возникновения местных разрушений, может П. материала понизить. Холодная деформация одного знака также как правило понижает П., в частности предел упругости, в отношении напряжений обратного знака. Напр. растяжение, связанное с появлением остаточных деформаций, повышает предел упругости в случае вторичного растяжения, но понижает предел упругости для случая последующего сжатия. Горячая и холодная обработка значительно изменяет П. тела, создавая преимущественную ориентировку кристаллитов тела. Поэтому прочность прокатанных металлов в направлении вдоль прокатки выше, а в направлении поперек прокатки ниже, чем для необработанного металла. Весьма значительное влияние на П. металлов имеет и термическая обработка. В отношении таких тел, как искусственные и естественные камни, на прочность имеют большое влияние не только механич. свойства агрегатов, входящих в состав тела, но и степень сцепления между отдельными составляющими и степень пористости. Увеличением напр. пористости в значительной мере объясняют понижение прочности бетонов, если при изготовлении их применялся избыток воды против количества, необходимого для завершения химич. процесса твердения раствора. Для тел гигроскопичных, (древесина, ткани и т. д.) особое влияние на П. имеет степень их влажности.

Многообразие причин, обусловливающих П. тел и нарушение этой П., многочисленные аномалии, сопровождающие деформацию и разрушение, как то: упругое последействие, усталость, упругий гистерезис, наличие внутренних напряжений, пороков и т. п. обстоятельства, крайне затрудняют создание достаточно простых и вместе с тем общих теорий, одинаково объясняющих прочность тел из различных материалов и в различных случаях напряженного состояния. Строгое рассмотрение результатов эксперимента и наблюдения над работой материала в лабораторных образцах и в действительных сооружениях приводит многих исследователей к мысли о невозможности создания в этой области каких-либо общих теорий и о необходимости каждый частный случай рассматривать и описывать как чисто индивидуальное явление. Несмотря на всю вескость доводов этих исследователей, отвечая потребности практики в методах аналитич. оценки П. и общему стремлению науки объяснять возможно больший круг явлений одного порядка, исходя из возможно меньшего числа основных положений, был создан целый ряд т. н. теорий П. Если эти теории и не в состоянии вместить любой частный случай деформации и разрушения, то все же многие из них дают возможность объяснить и предвидеть значение П. в достаточно широких пределах. Теперешний уровень наших знаний не позволяет построить теорию прочности, основанную на рассмотрении действительного строения твердых тел и действительной природы явлений деформации и разрушения. Современная электрич. теория кристаллов разрешает вопрос П. только в отношении кристаллов с простейшего типа решеткой и только в отношении частных случаев напряженного состояния; использовать выводы этой теории для расчетной практики пока не представляется возможным. Поэтому в построении теории П. приходится исходить из чисто формальных предположений, выбираемых т. о., чтобы на основе их можно было обнять все или возможно большее число частных слу-

чаев, уже известных из опыта или эксперимента. Поэтому вновь обнаруживаемые свойства и факты очень часто не укладываются в рамки старых теорий и для объяснения этих фактов приходится старые теории видоизменять или заменять другими.

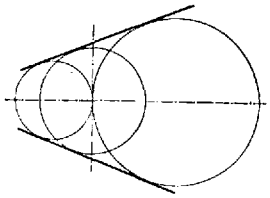
Наиболее ранней из всех теорий П. является теория, основанная на предположении, что пределы П. обусловливаются определенным для данного материала максимальным значением нормального напряжения, при превышении которого начинается деформация или разрушение. Теория эта впервые была выдвинута Галлилеем, затем Лейбницем, Ранкином и др. Согласно этой теории П. определяется только наибольшим по абсолютной величине главным напряжением, и следовательно предельное значение нормальных напряжений для любого случая напряженного состояния то же самое, что и для случая чистого одностороннего растяжения или сжатия. Справедливость этой теории опровергается экспериментом, в частности опытами по всестороннему гидростатич. сжатию. Действительно в случае такого сжатия, при отсутствии пор, тела не деформируются и не разрушаются при сколь угодно большом значении сжимающих напряжений. Расчеты П. на основе этой теории, за исключением случаев чистого растяжения и сжатия, приводят к неправильным выводам. Второй теорией П. была теория, выдвинутая Мариоттом, Сен-Венаном, Грасгофом, Бахом и по недоразумению довольно широко применяемая и до настоящего времени. Согласно этой теории П. обусловливается нек-рой постоянной для данного материала предельной величиной положительного удлинения. Теория эта совершенно не оправдывается опытом. В частности согласно этой теории для металлов, у к-рых число Пуассона, как известно, колеблется между $^1/_3$ и $^1/_4$, предел упругости при сжатии должен был бы быть в 3—4 раза выше, чем при растяжении, что совершенно противоречит действительности. Для расчетов П. и эта вторая теория должна считаться неприемлемой. Попытки внести корректив в эту теорию путем предположения, что кроме предельного значения положительного удлинения существует и предельное значение удлинения отрицательного, также оказались безуспешными. С таким коррективом теория Сен-Венана—Мариотта не может быть увязана с результатами опытов по всестороннему сжатию. Уже в 1773 г. Кулоном была выдвинута третья гипотеза прочности, заключавшаяся в предположении, что нарушения сил сцепления не происходит, пока нигде и ни в каком направлении величина тангенциального напряжения τ не превышает значения $\tau_0+\nu\sigma$, где величина τ_0 есть некоторая постоянная для данного материала, зависящая от силы сцепления, ν—коэф. внутреннего трения и σ—нормальное напряжение к данной площадке. Теория Кулона учитывает т. о. сопротивление сдвигу в результате как сил сцепления, так и внутреннего трения. Для литой стали коэф. внутреннего трения может быть принят равным нулю. В этом случае условие П. должно определяться предельным значением $\tau_{max.}$ максимального тангенциального напряжения. Т. к. максимальное значение тангенциального напряжения выражается через разность между наибольшим и наименьшим из главных нормальных напряжений, то в отношении тел, для которых $\nu=0$, прочность тела согласно теории Кулона может определяться некоторым постоянным для данного материала предельным значением разности главных напряжений σ_x и σ_z, где $\sigma_x > \sigma_y > \sigma_z$. В такой форме эта теория П. была впервые сформулирована Треска. Весьма часто эту теорию называют английской [по Гесту (Guest)—maximum difference stress theory]. В более общей форме теория П., исходящая из рассмотрения величины тангенциальных напряжений, была развита Отто Мором, который положил в ее основу разработанный им же метод графического изображения напряженного состояния тела (см. *Напряженное состояние*). Согласно предположению Мора прочность каждого материала определяется некоторым предельным значением тангенциального напряжения, являющимся в свою очередь функцией величины нормального напряжения к данной площадке. При этом согласно теории Мора среднее по величине из главных нормальных напряжений σ_y не играет роли в нарушении П., и последняя зависит только от значений двух крайних по величине главных напряжений σ_x и σ_z. Это допущение равносильно предположению, что остаточная деформация или разрушение в данной точке может происходить путем сдвигов только по таким плоскостям, в которых лежит средняя по величине главная ось эллипсоида напряжений. Благодаря таким предположениям, предельное значение тангенциального напряжения, определяющее прочность тела для любого пространственного случая напряженного состояния, может быть по Отто Мору представлено нек-рой кривой в плоской системе координат. Из трех кругов, необходимых для изображения по методу Мора напряженного состояния, рассмотрению при суждении о прочности подлежит, вследствие указанных выше предпосылок, только внешний, т. е. наибольший круг. Каждому частному случаю, определяемому известным соотношением крайних значений главных напряжений σ_x и σ_z, должно соответствовать свое предельное значение тангенциального напряжения, переход за к-рое вызывает нарушение П. Следовательно различным частным случаям предельного, т. е. находящегося на границе П., состояния будут соответствовать разные диаметры внешних кругов Мора. Огибающая семейства таких кругов, построенных при сохранении одного начала координат для различных случаев предельного состояния, и будет представлять собою кривую, определяющую предельное для П. значение тангенциального напряжения в ф-ии нормального напряжения к соответствующей площадке. Для построения этой кривой могут быть использованы результаты эксперимента для различных частных случаев, напр. для случаев чистого растяжения ($\sigma_y = \sigma_z = 0$, $\sigma_x > 0$), чистого сжатия ($\sigma_x = \sigma_y = 0$, $\sigma_z < 0$), чистого сдвига ($\sigma_x = -\sigma_z$ $\sigma_y = 0$) и т. д. (фиг. 1). Теория Кулона представляет собой частный случай теории Мора, именно тот, когда огибающие кривые Мора превращаются

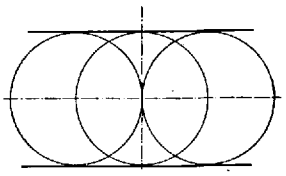
в две прямые (фиг. 2). Теория Кулона в отношении тел, для которых коэф-т внутреннего трения равен нулю, представляет собой тот частный случай, когда эти огибающие кривые превращаются в две параллельные прямые (фиг. 3).



Фиг. 1.

Проведенные с большой точностью эксперименты Бекера (Beckker) в 1915 г. и Лоде (Lode) в 1926 г. показали, что среднее из главных напряжений имеет все же нек-рое, хотя незначительное, влияние на П. тел и что следовательно теория Мора не вполне точна. Принципиально пользуясь теорией прочности Мора, можно за предельное состояние принимать пределы упругости, равно как и пропорциональности, и текучести, а также и П. при разрыве, определяя ординаты огибающей кривой (Grenzkurve) по соответствующим этим пределам данным эксперимента. В частной своей форме, именно для значения коэф. ν, равного нулю, теория Мора дает достаточно точные решения для таких металлов, как сталь и медь. В своей общей форме теория Мора дает результаты, удовлетворительно совпадающие с данными эксперимента в отношении таких хрупких материалов, как бетон, мрамор, песчаник и т. д., для тех случаев, когда разрушение этих материалов происходит путем скалывания. Случаи разрушения тел путем хрупкого разрыва (Zerreissungsbruch, Trennungsbruch) выходят за пределы применимости теории Мора. Недостатком теории Мора являются значительные затруднения математич. порядка при ее применении для сложных случаев пространственного напряженного состояния. Рядом авторов были сделаны попытки внести частичные коррективы в вышеприведенные теории П. Так, Бекер указывал, что наиболее справедливым решением будет сочетание первой и третьей теории прочности. Рейто (Reyto) для объяснения того факта, что линии Пиобера-Людерса-Гартмана имеют разный наклон для случаев сжатия и растяжения, считает необходимым и для мягкой стали учитывать внутреннее трение. Эти поправки не вошли в виду своей сложности и неопределенности в расчетную практику. В 1885 году итальянский математик Белтрами выдвинул предположение, что остающееся деформирование материала начинается тогда, когда для данного элемента объема тела будет превзойдено некоторое зависящее от свойств материала предельное значение энергии упругой деформации. В такой простейшей форме теория Белтрами не может быть увязана с результатами опытов по всестороннему сжатию, так как энергия упругой деформации на единицу объема тела может в таком случае быть доведенной до любой величины без того, чтобы в теле появилась остаточная деформация. Так. обр. и теория Белтрами должна признаваться в качестве общей теории неприемлемой. Однако в дальнейшем эта теория была значительно развита и в нынешней ее формулировке теория прочности, основанная на рассмотрении предельного значения энергии деформации, ближе всего отвечает результатам опытов в отношении пластичных металлов.


Фиг. 2.


Фиг. 3.

Для отнесенной к единице объема энергии или работы деформации A можно дать следующее выражение:

$$A = \frac{1}{2E}(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2) - \frac{\mu}{E}(\sigma_x\sigma_y + \sigma_x\sigma_z + \sigma_y\sigma_z) + \frac{1}{2G}(\tau_{xy} + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2),$$

или через деформации

$$A = G\left\{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_z^2 + \frac{\mu}{1-2\mu}(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z)^2 + \frac{1}{2}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{xz}^2 + \gamma_{yz})\right\},$$

где σ—нормальные напряжения, τ—касательные напряжения, ε—линейные деформации растяжения или сжатия, а γ—деформация сдвига.

Выбор значения A в качестве критерия для определения предельного для прочности состояния является принципиально весьма удачным. Действительно, в выражение для A (см. выше) входят все три нормальные и все три тангенциальные напряжения, а также константы, характеризующие свойства материала, именно модули упругости E, G и коэф. Пуассона μ. Если условно приравнять величину A значению $\frac{\sigma_e^2}{2E}$, то тогда $\sigma_e = \sqrt{2EA}$ может рассматриваться как нек-рое приведенное напряжение, величина к-рого для случая чистого растяжения или сжатия дала бы то же значение энергии деформации, как и данное сочетание напряжений. По предельному значению σ_e, полученному экспериментом для случая растяжения, можно следовательно определить и предельное напряженное состояние для любого частного случая. По теории, выдвинутой M. Huber'ом (1908) и затем Henky, следует величину энергии деформации расчленить на две величины, именно на величину энергии A_g, идущей на изменение формы, и величину энергии A_p, идущей на изменение плотности, причем $A = A_p + A_g$. Согласно теории упругости

$$A_p = \frac{1+\mu}{3(1-2\mu)} Ge^2 = \frac{3(1-2\mu)}{2E} \cdot p^2,$$

где объемная деформация

$$e = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = \frac{3(1-2\mu)}{E} \cdot p,$$

а среднее гидростатическое сжатие

$$p=\frac{1}{3}(\sigma_x+\sigma_y+\sigma_z)$$

и

$$A_g=\frac{1}{12\,G}\left\{(\sigma_x-\sigma_y)^2+(\sigma_x-\sigma_z)^2+(\sigma_y-\sigma_z)^2\right\}+$$
$$+\frac{1}{2\,G}(\tau_{xy}^2+\tau_{xz}^2+\tau_{yz}^2).$$

Если e, а следовательно и p больше нуля, то характеризующим П. по теории Huber'a является полное значение A, если же $e<0$ и $p<0$, то критерием П. является только значение A_g и за приведенное напряжение σ_e следует принимать значение

$$\sigma_e=\sqrt{2EA_g}.$$

Опыты Kármán'a и Геста показали, что теория Huber'a тоже не дает безусловного совпадения с данными эксперимента. Согласно Лоде (1926 г.) зависимость между началом пластической деформации и энергией деформации м. б. сформулирована след. обр.: «для момента наступления текучести материала значение A_g является величиной постоянной». Mises и Schleicher (1925 г.) предложили в качестве кривой, характеризующей предельное для П. состояние, такую кривую, у к-рой абсциссе $x=p=\frac{1}{3}(\sigma_x+\sigma_y+\sigma_z)$ соответствует значение ординаты $y=\sigma_e=\sqrt{2EA}$, определяемое подобно тому, как и для кривой Мора, опытом. Если y будет больше $\sqrt{2EA}$ при определенном значении p, то в теле должны иметь место неупругие деформации, т. е. нарушение П. Дальнейшее развитие и экспериментальное обоснование теорий П., основанных на рассмотрении энергии деформации, дали Roš и Eichinger.

В основе всех вышеизложенных теорий лежит предположение об однородности и непрерывности тела. Общим для всех них является также допущение, что распределение напряжений в предельном состоянии подчиняется тем же законам, как и при упругой деформации. Благодаря таким предположениям, эти теории неприменимы или применимы лишь в качестве некоторого приближения для тел анизотропных (например монокристаллы) или гетеротропных (например прокатный металл, железобетон и т. д.). Эти теории не могут быть увязаны и с особенностями микроструктуры, хотя эти особенности в значительной мере определяют П. материала. Mesnager сделал интересную попытку распространить теорию П. на тела из материала, хотя и однородного, но не непрерывного, именно содержащего редкие сферич. пустоты. На основании своих рассуждений Mesnager приходит к заключению, что условие П. нельзя выразить одной кривой, как это предлагает Мор, а необходимо ввести в рассмотрение для каждого материала две кривые определяющие предельное состояние: одну в отношении хрупкого разрушения, другую в отношении пластич. деформации. Это предположение находит свое подтверждение в опытах Kármán'a, к-рый показал, что материалы, обычно хрупкие, могут пластически деформироваться при известных сочетаниях напряжений σ_x, σ_y и σ_z.

Все приведенные теории относятся к случаю статической нагрузки. В случае многократно прилагаемой (пульсирующей) нагрузки, особенно знакопеременной, условия П. и механизм разрушения коренным образом меняются. Тело может разрушиться при многократно-повторном загружении при напряжениях значительно низших, чем те, которые нужны для нарушения П. при загружении однократном. Разрушение при этом носит характер хрупкого излома (см. *Усталость*). Наоборот, при нек-рых условиях, напр. при высоких $t°$, материал может работать без деформации при быстро меняющих знак напряжениях такой величины, к-рая вызвала бы течение (creep) материала при длительном статич. воздействии. Разрушение при многократно-повторной нагрузке является результатом локализированных перенапряжений в материале, возникающих или вследствие резких изменений сечения или же каких-либо макро-, микро- или ультрамикроскопич. дефектов. Металлографич. исследования показали, что при разрушении от усталости наблюдается появление линий сдвигов, иногда переходящих затем в трещины. Однако опыты Gough'a и Hanson'a выяснили, с одной стороны, что появление сдвигов наблюдалось при напряжении ниже предела выносливости (см. *Усталость металлов*), а с другой, что при сполировании уже появившихся линий сдвигов последующее разрушение может произойти и без появления новых линий скольжения. Т. о. механизм нарушения П. при усталости в основном происходит не путем пластич. деформации. По Haigh разрушение от усталости является результатом многократного перехода вещества из кристаллического в аморфное состояние, что является следствием микроскопич. сдвигов в многочисленных изолированных зонах. Объем этих зон настолько мал, что сдвиги эти не вызывают пластич. деформирования всего тела. Неоднократный переход из одного состояния в другое, связанный с определенным необратимым термодинамическим процессом, влечет за собой израсходование в этих зонах способности материала к пластич. деформации и затем разрушение. Приведенные факты заставляют за критерий для суждения о П. при многократно-повторной нагрузке принимать предел выносливости.

Особому рассмотрению подлежит прочность при ударном воздействии нагрузки (см. *Удар*). При ударном действии нагрузки разрушение в зависимости от условий может быть связано с определенной пластической деформацией или же быть хрупким. Если разрушение происходит лишь после того, как в деформируемом ударном объеме тела по соседству с изломом будет использована вся способность материала к упрочнению, то излом будет пластичным (Verfestigungsbruch, Gleitungsbruch). Наоборот, если разрушение произойдет путем расщепления решетки кристаллитов тела до того, как будут преодолены силы сцепления сдвигу, то разрушение получается хрупким (Trennungsbruch). Тот или иной ход нарушения П. зависит естественно от того, какое из двух сопротивлений—сдвигам или расщеплению—меньше. Как сопротивление сдвигам, так и сопротивление расщеплению увеличиваются в результате упрочнения. Однако упрочнение против сдвига идет как правило быстрее, чем упрочнение против расще-

пления; в результате деформация при ударе начинается и идет путем сдвигов до тех пор, пока в результате большего упрочнения сопротивление сдвигам не станет больше сопротивления расщеплению. После этого только наступит разрушение расщеплением. В результате получается лишь частично хрупкий излом. Ряд условий может однако отодвинуть разрушение расщепления кристаллов на более раннюю стадию деформации. Так например, при понижении $t°$, при значительном увеличении скорости удара и особенно при наличии резких изменений сечения, например надрезе, степень деформированности до разрушения значительно уменьшается, и разрушение получается все более хрупким. В качестве критерия предельного состояния при ударе следовало бы принимать динамич. предел упругости и динамич. временное сопротивление. Так как эти величины обычно выше, чем статич. предел упругости и статич. временное сопротивление, то часто в запас П. при расчетах, напр. рельсов, исходят из свойств, определяющих П. материала при условии неударного загружения.

Теория П. в применении к расчетной практике. При всей принципиальной желательности расчет сооружений, машин и их деталей основывать на наиболее совершенных теориях П., например на учете энергии деформации, фактически в практике расчета применение этих теорий встречается только в качестве исключения, притом скорее исследовательского характера. Объясняется это, с одной стороны, трудностями математич. порядка, связанными с применением этих теорий, а с другой,—недостатком необходимых экспериментальных данных в отношении различных материалов и различных случаев напряженного состояния. В связи с этим в практике расчета в отношении тел, обладающих одинаковыми механич. свойствами при растяжении и при сжатии, применяются только три теории П., именно теория П., основанная на учете главных нормальных напряжений (т. н. первая теория), теория, основанная на рассмотрении максимальных удлинений (т. н. вторая теория) и наконец теория, исходящая из величины главных тангенциальных напряжений (т. н. третья теория П.).

Наиболее совершенной из них является, как выше было указано, третья теория, особенно, если вопрос касается материала, способного подвергаться пластич. деформации, или материала, разрушающегося путем скалывания. Весьма часто однако взамен этой теории применяют первую из перечисленных теорий. Расчет рельсов напр. основывают именно на этой первой теории, полагая, что такой подход лучше обеспечивает рельс от хрупкого излома. Такое решение однако не обеспечивает головку рельса от смятия в результате напряжений от изгиба и от смятия бандажом. Весьма часто из осторожности применяют комбинированную проверку и по первой и по третьей теориям П. Наряду с этими двумя теориями до сего времени широко распространена вторая теория П. Применение до сих пор этой теории, не отвечающей данным эксперимента, объясняется тем, что за длительный период ее распространения были выработаны на основе эксплоатационного опыта соответствующие этой теории допускаемые напряжения. Т. о. несовершенства самой теории до некоторой степени корригировались для обычных комбинаций сил и размеров нормами допускаемых напряжений. Из этого однако следует, что для случаев, выходящих за рамки типовых, применять вторую теорию П. безусловно не следует.

Т. к. чаще всего механические свойства материалов характеризуются результатами испытаний на сжатие или растяжение, то за исходную данность при расчете по всем трем теориям П. принимают допускаемое нормальное напряжение при чистом растяжении; это допускаемое напряжение устанавливают в зависимости от требуемого коэф-та безопасности. Исходя из этого, согласно первой теории П., расчетная величина главного нормального напряжения не должна превосходить допускаемого нормального напряжения при чистом растяжении, по третьей теории наибольшее значение тангенциального напряжения не должно превышать половины допускаемого нормального напряжения при растяжении, по второй же теории П. максимальное удлинение не должно превышать величины удлинения, соответствующего допускаемому нормальному напряжению при чистом растяжении, или, иначе, приведенное напряжение не должно превышать допускаемого нормального напряжения.

Для сравнения результатов, получаемых согласно различным теориям П., приводим следующие цифровые данные для отдельных частных случаев. Диаметры круглого вала, подверженного чистому кручению, подсчитанные по первой, второй и третьей теориям прочности, относятся, как 0,79 : 0,87 : 1. Соответственно этому погонные веса валов будут относиться, как 0,62 : 0,76 : 1. Для случая комбинированного действия изгибающего момента M_x и крутящего момента M_z соотношения диаметров валов и погонных весов, получаемых в результате применения различных теорий прочности, представлены в табл. 1, где диам. и погонный вес вала, подсчитанные по третьей теории П., принимаются за единицу.

Табл. 1.—Соотношения размеров и весов для вала согласно различным теориям П.

Соотношение между M_x и M_z	По 1-й теории П.		По 2-й теории П.		По 3-й теории П.	
	Диам.	Пог. веса	Диам.	Пог. веса	Диам.	Пог. веса
$M_z=0$	1	1	1	1	1	1
$5M_z=M_x$ . . .	1	1	1	1	1	1
$2M_z=M_x$ . . .	0.98	0.91	0.98	0.93	1	1
$M_z=M_x$ . . .	0.95	0.90	0.96	0.92	1	1
$M_z=2M_x$ . .	0,90	0,81	0.93	0,86	1	1
$M_x=0$	0,79	0,62	0,87	0,76	1	1

Для случая растяжения пластинки в двух взаимноперпендикулярных направлениях, т. е. при $\sigma_1\neq 0$ $\sigma_2\neq 0$, $\sigma_3=0$, первая и третья теории приводят к идентичным результатам. Разницу же, получающуюся для этого случая в результате применения третьей и второй теорий, показывает табл. 2.

Для случая равномерного всестороннего растяжения, т. е. при $\sigma_1=\sigma_2=\sigma_3>0$, по третьей теории для однородного и лишенного пустот тела можно допустить бесконечные напря-

Табл. 2.—Соотношение напряжений для пластинки согласно второй и третьей теориям.

Соотношение напряжений	Допускаемое напряжение	
	По второй теории	По третьей теории
$\sigma_2=\sigma_1$	1	1,50
$2\sigma_2=\sigma_1$	1	1,20
$10\sigma_2=\sigma_1$	1	1,03
$\sigma_2=0$	1	1,00

жения, по второй же и первой теориям разрушение должно иметь место уже при напряжениях конечных. Т. о. допускаемые напряжения, исчисленные по второй или по первой теориям и по третьей теории, будут относиться, как $1:\infty$. Для различных сочетаний между $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ отношения между допускаемыми напряжениями, исчисленными по третьей и по второй теориям, могут т. о. колебаться в любых пределах.

Эти примеры показывают всю опасность расчета сооружений по первой и второй теориям П., менее отвечающим результатам эксперимента, чем третья теория. Для тел с различными механич. характеристиками при сжатии и при растяжении все три перечисленные теории становятся неприемлемыми. В этом случае следует при расчетах П. базироваться на объемлющих кривых Мора. Практически часто оказывается возможным эти кривые считать за прямые (фиг. 2), что эквивалентно применению теории Кулона. Для чугуна, для которого временные сопротивления при сжатии и растяжении относятся, как 4 : 1, разрушающее напряжение, определяемое таким путем, для случая чистого сдвига будет равно 0,8 разрушающего напряжения при растяжении, что удовлетворительно согласуется с результатами опыта.

Для тел, П. к-рых резко различна в различных направлениях, весьма часто решающей является не величина наибольшего напряжения, а величина напряжения по тому направлению, по которому П. является наименьшей. Поэтому, напр. в отношении древесины, делается проверка не на главные тангенциальные напряжения, а на скалывающие напряжения вдоль волокон. Наконец определение безопасных напряжений на основе той или иной теории П. в отношении таких сооружений, как клепаные конструкции, железобетон и т. п., является операцией в значительной мере условной. С одной стороны, это происходит потому, что самое определение напряжений по методам строительной механики или теории упругости само по себе в отношении таких конструкций условно, а с другой—и потому, что такие сооружения в громадном большинстве разрушаются не в результате перехода основных напряжений за предел упругости или временное сопротивление, а в результате возникновения неустойчивых форм деформаций или местных напряжений, не учитываемых обычным расчетом.

Лит.: Тимошенко С. П., Теории прочности, Новые идеи в технике, сборник 1, П., 1915; его же, Курс сопротивления материалов, 9 изд., стр. 97—101, М.—Л., 1930; Давиденков Н. Н., Механич. испытание металлов, стр. 105—144, Л., 1930; Пинес Б. Я., Новые теории прочности, «Техника и производство», Л., 1927, 2; Иоффе А. Ф., Кирпичева М. В. и Левитская М. А., Деформация и прочность кристаллов, «Труды Ленинградской физико-технич. лаборатории», М., 1925, вып. 1; Бриджмен Дж., Проблема металлич. состояния, «Успехи физических наук», М.—Л., 1930, вып. 3; Тимошенко С. П., Формулы сложного сопротивления с точки зрения различных теорий прочности, «Известия СПБ политехнического ин-та», СПБ, 1905; Mohr O., Abhandlungen aus d. Gebiete d. technischen Mechanik, 3 Aufl., B., 1928; Nádai A., Der bildsame Zustand d. Werkstoffe, p. 39—50, B., 1927; Timoshenko S. a. Lessels J., Applied Elasticity, p. 497, Pittsburgh, 1925; Mesnager A., Les pierres, p. 80, 130, 134, P., 1923; Mohr O., Über d. Darstellung d. Spannungszustandes u. d. Deformationszustandes eines Körperelementen, «Civil Ingenieur», Freiberg, 1882; Mohr O., Welche Umstände bedingen d. Elastizitätsgrenze u. den Bruch eines Materials, «Z. d. VDI», 1900, p. 1534; Mesnager A., Limites de rupture et de déformation permanente, «Congrès International pour l'essai des matériaux, Amsterdam», La Haye, 1927, t. 1, p. 15—38; Roth, Die Festigkeitstheorien, «Zeitschrift f. Mathematik u. Physik», Leipzig, 1902, v. 48, p, 285; Haigh B. P., The Strainenergy Funktion and the Elastik Limit, «Engineering», L., 1920, v. 109; Griffith A. A., The Theory of Rupture, «Proc. of the First Intern. Congress for Applied Mechanics», Delft, 1924; Mises K., Mechanik d. festen Körper im plastisch deformablen Zustand, «Nachrichten d. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen», Math.-Phys. Klasse, Göttingen, 1913; Henky H., Zur Theorie plastischer Deformationen, «Ztschr. f. angew. Mathematik u. Mechanik», B., 1924, B. 4, p. 323; Kármán Th., Festigkeitsversuche unter allseitigem Druck, «Z. d. VDI», 1911, p. 1749; Föppl A., Bruchgefahr, «Mitteilungen aus dem mech.-techn. Laboratorium in München», Mch., 1900; Rosenhain W., The Plastic Deformation a. Fracture of Metals, «Congrès International pour l'essai des matériaux, Amsterdam», La Haye, 1928; Schwining, Untersuchungen zur Erforschung d. Kerbschlagprobe, ibid., 1928; Becker, The Strength a. Stiffness of Steel under Bi-axial Loading, «Bulletin of the University of Illinois», 85; Guest, Strength of Materials under Combined Stress, «Philosophical Magazine», L., 1900, July; Kàrmán Th., Festigkeitsprobleme im Maschinenbau, «Enzyklopädie der math. Wissenschaften», B. 4, T. 2, H. 3, B.—Lpz., 1910; Lode W., Versuche über den Einfluss d. mittleren Hauptspannung auf d. Fliessen d. Metalle, «Ztschr. f. Physik», Berlin, 1926, B. 36; Westergaard, On the Resistance of Ductile Materials to Combined Stresses, «Journal of the Franklin Inst.», Philadelphia, 1920, May; Roš und Eichinger, Versuche zur Klärung der Frage d. Bruchgefahr, «Eidgen. Materialprüfungsamt», Zürich, 1926; Haigh B., Theory of Rupture in Fatigue, «Proc. of the First Intern. Congress of Applied Mechanics», Delft, 1924.

Н. Щапов.

ПРОЧНОСТЬ ОКРАСОК. Красители, вернее—их окраски на волокнистых материалах, окрашенных и печатных, обладают известной степенью устойчивости, или прочности, по отношению к разным реагентам или воздействиям как при практич. пользовании (напр. при носке), так и при процессах их обработки и химич. *облагораживания* (см.). Главнейшие реагенты, оказывающие действие на окраски при практич. пользовании окрашенных изделий,—свет, погода, вода (дождь), мытье (стирка), пот, трение, утюжка (глажение), уличная пыль, грязь, кислоты, морская вода и др., а при процессах обработки и химич. облагораживания—мытье, валка, вода (промывка), бучение, беление, мерсеризация, карбонизация, декатировка, поттингование (мокрая декатировка, произведенная после крашения), кислоты, щелочи, вулканизация и др. Необходимо заметить, что абсолютно прочных окрасок ко всем указанным реагентам нет, и даже практически прочных во всех отношениях окрасок немного. Этого впрочем в большинстве случаев и не требуется; например чулочные изделия и трикотажное белье, сравнительно мало подвергающиеся действию света, могут быть окрашены красителями не особенно прочными к свету, но зато они д. б. прочными к трению, поту, мытью; наоборот, мебельные ткани, зана-

весы и ковры д. б. окрашены красителями прочными к свету, но они м. б. не так прочны к мытью, и т. д. Окраску изделия практически следует считать прочной, если она по прочности того же порядка (во всяком случае не ниже), что и волокнистый материал, из к-рого изготовлено изделие. П. о. зависит от состава и свойств красителей, от интенсивности окрасок и от волокнистых материалов, например окраски на шерсти нек-рыми субстантивными основными красителями более светопрочны, чем на хлопке; окраски нек-рыми основными красителями (метиленовым синим) на хлопке более светопрочны, чем на ацетатном шелке, другими (ярким зеленым, малахитовым зеленым)—наоборот. Вопросы П. о. различными красителями на волокнистых материалах имеют очень большое значение как для потребителей, так и для производства: недостаточно прочные окраски при процессах обработки окрашенных печатных волокнистых материалов приводят к серьезным бракам—изменению цвета или оттенка окрасок, «сбеганию» и закрашиванию рядом находящихся волокон, а при практич. пользовании непрочные окраски быстро изменяются, «линяют», и преждевременно ухудшают качество изделий. В 1909 г. на 7 Международном конгрессе химиков в Лондоне был выдвинут вопрос о выработке стандартных методов испытаний П. о. волокнистых материалов, а в 1911 г. в Германском химич. об-ве при секции химиков колористов была организована «Комиссия по испытанию П. о.» (Echtheitskommission), разработавшая и опубликовавшая «Методы и нормы испытания прочности красителей на хлопке, шерсти, естественном и искусственном шелках (вискозном, ацетатном)». Сущность методов герм. комиссии в основном заключается в сравнении П. о., полученной испытуемым красителем по определенному стандартному методу (см. *Пробное крашение*), с «эталонами прочности», т. е. с образцами, окрашенными определенными красителями, выбранными комиссией в качестве эталонов, или «типов». Сравнение производится путем параллельного испытания тех и других образцов по разработанным комиссией способам. Типовые красители выбраны т. о., что образуют шкалу постепенно возрастающей П. о. Для всех видов прочности, за исключением света и погоды, установлено 5 ступеней прочности, обозначаемых цифрами (1, 2, 3, 4, 5), причем 1 оценивается низшая, а 5 баллами высшая степень прочности. Для оценки прочности к свету и погоде установлено 8 ступеней, где 1 оценивается низшая, а 8 баллами высшая светопрочность. Для характеристики П. о. типов указаны нормы степени изменения цвета, оттенка красок, сбегания их и закрашивания рядом находящихся белых волокон при испытаниях. С этими изменениями сравнивают изменения, происшедшие в окраске испытуемого красителя, и оценивают баллами, соответствующими степени прочности типового красителя, наиболее близкого по прочности к испытуемому красителю. Методы испытания П. о. германской комиссии получили широкое распространение за границей, но все же они не являются до настоящего времени общепринятыми и тем более стандартными. В СССР эти методы также нашли применение: они приняты напр. за основу в проекте 1929 г. стандартных методов испытаний прочности органич. красителей отдела рационализации и стандартизации НТУ ВСНХ. Методика испытания различных видов П. о. по методам герм. комиссии с изменениями и дополнениями отдела стандартизации и рационализации НТУ ВСНХ сводится к следующему.

1) Прочность к свету—один из важнейших видов П. о.—определяют следующим образом. Испытуемым красителем и типовыми красителями по стандартным рецептам окрашивают хлопок, шерсть, шелк или искусственный шелк в виде ткани или пряжи. Окрашенные образцы ткани или пряжи укрепляют на картоне (ткань наклеивают или пришивают в виде полоски размером до 5×15 *см*, а пряжу наматывают в два-три слоя размером до 5×15 *см*). Одну половину образцов закрывают картоном, а другую оставляют открытой для действия света. Образцы помещают в деревянную остекленную раму, которую выставляют на юг в солнечное место под углом в 45° к горизонту. По истечении известного промежутка времени, длительность к-рого определяется (по проекту стандарта НТУ ВСНХ) почти полным выцветанием слабейшего типового образца и заметным изменением испытуемого образца, сравнивают степень изменения окраски испытуемого красителя с типами и оценивают баллами. Продолжительность испытания зависит от климатич. и атмосферных условий: например в Ленинграде в летние месяцы она доходит до 1—2 мес. для окрасок на хлопке и до 2—3 мес. для окрасок на шерсти. С целью ускорить испытания и сделать их независимыми от климатич. условий предложены искусственные источники *инсоляции* (см.)—федометр, кварцево-ртутная лампа и др.; из них лишь федометр дает результаты, близкие к результатам испытаний, произведенных естественным освещением (отклонение 1—2 балла). Инсоляция с помощью кварцево-ртутной лампы дает для нек-рых красителей значительные отклонения.

2) Прочность к погоде. Испытания П.о. к свету, произведенные в раме под стеклом, несколько искажают результаты по сравнению с естественными условиями носки, т. к. стекло не пропускает некоторых солнечных лучей (ультрафиолетовых); поэтому одновременно с этим испытанием производятся совершенно аналогичные испытания на воздухе без стекла. Такое испытание называется испытанием к погоде, т. к. здесь кроме света действуют дождь (вода), пыль, щелочи и к-ты, находящиеся в атмосфере. Во избежание действия дыма сернистого газа испытания к погоде следует производить в атмосфере, свободной от этих реагентов (лучше всего вдали от городов).

3) Прочность к мытью (стирке) имеет также большое значение, т. к. большинство окрашенных волокнистых материалов подвергают обработкам в мыльных растворах как во время производственных процессов при промывках, так и в домашнем обиходе при стирке. Окрашенные испытуемым красителем и типами хлопок или шерсть в виде

пряжи сплетают в косички с белой мытой шерстяной и беленой хлопковой пряжей.

При испытании окраски ткани ее помещают между отрезками беленой хлопковой и мытой белой шерстяной ткани, свертывают в трубочку и перевязывают в двух местах нитками. Испытание заключается в том, что приготовленные указанным образом косички или ткань, содержащие выкраски (испытуемым красителем и типами), порознь обрабатывают в растворе мыла, содержащем 5 *г* мыла и 3 *г* кальцинированной соды в 1 *л* (для окрасок на хлопке) или 10 *г* мыла и 0,5 *г* соды в 1 *л* (для окрасок на шерсти) при 40 и 100° (для хлопка) или при 50 и 80° (для шерсти) в течение $^1/_2$—1 ч. (для хлопка) или $^1/_4$—$^1/_2$ ч. (для шерсти). Перед окончанием испытания образцы косичек или ткани вынимают, отжимают, опять погружают в раствор мыла и опять вынимают. Эту операцию повторяют 5—10 раз, после чего образцы промывают и высушивают. Степень изменения окраски испытуемого красителя, сбегания ее на белые шерсть и хлопок сравнивают с типами и оценивают баллами.

4) Прочность к воде имеет своей целью косвенным образом установить прочность окраски к дождю. Окрашенные испытуемым красителем и типами хлопок, или шерсть, шелк, искусственный шелк в виде пряжи сплетают в косички с белой хлопковой, шерстяной и шелковой пряжей. При испытании окрашенной ткани поступают таким же образом, как указано при испытании прочности к мытью. Косички (или ткань) с выкрасками испытуемым красителем и типовыми красителями отдельно помещают при 20° в дистиллированную воду на 18 ч. (для окрасок на хлопке) или на 24 ч. (для окрасок на шерсти). После испытания косички, не промывая, высушивают; происшедшие изменения в испытуемой окраске сравнивают с типами и оценивают баллами.

5) Прочность к поту окрасок на шерсти и хлопке косвенным образом испытывают путем обработки растворами, содержащими поваренную соль, уксуснокислый аммоний и уксусную к-ту, по действию приближающимися к человеческому поту. Образцы для испытания (косички или полоски ткани) изготовляют так же, как и для описанных выше испытаний. Косички или ткань с выкрасками испытуемым красителем и типами порознь помещают при 45° на $^1/_2$ ч. в раствор, содержащий 5 *г* поваренной соли и 6 *см*³ аммиака в 1 *л*; по истечении этого времени к раствору прибавляют ледяную уксусную к-ту из расчета 7,5 *см*³ в 1 *л* и образцы выдерживают еще $^1/_2$ ч. Во время этих испытаний образцы вынимают, отжимают и опять погружают в раствор. Эту операцию повторяют 10 раз в первые полчаса и 10 раз во вторые полчаса. После этого образцы вынимают, отжимают, сушат. Степень изменения испытуемой окраски, сбегания ее, сравнивают с типами и оценивают баллами.

6) Прочность к трению испытывают след. обр. По окрашенным испытуемым красителем и типовыми красителями хлопку или шерсти (в виде пряжи или ткани) трут по длине 10 *см* 10 раз в обоих направлениях указательным пальцем, предварительно обернув его неаппретированным миткалем. Степень закрашивания беленого хлопка испытуемым красителем сравнивают с типовыми и оценивают баллами.

7) Прочность к утюжке испытывают путем глажения утюгом (весом 4 *кг* и с $t°$ 200°) хлопковой или шерстяной ткани, окрашенных испытуемым красителем и типами. При этом хлопковую ткань утюжат, предварительно покрыв ее влажным (со 100% влаги) беленым миткалем, до тех пор, пока этот миткаль не высохнет. Шерстяную ткань утюжат, непосредственно касаясь ее утюгом в течение 10 сек., следя за тем, чтобы она не опаливалась. Степень изменения испытуемой окраски, сбегания ее на беленый миткаль, сравнивают с типами и оценивают баллами.

8) Прочность к щелочам окрасок на хлопке и шерсти имеет целью косвенным образом установить П. о. к уличной пыли, имеющей щелочную реакцию вследствие содержания в ней извести и аммиака. Шерстяную или хлопковую ткань, окрашенную испытуемым красителем и типами, смачивают раствором, содержащим 10 *г* едкой извести и 10 *г* аммиака в 1 *л*, высушивают и чистят щеткой. Степень изменения испытуемой окраски сравнивают с типами и оценивают баллами.

9) Прочность к действию кислот (неорганических и органических) окрасок на хлопке испытывают путем смачивания хлопка, окрашенного испытуемым красителем и типами 10%-ным раствором серной к-ты, в одном месте, в другом—30%-ной уксусной к-той и в третьем—дистиллированной водой. Степень изменения испытуемой окраски сравнивают с типовыми образцами и оценивают баллами.

10) Прочность к «оживке» окрасок на хлопке имеет значение при обработке окрашенных полушелковых тканей (изготовленных из хлопка и шелка) растворами к-т при т. н. оживке. Окрашенный испытуемым красителем и типами хлопок порознь обрабатывают в растворе молочной к-ты (5 *г* в 1 *л*) при обыкновенной $t°$ в течение 5 мин.; после этого следуют отжим и сушка. Степень изменения окраски сравнивают с типами и оценивают баллами.

11) Прочность к кипячению с кислотами окрасок на хлопке имеет значение при крашении в кислой ванне полушерстяных или полушелковых тканей, изготовленных из окрашенного хлопка и белой шерсти или шелка. Хлопковую пряжу окрашивают испытуемым красителем и типами и сплетают в косички с беленой хлопковой и мытой белой шерстяной пряжей. Косички с выкрасками испытуемого красителя и типов порознь кипятят в течение 1 ч. в растворе бисульфата натрия («огарков»). Степень изменения испытуемой окраски, сбегания ее на белые волокна, сравнивают с типами и оценивают баллами.

12) Прочность к «окуриванию серой» имеет значение при белении окрашенных полушерстяных, шерстяных, шелковых или полушелковых тканей сернистым газом. Испытание заключается в том, что из окрашенной испытуемым красителем и типами хлопковой, шерстяной или шелковой пряжи изготовляют косички с белой мытой шерстяной и шелковой пряжей. Косички порознь предварительно замачивают при обыкновенной $t°$ раствором мыла (5 *г* в 1 *л*), отжимают и все вместе помещают в камеру, наполненную сернистым газом, на 12 часов; после этого косички промывают, отжимают и сушат. Степень изменения испытуемой окраски, сбегания ее на белые волокна, сравнивают с типами и оценивают баллами.

13) Прочность к хлору (к гипохлоритам кальция или натрия) окрасок на хлопке имеет значение при отбелке гипохлоритами нестротканых хлопковых или льняных тканей, изготовленных из окрашенной хлопковой пряжи. Испытуемым красителем и типами окрашивают хлопковую пряжу, после чего сплетают в косички с беленой хлопковой пряжей. Одну группу косичек, содержащих выкраски испытуемым красителем и типами, предварительно замачивают в горячей воде, отжимают, а потом порознь обрабатывают при обыкновенной $t°$ в течение 1 ч. в растворе гипохлорита натрия, содержащем 1 *г* активного хлора и 0,3 *г* соды в 1 *л*. Другую группу косичек обрабатывают в растворе белильной извести, содержащем 3 *г* активного хлора в 1 *л*. После этой обработки косички промывают водой, кислуют, затем опять промывают, отжимают, высушивают и оценивают испытуемую окраску баллами по сравнению с типами.

14) Прочность к отбелке окрасок на шерсти имеет значение при белении перекисью водорода, перекисью натрия гл. обр. нестротканых шерстяных тканей, изготовленных из окрашенной шерсти. Испытуемым красителем и типами окрашивают шерстяную пряжу, после чего ее сплетают в косички

с хлопковой, шерстяной и шелковой пряжей белого цвета. Косички, содержащие выкраски испытуемым красителем и типами, порознь обрабатывают в течение 12 ч. в остывающем растворе перекиси водорода (20 ч. 10—12%-ной перекиси водорода в 100 ч. воды), начиная с 45—50°. После этого образцы промывают, сушат и испытуемую окраску оценивают баллами по сравнению с типами.

15) Прочность к действию перекиси натрия окрасок на хлопке имеет значение при белении пестротканых хлопковых тканей (изготовленных из окрашенного хлопка) растворами перекиси натрия (при т. н. «кислородном» способе отбелки), а также растворами гипохлоритов и перекиси натрия при смешанном способе («хлорном» и «кислородном»). В связи с этим испытание производят по двум методам. По одному методу испытуемым красителем и типами окрашивают хлопковую пряжу и сплетают ее в косички с беленой хлопковой пряжей. Косички с выкрасками испытуемым красителем и типами порознь предварительно обрабатывают в растворе диастафора (1 *г* в 1 *л*) при 60° в течение 10—12 ч., а затем—в растворе перекиси натрия (3 *г* в 1 *л*), повышая *t*° в течение $^3/_4$ ч. до 90°, а потом выдерживая при этой *t*° еще $^3/_4$ ч. В заключение промывают, кислуют и опять промывают. Испытание по другому методу заключается в том, что сначала косички обрабатывают диастафором, раствором белильной извести (1 *г* активного хлора в 1 *л*), а потом обрабатывают раствором перекиси натрия, как в первом методе. Степень изменения испытуемой окраски, сбегания, сравнивают с типами и оценивают баллами.

16) Прочность к кипячению с содой окрасок на хлопке имеет значение при отварке с содой пестротканых хлопковых тканей, изготовленных из окрашенного хлопка. Испытуемым красителем и типами окрашивают хлопковую пряжу и сплетают ее в косички с суровой хлопковой пряжей. Косички кипятят в течение 1 ч. в растворе соды (10 *г* кальцинированной соды в 1 *л*); после этого их промывают, сушат и испытуемую окраску оценивают баллами по сравнению с типами.

17) Прочность к «бучению» окрасок на хлопке имеет значение при белении пестротканых хлопковых тканей—при отварке их («бучении») в растворе едкого натра. Изготовленные вышеуказанным образом косички испытывают по двум методам: по одному методу их кипятят в течение 6 ч. в растворе едкого натра (10% едкого натра в 40° Bé от веса косички), после чего промывают. Второй метод отличается от первого лишь тем, что при отварке с едким натром прибавляют 1% лудигола (нитробензолсульфокислоты), предупреждающего сбегание окрасок у нек-рых кубовых красителей. После обработки следует оценка испытуемой окраски баллами по сравнению с типами.

18) Прочность к мерсеризации имеет значение при мерсеризации окрашенных хлопковых тканей или пряжи. Испытуемым красителем и типами окрашивают хлопковую пряжу и сплетают ее в косички с беленой хлопковой пряжей. Косички помещают в раствор едкого натра в 30° Bé на 2 минуты при обыкновенной температуре; для лучшего смачивания образцов прибавляют смачивающие вещества вроде престабитового масла. После мерсеризации следуют промывка, кисловка, опять промывка, сушка и оценка баллами.

19) Прочность к валке имеет очень большое значение для окрасок на шерсти, подвергающихся процессу валки (см. *Суконное производство*) при отделке суконных, шерстяных и полушерстяных тканей. Испытуемым красителем и типами окрашивают шерстяную пряжу и сплетают ее в косички с белой мытой шерстяной и беленой хлопковой пряжей. Косички подвергают испытанию по двум методам: по одному методу валка производится в нейтральной среде, причем косички обрабатывают в растворе мыла (20 *г* в 1 *л*) при 30° в течение 2 ч.; перед началом и концом обработки косички хорошо валяют в руках. По другому методу валка производится в щелочной среде, причем косички обрабатывают в растворе мыла и соды (50 *г* мыла и 5 *г* соды кальцинированной в 1 *л*) при 40° в течение $2^1/_2$ ч.; через каждые 15 мин. косички валяют 5—6 раз на специальных валяльных досках. После валки образцы косичек промывают, сушат и степень изменения испытуемой окраски, сбегания, оценивают баллами по сравнению с типами.

20) Прочность к карбонизации имеет значение для окрасок на шерсти, подвергающихся *карбонизации* (см.). Испытуемым красителем и типами окрашивают шерстяную пряжу и сплетают в косички с белой мытой шерстяной пряжей. Изготовленные косички обрабатывают в растворе серной к-ты в 5° Bé в течение $^1/_2$ ч. при обыкновенной *t*°; после этого образцы отжимают (до 100% влаги) и высушивают при 80° в течение 1 ч. В заключение следуют промывка, нейтрализация раствором соды, опять промывка, сушка и оценка испытуемой окраски баллами по сравнению с типами.

21) Прочность к декатировке имеет значение для окрасок на шерсти, подвергающихся *декатировке* (см.). Испытуемым красителем и типами окрашивают шерстяную ткань и испытывают по двум методам: по одному методу окрашенный образец ткани помещают между двумя слоями декатировочного сукна, накатанного на декатировочный цилиндр, и запаривают в течение 10 мин. под давлением в $^1/_2$ *atm* (по другому методу применяют давление в $1^1/_2$ *atm*). После декатировки испытуемый образец ткани сравнивают с типами и оценивают баллами.

22) Прочность к поттингованию имеет значение для окрасок на шерсти. Испытуемым красителем и типами окрашивают шерстяную ткань и подвергают испытанию по двум методам: по одному—шерстяную ткань складывают с белой мытой шерстяной тканью и туго накатывают на стеклянную палочку т. о., чтобы окрашенный образец был под белой тканью, затем хорошо завязывают и обрабатывают 2 ч. в дистиллированной воде при 90°; второй метод отличается от первого лишь тем, что обработку производят в водном растворе, содержащем 1 *г* мыла в 1 *л*. После поттингования образцы промывают, сушат и испытуемую окраску оценивают баллами.

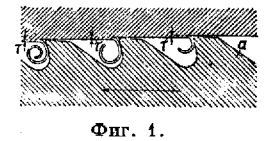
23) Прочность к действию морской воды имеет значение для окрасок на шерсти, подвергающихся этому действию при перевозке окрашенной шерсти морским путем. Испытуемым красителем и типами окрашивают шерстяную пряжу и сплетают с белой мытой шерстяной пряжей в косички, эти косички помещают на 24 ч. при обыкновенной *t*° в водный раствор, содержащий 30 *г* поваренной соли и 6 *г* хлористого кальция в 1 *л*; в заключение следуют промывка, сушка и оценка баллами.

24) Прочность к вулканизации имеет значение для окрасок на хлопке и шерсти, подвергающихся горячей и холодной вулканизации. Испытание этого вида прочности (по проекту стандарта НТУ ВСНХ) производится так: испытуемым красителем и типами окрашивают хлопковую или шерстяную ткань, после чего для испытания прочности к горячей вулканизации выкраски подвергают нагреву в течение 40 мин. при $2^1/_2$ *atm* в автоклаве, а для испытания прочности к холодной вулканизации образцы окрашенных тканей покрывают с помощью стеклянного валика смесью бензина, скипидара, хлористой серы и вазелина, высушивают в сушильном шкафу при 40° в течение 2 мин. В заключение сравнивают степень изменения испытуемой окраски с типами и оценивают баллами.

Лит.: Петров П., Викторов П. и Малютин Н., Химич. технология волокнистых веществ, Ив.-Вознесенск, 1928; Методы, нормы и типы для испытания прочности окрасок на хлопке и шерсти, «Известия текстильной промышленности и торговли», М., 1928, *12*, 1929, *10*; Проект стандарта методов испытаний прочностей органич. красителей, М., 1929; Проект стандарта методов испытания красителей на ткани на прочность к вулканизации, М., 1930; Heermann P., Färberei- u. textilchemische Untersuchungen, 5 Aufl., B., 1929; Verfahren, Normen u. Typen f. Prüfung d. Echtheitseigenschaften von Färbungen auf Baumwolle, Wolle, Seide, Viscosekunstseide u. Acetatseide, 1928; Handb. d. Färberei d. Spinnfasern, bearb. v. R. Loewenthal, B. 1—2, 3 Auflage, Berlin, 1921—1923.

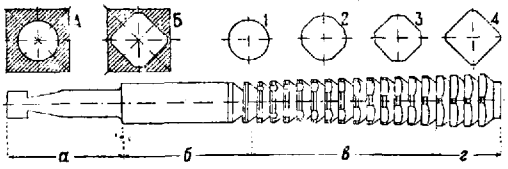
Д. Грибоедов.

ПРОШИВКА, протаска, уширение отверстий, метод обработки резанием при помощи многорезцового инструмента с прямолинейным рабочим движением. Самый инструмент также называется прошивкой, протаской или оправкой для уширения отверстий. Сущность работы П. состоит в следующем (фиг. 1): инструмент, снабженный постепенно возвышающимися зубьями *a*, протягивается через предварительно обработанное отверстие, причем каждый зуб снимает стружку незначительной толщины τ, а в результате действия всех зубьев П. отверстие получает требуемую форму. На фиг. 2 изображена П. для выработки четырехугольного отверстия *Б* из круглого *А*. Для этого форма зубьев делается такой, как показано на сечениях 1—4, с тем, чтобы последние зубья придали отверстию его окончательную форму. П. разде-



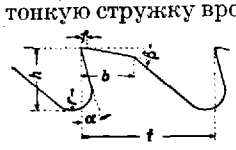
Фиг. 1.

ляется на следующие части: 1) зажимная часть *а*, к-рая укрепляется в ползуне прошивочного станка, 2) вводная или проверочная часть *б*, к-рая должна легко входить в уширяемое отверстие и служит



Фиг. 2.

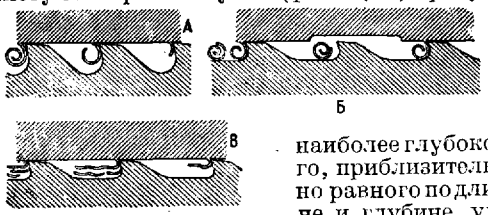
одновременно для насаживания на П. обрабатываемого предмета и для проверки размера первоначального отверстия (слишком малое отверстие может вызвать поломку прошивки вследствие перегрузки зубьев), 3) рабочая или конусная часть *в*, снабженная режущими зубьями, и 4) калибровочная или цилиндрическая часть *г*, на к-рой все зубья делаются одинаковой высоты и формы, соответствующей окончательной форме отделанного отверстия; последняя часть П. снимает лишь очень тонкую стружку вроде шабера и т. о. отделывает вчистую отверстие.



Фиг. 3.

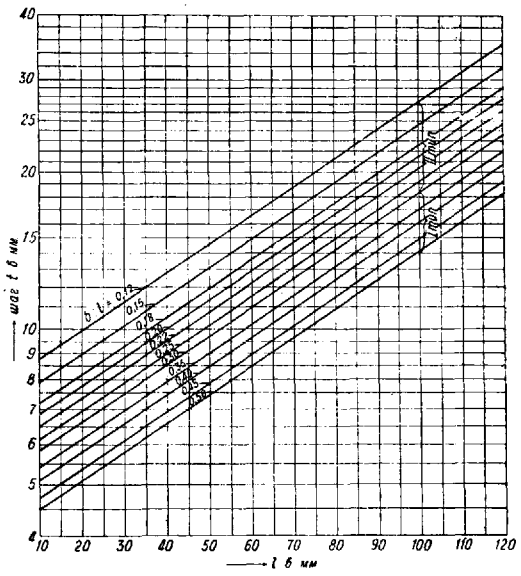
Характерными величинами для зубьев П. являются шаг t (фиг. 3), угол груди α, угол задней заточки β, ширина лезвия b, глубина зуба h, ширина фаски f и радиус внутреннего закругления r. Правильная работа П. возможна лишь при правильном выборе величин отдельных элементов зуба.

Шаг t (фиг. 3) зависит от длины обрабатываемой поверхности и от рода обрабатываемого материала. П. работает в замкнутом отверстии и удаление образующейся стружки возможно лишь по окончании работы; поэтому в течение процесса обработки вся снимаемая одним зубом стружка должна свободно умещаться во впадине зуба. Объем, занимаемый стружкой, зависит гл. обр. от длины обрабатываемой поверхности, от числа перерывов в работе (каждая новая стружка образует особую спиральку) и от рода стружки, к-рую дает обрабатываемый материал—скручивающуюся или волнистую. Первый случай (фиг. 4, А) требует



Фиг. 4.

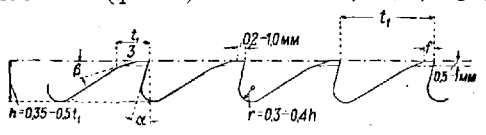
наиболее глубокого, приблизительно равного по длине и глубине углубления зуба; во втором и третьем случаях (фиг. 4, Б и В), наоборот, углубление д. б. развито главным образом в направлении длины. Из условия плавности работы желательно, чтобы в отверстии находилось одновременно в работе не менее двух, в крайнем случае—одного зуба; из условий достаточной смазки максимальное число одновременно работающих зубьев не должно превышать шести; лишь при смазке под давлением, подводимой к каждому отдельному зубу, это число м. б. повышено до восьми. Шаг П. можно вычислить, пользуясь следующими соображениями: пространство F_1 для помещения стружки равно $k_1 h(t-b)$, где $k_1 \cong 0{,}7 \div 0{,}8$—отношение площади впадины зуба и площади прямоугольника со сторонами $t-b$ и h. Площадь, занимаемая стружкой F, в свою очередь равна $F_2 = k_2 \tau l$, где k_2—коэф-т разрыхления материала в форме стружки, τ—толщина стружки, приходящейся на один зуб, а l—длина обрабатываемого предмета. Из равенства $F_1 = F_2$ получаем, принимая для зубьев первого типа $b = \frac{1}{3} t$, $h = 0{,}3 \div 0{,}5 t$, $k_1 = 0{,}7$, $k_2 = 3$, $\tau_{max} = 0{,}15$ *мм*, $t_1 = (1{,}4 \div 1{,}8)\sqrt{l}$, где t_1 и l даны в *мм*; для зубьев второго типа при $b = 0{,}2t$, $h = 0{,}12 \div 0{,}25 t$, $k_1 = 0{,}8$, $k_2 = 4$, $\tau_{max} = 0{,}15$ *мм* получаем $t_2 = (1{,}9 \div 2{,}8)\sqrt{l}$, причем в обоих случаях меньшее значение коэф-та при корне соответствует большему значению глубины зуба; графически эта зависимость для зубьев обоих типов с отношениями $h : t = 0{,}3$; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5 для первого типа и 0,12; 0,15; 0,18; 0,20; 0,22 и 0,25 для второго изображена на диаграмме фиг. 5.



Фиг. 5.

Когда требуется особая точность и чистота обработанной поверхности, необходимо во избежание появления следов дрожания делать деление неравномерным, для чего достаточно изменять шаг t последовательно на 0,2—0,5 *мм* у трех-пяти последовательных зубьев и затем повторять эти деления по всей длине П.

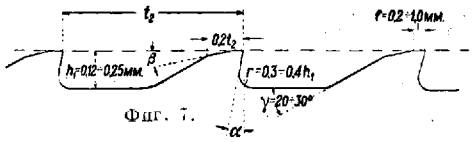
Глубина h зуба (фиг. 3) у зубьев первого типа (фиг. 6) обычно $h = 0{,}35 \div 0{,}5\ t_1$; у



Фиг. 6.

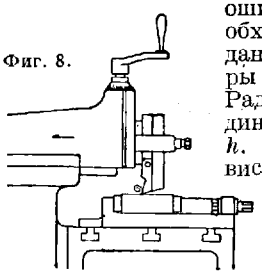
зубьев второго типа (фиг. 7) $h_1 = 0{,}12 \div 0{,}25\ t_2$. Надежным способом для правильного определения необходимых размеров глубины

зуба и вообще впадины является снятие пробной стружки: для этого делают резец с острием, точно копирующим форму острия будущей П. (в круглых П.—длину дуги



Фиг. 7.

между двумя стружкоразбивателями) и строгают на шепинге тянущим резанием (фиг. 8) кусок металла, по длине и материалу соответствующий в точности подлежащему обработке предмету. Размер и характер получающейся стружки даст возможность безошибочно определить необходимые для обработки данного отверстия размеры углубления зубьев П. Радиус закругления впадины берется $r=0,3\div0,4\ h$. Угол груди α зависит от материала; значения его: для бронзы, медного литья, дельта-металла 2—4°, для чугуна, ковкого чугуна, стального литья 0—4°, для алюминия и легких сплавов 4—7°, для твердой стали, никелевой и инструментальной сталей 13—15°, для мягкой стали, сварочного и литого железа 15—17°.


Фиг. 8.

Фаска f имеет назначением: 1) служить направляющей для зуба и 2) ослабить износ (уменьшение размеров) П., зубья к-рой точатся по их лобовой поверхности (поверхности груди). Ширина фаски зависит от величины шага и м. б. взята в следующих пределах:

Шаг t, *мм*	<6	6—10	10—18	18—30	30—50
Ширина фаски f, *мм*	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0

Ширина лезвия b делается у зубьев первого типа $b=\frac{1}{3}\ t$, а у зубьев второго типа $b=0,8\div1,0\ h$; угол задней заточки делают для литого металла (чугун, бронза, медное и стальное литье) $\beta=3$—4°; для железа и литой стали $\beta=4$—7°. Дальнейшее очертание спинки зуба у прошивки первого типа делают по прямой, касательной к окружности впадины, а у зубьев второго типа под углом 20—30° к оси П. до пересечения с прямой дна впадины, с к-рой спинка соединяется дугой круга достаточно большого радиуса.

Подача П.—величина, на к-рую один зуб выступает над предыдущим,—определяется из условия прочности П. в ее наиболее слабом месте (обычно у первого зуба) или из мощности имеющегося в распоряжении прошивочного станка. Сопротивление резанию P в *кг* будет

$$P=q\cdot k_3\cdot\sigma_1\cdot n_{max},$$

где q—площадь стружки в *мм*², снимаемой одним зубом, n_{max}—максимальное число зубьев П., работающих одновременно,

$$n_{max}=\frac{l}{t}+1$$

(берется лишь целая часть отношения $\frac{l}{t}$, а дробная отбрасывается), k_3—коэф., равный 1,1—1,3, учитывающий влияние трения П. о стенки уширяемого отверстия, σ_1—сопротивление материала резанию в *кг/мм*²:

	σ_1 в *кг/мм*²	$\sigma_1:\sigma_2$*
Для обычного цветного литья	50—70	4,5—6
» среднего чугуна	60—100	4,5—6
» твердого чугуна, ковкого чугуна и стального литья	90—130	4,5—6
» мягкой стали и ковкого железа, сименс-мартеновской строительной стали	110—170	2,5—3,2
» никелевой и инструментальной стали, твердой сименс-мартеновской стали	160—240	2,5—3,2
» твердого цветного литья:		
» бронзы, рюбеля, фосфористой бронзы, дельта-металла и т. п.	70—100	4—5,5

Приравняв силу P сопротивлению на растяжение П. в наиболее слабом ее месте (обычно у первого зуба или в зажиме), получим окончательно:

$$q=\frac{F_n\sigma_2}{k_3\sigma_1 n_{max}},$$

где F_n—площадь сечения П. в наиболее тонком месте в *мм*², σ_2—допустимое напряжение на растяжение материала П. (для инструментальной стали $\sigma_2=10\div12$ *кг/мм*², для высоко легированной стали 12—15 *кг/мм*²).

Ход вычисления элементов П. следующий: заданы материал детали, длина, начальная и конечная формы обрабатываемого отверстия; по материалу определяют тип зуба, затем по длине и выбранному отношению $\frac{h}{t}$ получают t, откуда уже получают n_{max}. Зная h и первоначальную форму отверстия, определяем площадь сечения П. по первой впадине F_n, откладывая по периметру отверстия глубину зуба h. Теперь известны все данные для вычисления q. Полученное значение проверяют на силу станка и на максимальную и минимальную толщину стружки, а именно $\tau=0,01\div0,15$ *мм*, меньше τ делать нельзя, т. к. зубья будут мять материал, а не резать, при τ большем 0,15 *мм* обрабатываемая поверхность становится слишком грубой. Проверив q и зная общую площадь, подлежащую снятию, определяют число рабочих зубцов П.

$$Z_1=\frac{F_4-F_3}{q},$$

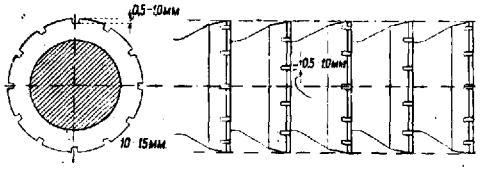
где F_3 и F_4—первоначальная и окончательная площадь обрабатываемого отверстия в *мм*². Зная Z_1, получаем общую длину L П. по следующей формуле:

$$L=(Z_1+Z_2)t+1{,}2l+l_1,$$

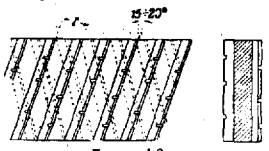
где Z_2—число калибровочных зубьев, равное 4—6, l—длина обрабатываемого предмета, а l_1—длина части П., укрепляемой в станке от наружной поверхности упора для обрабатываемого предмета до конца П. при крайнем переднем положении ползуна станка. Затем рабочая длина П. $L_1=(Z_1+Z_2)t+1{,}2l$ проверяется по условию $L_1<S$, где S—ход ползуна станка, а L проверяется по условию максимальной длины П., к-рая по соображениям производства не д. б. более 1 *м*. В том случае, если длина П. выходит из указанных пределов, работу разбивают на 2, 3 и более отдельные операции; при этом промежуточные П. не снабжаются калибровочными зубьями, а направляющая часть каждой П. делается в соот-

* σ_2—врем. сопротивление материала на разрыв.

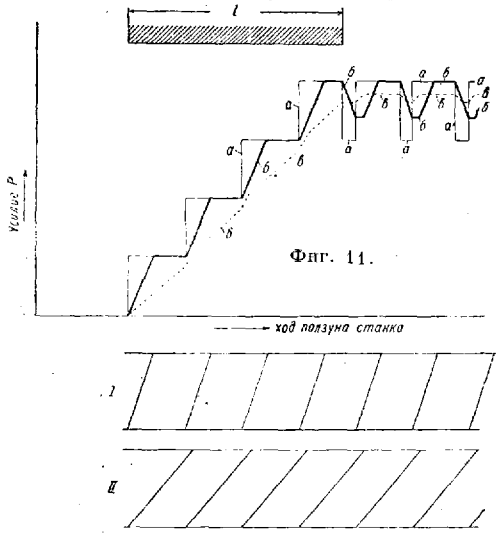
ветствии с формой последнего зуба предыдущей П. с таким расчетом, чтобы она входила с небольшой игрой (для круглых частей с легкой вращающейся посадкой—см. *Допуски*) в отверстие, обработанное при предыдущей операции; выступающие края направляющей части П. скашиваются с целью более легкого введения ее в подлежащее обработке отверстие. Форма последовательных зубцов прошивки выбирается так, чтобы приходящаяся на каждый зубец площадь снимаемой стружки по возможности точно равнялась вычисленному q, причем необходимо выдерживать условие правильной толщины стружки, так что если толщина последней получается слишком малой, то уменьшают периметр лезвия с соответственным увеличением τ путем образования стружкоразбивателей или просто подвергая обработке одним зубом лишь части периметра отверстия. Вообще рабочие зубья должны лишь обработать стенки отверстия с недомерком 0,01—0,015 *мм*, каковой снимается калибрующими зубьями. Два последних зуба и все калибрующие зубья не снабжаются стружкоразбивателями. Последние представляют собой канавки в 0,5—1,0 *мм* шириной и 0,5—0,8 *мм* глубиной, выфрезованные у режущей кромки лезвия со стороны спины зуба (фиг. 9); ширина полей между стружкоразбивателями берется 10—15 *мм*. Размеры калибровочных зубьев для частей с точными допусками берутся так,



Фиг. 9.

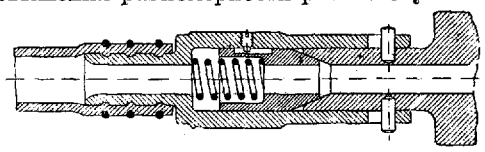


Фиг. 10.

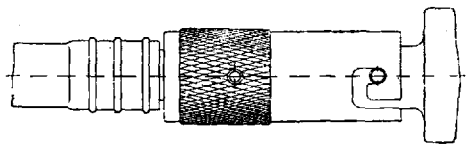


Фиг. 11.

чтобы $^1/_3$ допуска лежала в зубе, т. е. размер зуба $D=D_n+\Delta_{min}+\frac{1}{3}\delta$, где D_n—номинальный размер, Δ_{min}—минимальная игра (зазор или натяг) и δ—величина допуска (+ для свободных и —для прессовых посадок). Для повышения равномерности рабочего усилия

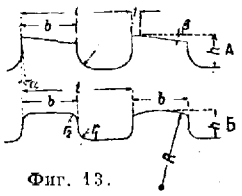


Фиг. 12.



П., особенно призматические, делаются часто с наклонными зубьями; угол наклона выбирается т. о., чтобы начало последующего зуба перекрывало конец предыдущего (фиг. 10), при этом однако угол наклона не должен превышать 15—20°. Диаграмма рабочих усилий П. с прямыми зубьями (фиг. 11, кривая *а*) и с зубьями двух различных наклонов *I* и *II* (фиг. 11, кривые *б* и *в*) показывает, насколько более равномерны усилия и плавны их изменения при правильном угле наклона зубьев.

Смазка при коротких отверстиях подводится обычно из капельника к месту входа П. в обрабатываемое отверстие; при более длинных целесообразнее введение смазки под давлением через канал, высверленный в теле П., к каждому отдельному зубу. Присоединение подводящего смазку рукава к П. должно быть легко разбирающимся, так как его приходится разбирать перед каждым рабочим ходом станка; образец такой конструкции со штыковым затвором изображен на фиг. 12. Отверстия для подвода смазки к зубьям выгоднее просверливать не перпендикулярно к оси П., а наклонно (под углом ~ 45°), т. к. тогда они менее ослабляют сечение П. Для производства особо точных и гладких отверстий применяются специальные П.-г л а д и л к и, к-рые снабжены одними калибровочными и гладильными зубьями. Первые работают шабрением, а гладильные зубья—уплотнением поверхностного слоя металла за счет остаточных деформаций. Форма калибровочных зубьев показана на фиг. 13, А; шаг t берется по ф-ле $t=1{,}4\sqrt{l}$ для 125 *мм* $> l >$ 20 *мм*, для более коротких отверстий $t\leqslant\frac{l}{3}$, для отверстий длиннее 125 *мм* $t\geqslant\frac{l}{6}$; длина спины $b=0{,}5t$, угол $\alpha=0°$ для хрупкого (литого) материала, для вязкого 1—2°; угол β—для бронзы и отливок—1—2°, для вязкого материала 2—3°, ширина фаски f берется по тем же нормам, что и для обычных П.; глубина зуба $h=0{,}3\div0{,}4\,t$; радиус закругления $r=0{,}1\div0{,}15\,t$; подача калибровочных зубьев гладильной П. делается весьма малой—порядка 0,003—0,005 *мм*, весь припуск на

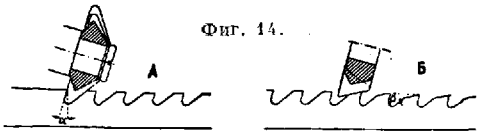


Фиг. 13.

операцию дается 0,1—0,15 *мм*. Форма гладильных зубьев изображена на фиг. 13, Б. Шаг их делается иногда равным шагу калибровочных зубьев, иногда же, особенно в случаях коротких отверстий, уменьшается на 15—20%. Максимальное число одновременно работающих гладильных зубьев не должно превышать десяти. Размеры зубьев: $b=0{,}5\ t$, $h=0{,}25\ t$, $r_1=0{,}1\ t$, $r_2=0{,}1\div 0{,}12\ t$; $R=0{,}6—0{,}8\ t$. Припуск на уплотнение делают чрезвычайно незначительным—порядка 0,003—0,005 *мм* на все гладильные зубья, которых вообще говоря делают 6—10 шт. Последние зубья делают обычно 0,001—0,002 *мм* выше окончательного размера обработанного отверстия и доводят до правильной величины после обработки пробной детали и измерения фактически полученных размеров отверстия. Гладильные зубья должны быть отполированы до зеркального блеска.

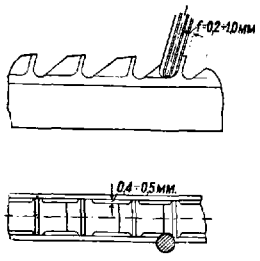
Данные о точности и качестве поверхности обработанных П. отверстий см. *Точная обработка отверстий*.

Производство П. Для изготовления П. применяют углеродистую сталь (1,1—1,3% C), легированную и обыкновенную сталь для цементации (в обоих случаях < 0,2% C, <0,04% P и S, легированная сталь хороша состава 0,15—0,18% C, 0,8—0,9% Cr и 3—4% Ni) и быстрорежущую сталь; хорошо себя зарекомендовали для П: 1) из низко легированных сталей—сталь с 1,0% C,



Фиг. 14.

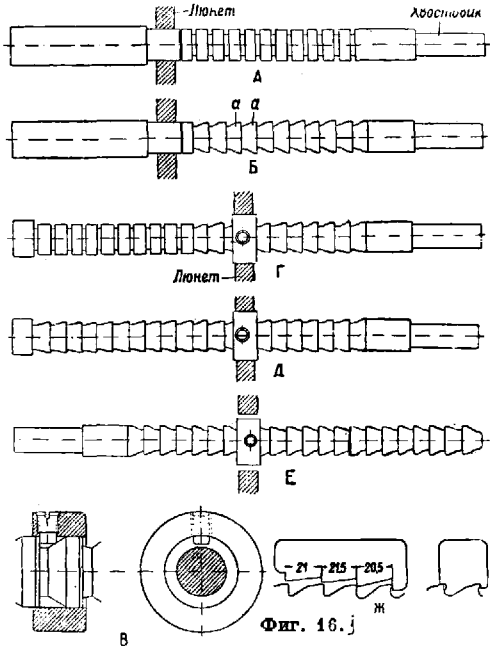
0,8% Mn, 1,5% W, 1—1,2% Cr (закаливать в масле при 800°), 2) из средне легированных—сталь с 1,5% C, 10% Cr, 0,5% V (нагревать до 950° и закаливать при 850° в масле, или лучше, струе воздуха), 3) из высоко легированных—сталь с 1,4% C, 14% W, 3,5% Cr (закаливать в струе воздуха). Сложность формы и большая длина П. делают закалку ее очень трудной. Для успешности закалки важно соблюдение следующих условий: нагрев в вертикальном положении по возможности в закрытом муфеле, а еще лучше в отрезке газовой трубы с промежутками, заполненными мелким древесным углем. Опускание в охлаждающую жидкость также в вертикальном положении; нагрев лучше вести медленно до 450—500°, а затем быстро повысить $t°$ до $t°$ закалки (750—850°, смотря по сорту стали), для нагрева удобно применение ванных печей. После закалки иногда отпускают до 250°. Перед закалкой все острые выступающие углы профиля П. следует закруглить хотя бы и очень малым радиусом, так как иначе они при нагреве легко сгорают или обезуглероживаются и таким образом при работе скоро снашиваются. П. тонкие и особо сложного профиля полезно перед закалкой



Фиг. 15.

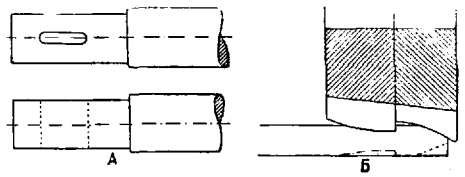
отжигать для уничтожения внутренних напряжений, вызванных механич. обработкой.

Механич. обработка призматич. прошивок производится на строгальных и фрезерных



Фиг. 16.

станках и сводится к следующему. Отрезанную в надлежащий размер полосу материала простругивают со всех четырех сторон на продольностроГальном станке, принимая во внимание необходимое увеличение размеров к заднему концу для подачи П. Размеры делаются больше требуемых на величину припуска на шлифовку (0,15—0,25 *мм* на стороне). Затем соответственной формы фрезерами, с наклоненной под углом α к столу осью (фиг. 14, А) выфрезовывают углубления зубьев, после чего угловым фрезе-



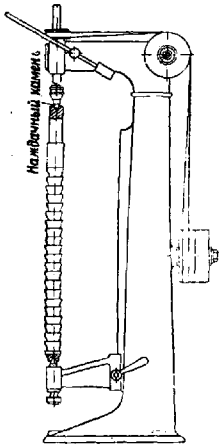
Фиг. 17.

ром снимают затылки (фиг. 14, Б). В том случае, когда боковые поверхности П. не несут зубьев (напр. в П. для шпоночных канавок), снимают также затылки и у боковых поверхностей зубьев б. ч. пальцевым фрезером (фиг. 15). Круглые П. обтачивают на токарном станке. Сначала обрабатывают цилиндрическую зажимную и направляющую части и место для люнета, после чего смещением центра задней бабки устанавливают надлежащую конусность. Затем ставят заготовку на центры и в неподвижный люнет и разметив зубья выбирают канавки прямоугольным резцом, оставляя по дну 1—2 *мм* (фиг. 16, А), затем обрабатывают начерно затылки (фиг. 16, Б), оставляя 0,8—1,5 *мм* на чистовую обточку (на диаметре); при этом делают два отмеченных зуба a равного диаметра—они служат при дальнейшей обработке для поста-

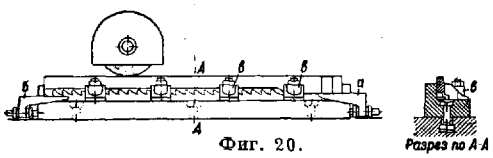
новки особого кольца (фиг. 16, В), скользящего при последующей обработке в подшипнике неподвижного люнета; после установки кольца и пригонки его в люнете обтачивают остальную часть П.* (за исключением двух последних зубьев) также в два приема (фиг. 16, Г и 16, Д). Для обточки последних зубьев перевертывают П. (фиг. 16, Е) и обтачивают их на центрах, освободив люнет. Затем заготовку отжигают для уничтожения возможных напряжений, возникших при обдирке, и в случае необходимости правят на прессе между центрами. После отжига в той же последовательности, что и раньше, начисто обрабатывают зубья, проверяя шаг и форму впадин особыми калибрами (фиг. 16, Ж), оставляя припуск на обработку по 0,3—0,5 *мм* на диаметре и 0,2—0,4 *мм* на груди зуба. Затем на фрезерном станке в делительной головке фасонными фрезерами вырабатывают форму зубьев, после чего отделывают зажимный конец: прорезают на продольно фрезеровальном станке отверстие для клина (фиг. 17, А) или вырабатывают фасонными фрезерами щеки для захвата защелками (фиг. 17, Б). Затем в фрезерном станке на делительной головке при помощи циркулярной пилы вырезают в шахматном порядке стружкоразбиватели. Окончательно подготовленную т. о. к закалке П. штемпелюют (с обязательным указанием предельных длин обрабатываемых отверстий) и затем закаливают указанным выше способом. После закалки П. ставят между центров на поверочный станок и, отмечая мелом места выгибов, выправляют ее способом, изображенным на фиг. 18. После правки П. подготовляют к шлифовке, для этого в П., обрабатываемых на центрах, вычищают центровые отверстия и вышлифовывают их на особых станочках (фиг. 19). Плоские П. зажимают на магнитных столиках и шлифуют сначала боковые поверхности, затем основание в особом приспособлении (фиг. 20), снабженном установочными клиньями *а*, *б* и боковыми зажимами *в*, *в*, *в*. Грудь зубьев шлифуется фасонным диском (фиг. 21, А), после чего шлифуют фаски до требуемого размера торцовой частью чашечного диска (фиг. 21, Б). Придав оси диска наклон β, шлифуют затылок зуба (см. фиг. 21, В), оставляя фаску требуемой ширины. Круглые П. шлифуют сначала по фаскам на круглошлифовальном станке до требуемого диаметра (см. фиг. 22, А), затем фасонным диском или диском с наклонной осью (см. фиг. 22, Б) шлифуют затылки зубьев, доводя фаску до требуемой ширины + припуск на шлифовку груди. Последней шлифовальной операцией круглых П. является шлифовка груди с помощью конич. чашечного диска (фиг. 22, В). Окончательная отделка зубьев П. совершается вручную с помощью масляного оселка, к-рым сначала спускают плавно заднюю кромку фаски, не трогая однако ее передней части (фиг. 23); затем очень твердым оселком снимают заусенцы со всех кромок П. Гладильные зубья обтачивают обычно на токарном станке с помощью пружинящего резца (фиг. 24, А), затем закаливают и после правки шлифуют с помощью фасонных дисков на круглошлифовальном станке с припуском в 0,4—0,6 *мм* на полировку, после чего полируют на токарном станке посредством полировалки из твердого дерева (фиг. 24, Б), снабженной соответствующей формы вырезом. Полируют сначала мелким наждаком с маслом, затем серным цветом с



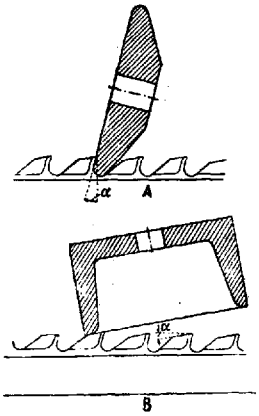
Фиг. 18.



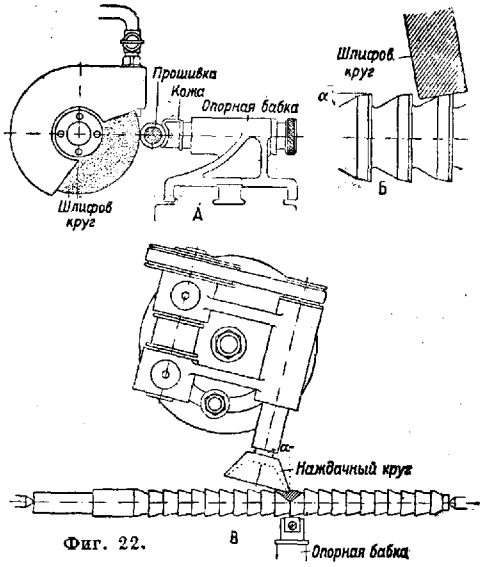
Фиг. 19.



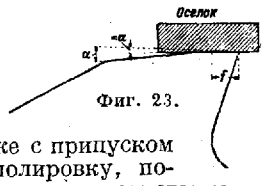
Фиг. 20.



Фиг. 21.

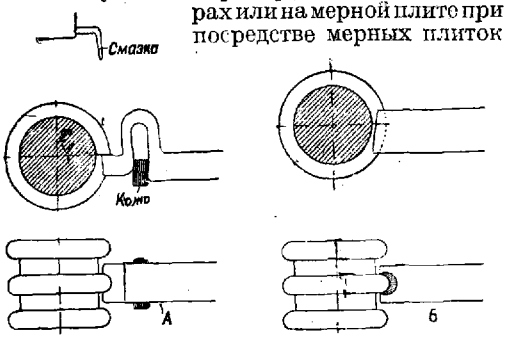


Фиг. 22.



Фиг. 23.

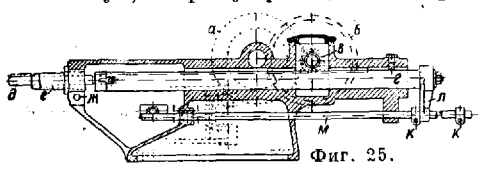
маслом и наконец высокий глянец получают, полируя крокусом при посредстве куска кожи. Готовую П. контролируют обычно в центрах или на мерной плите при посредстве мерных плиток



Фиг. 24.

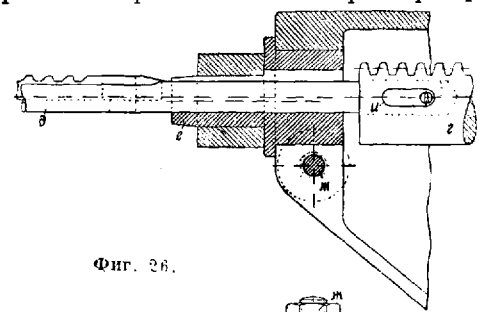
и мерных индикаторов. Затем следует обработка пробных деталей, причем полученное отверстие тщательно проверяется на правильность размеров и гладкость стенок, для чего часто приходится деталь распиливать по отверстию.

Прошивочные станки по конструкции весьма несложны. Основными деталями являются станина, снабженная опорной поверхностью для обрабатываемого предмета, и движущийся по направляющим в этой станине ползун, к к-рому присоединяется рабо-



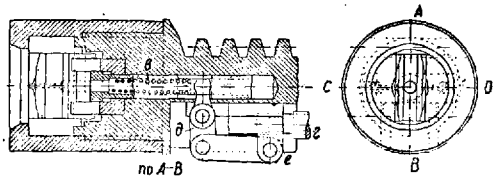
Фиг. 25.

чий инструмент—П. По способу передачи движения ползуну различают прошивочные станки с винтовым, зубчато-реечным и гидравлич. приводами. Схема устройства прошивочного станка с реечным приводом изображена на фиг. 25. Шкив *а* через перебор *б*

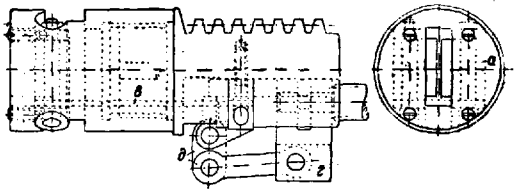


Фиг. 26.

и шестерню *в* приводит в движение цилиндрич. зубчатую рейку *г*, к которой присоединяется П. *д*. Обрабатываемый предмет устанавливается на лобовой поверхности станка на особой муфте или оправке *е* (фиг. 26), к-рая закрепляется в станке затяжным болтом *жс* при посредстве рукоятки *з*. Укрепление П. в рейке станка производится или посредством клина *е*, как на фиг. 26, или при помощи захвата, освобождающего П. по окончании рабочего хода. Длина рабочего хода устанавливается зажимами *к*, *к* (фиг. 25), в к-рые упирается втулка кронштейна *л*, скрепленного с рейкой и переключающего автоматически через штангу *м* рабочий ход на обратный. Соединение с помощью клина неудобно, т. к. в начале каждого хода приходится разбирать это соединение, чтобы продеть П. через отверстие обрабатываемого предмета (на фиг. 26 изображена П. для прорезания канавок, размеры к-рой таковы, что она проходит через отверстие обрабатываемого предмета без разборки П.); два типа автоматич. щипцов даны на фиг. 27а и 27б:

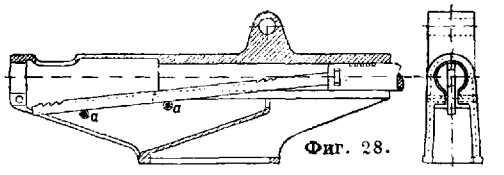


Фиг. 27а.



Фиг. 27б.

а—с захватами *а*, двигающимися по направляющим *б* и освобождающими П. после разжатия их клином *в*, приводимым в движение стержнем *г* через систему рычагов *д* от упорки *е*, и б—с вращающимися щеками *а*, разжимаемыми клином *б*, сидящим на ползуне

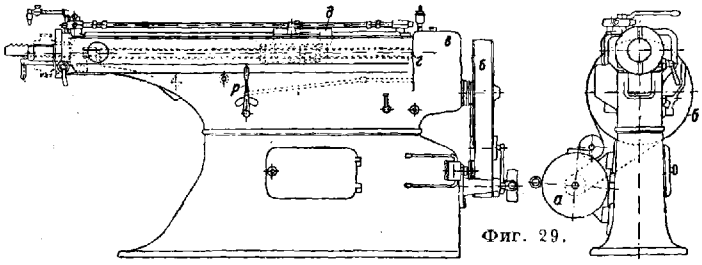


Фиг. 28.

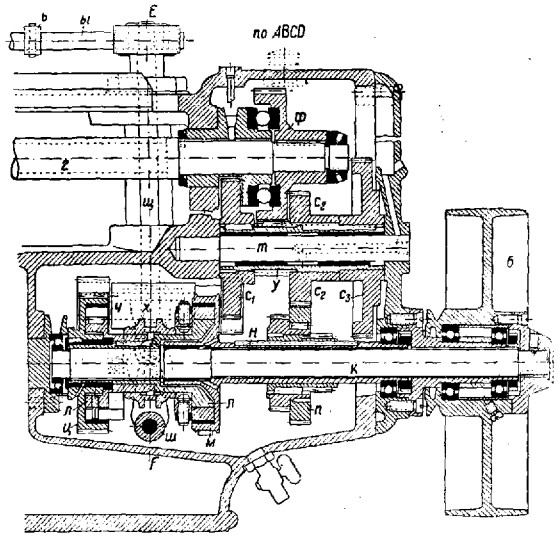
в, приводимом в движение также от упорки *г* через систему рычагов и тяг *д*. Освобожденная по выходе из головки станка П. падает вниз (фиг. 28), опирается на особые направляющие ролики *а*, *а* и через отверстие в передней части станины выходит наружу, где ее принимает рабочий.

Более совершенный двухшпиндельный винтовой прошивочный станок изображен на

фиг. 29, электромотор *а* приводит через ременную передачу с натяжным роликом шкив *б*, от к-рого движение через коробку передач *в* (изображенную отдельно на фиг. 30) передается двум винтовым шпинделям *г*, сообщающим прямолинейное движение ползуну *д* (фиг. 31), ходящему по направляющим *е*, *е*. Гайки *же*, *же* укреплены шарнирно в балансире *з*, шарнирно же скрепленном с телом ползуна, к к-рому и крепится П.; такое устройство гарантирует центральное приложение силы *к* ползуну и отсутствие перекосов

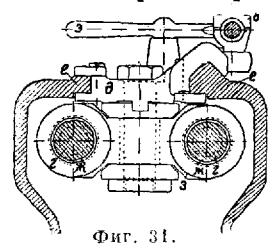


Фиг. 29.



Фиг. 30.

в виду возможности неравномерной передачи усилий на отдельные шпиндели *г* и *г*. В коробке скоростей (фиг. 30) шкив *б* через главный вал *к* приводит во вращение внутренние части *л*, *л* двух фрикционных муфт; фрикционный барабан правой муфты *м* жестко соединен с полым валом *н*, свободно вращающимся на валу *к* и несущим строенные передвижные шестеренки *п*. Перемещение последних осуществляется при посредстве рычага *р*, причем они зацепляются с шестернями c_1, c_2 и c_3, сидящими на промежуточном валу *т*, соединенном с шестерней *у*, приводящей в движение через зубчатые колеса $ф_1$ и $ф_2$ оба ходовых винта. При положении, изображенном на фиг. 30, ползун имеет максимальную скорость, при передвижении шестеренок *п* направо—минимальную, а влево—среднюю. Обратный ход осуществляется передвижением влево разжимного конуса *х* муфт, чем включается левая фрикционная муфта, барабан к-рой *ч* несет на себе зубчатую нарезку, зацепляющуюся с вспомогательной шестеренкой, сидящей на валу *ч* и передающей через шестерню c_1 вращение рабоч. винтовым шпинделям *г*, *г* с максимальной скоростью независимо от рабочей скорости. Включение и выключение фрикционн. муфт производится перемещением разжимного конуса *х* посредством вилки *ш*, соединенной системой рычагов и тяг с валиком *щ*, поворачиваемым через шестеренку зубчатой рейкой, нарезанной на штанге *ы*; перемещение последней совершается или автоматически от ползуна в его крайних положениях посредством упора *ъ* или в любой момент от руки рычагом *э*. Чтобы вследствие инерции частей в моменты останова ползун не переводил через холостое положение муфт и не включал непосредственно следующего хода (напр. после рабочего—обратный), что легко может повести к авариям, в момент выключения муфт вступает в действие тормозная цепь *ю*, действующая на обод фрикционного барабана муфты переднего хода и затормаживающая быстро все движущиеся части. В табл. 1 приведены эксплоатационные данные винтовых прошивочных станков.



Фиг. 31.

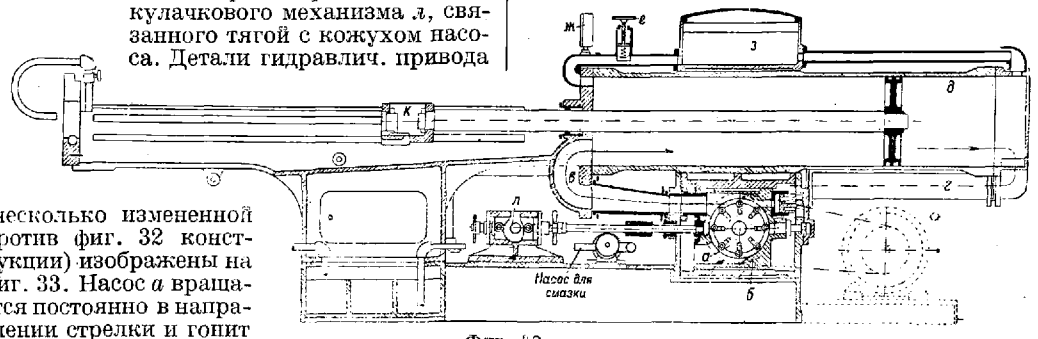
Наиболее современным типом прошивочных станков являются станки с гидравлич. приводом. Расположение органов такого станка изображено на фиг. 32. Давление рабочей жидкости (обычно масла) создается приводимым в движение от трансмиссии ротативным насосом *а*; производительность его и направление подачи жидкости изменяются постепенно перемещением кожуха насоса *б*. Из насоса масло по трубам *в* или *г* (для обратного хода) поступает в ту или другую полость рабочего цилиндра *д*. Предохранительный клапан *е* и манометр *же* служат для предохранения от возможной перегрузки станка. Резервуар *з* служит вместилищем для запасного масла, возмещающего утечку и

Табл. 1.—Эксплоатационные данные винтовых прошивочных станков (завода Дольца и Злотта в Ковель, Германия).

Тип станка	Мощность мотора в HP	Ход ползуна в мм	Диам. отверстия в упоре в мм	Вес в кг	Занимаемая площадь в м	Рабоч. скорости в м/мин	Фактич. тяговое усилие в кг	Наибольшие размеры канавки, вырезаемой за один ход*, ширина×глубина×длина в мм	Максим. объем, вытесняемый за 1 ход в см³	Время рабочего хода в сек.	Время обратного хода в сек.	Время одной операции в сек.	Часовая производительн. в шт.
DSN I	3	600	58	370	0,4×1,2	1	4 050	10×4,5×65	2,92	36	12	52	60—70
						2	2 030	8×4×50	1,60	18	12	33	100—110
						3	1 350	6×3,3×40	0,80	12	12	28	120—130
DSN II	6	1 000	80	650	0,46×1,82	1	10 800	18×7×115	14,5	60	20	85	40—42
						2	5 400	14×5,4×95	7,2	30	20	55	60—65
						3	3 600	12×5×80	4,8	20	20	45	75—80
DSN III	12	1 300	120	1 050	0,5×2,3	1	21 600	21×9,2×150	33,1	78	26	110	28—32
						2	10 800	20×7,8×135	21,0	39	26	71	45—50
						3	7 200	16×6,5×110	11,4	26	26	58	55—60
DSN IV	18	1 600	150	1 700	0,64×2,75	1	32 400	32×11,5×210	77,4	96	32	136	24—26
						2	16 300	21×9,2×160	35,3	48	32	88	38—41
						3	10 800	20×8×140	22,4	32	32	72	45—50

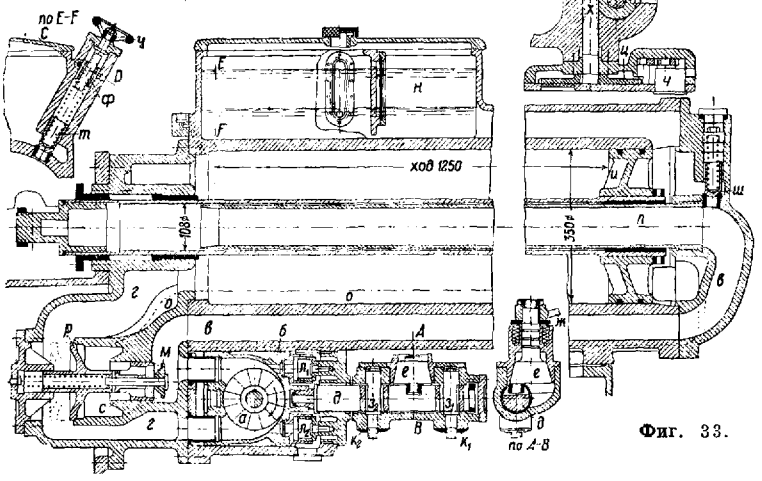
* В сименс-мартеновской стали с временным сопротивлением на разрыв 50—60 кг/мм².

t°-ные колебания объема рабочей жидкости. Перемещение кожуха насоса, а вместе с тем и изменение рабочей скорости и направления движения ползуна $к$ совершается вручную или автоматически через посредство особого кулачкового механизма $л$, связанного тягой с кожухом насоса. Детали гидравлич. привода (несколько измененной против фиг. 32 конструкции) изображены на фиг. 33. Насос $а$ вращается постоянно в направлении стрелки и гонит масло в зависимости от положения кожуха $б$ в ту или другую сторону: при перемещении кожуха вправо масло гонится из канала $в$ в канал $г$, при перемещении влево—наоборот, при среднем положении кожуха (фиг. 33) подача масла равна нулю. Перемещение кожуха осуществляется ползуном $д$, приводимым в движение кривошипиком $е$, поворачиваемым (автоматически или вручную) рукояткой $же$, крайние положения ползуна (а вместе с тем и величины подачи насоса) фиксируются эксцентрич. пальцами $з_1$ и $з_2$; т. о. величина подачи насоса, а следовательно и скорость движения рабочего поршня $и$, зависят от угла поворота этих двух пальцев; угол этот, выраженный непосредственно в скорости поршня, отсчитывается на циферблатах $к_1$ и $к_2$. Для выравнивания давления масла в выводных каналах насосного кожуха устроены уравнительные поршеньки $л_1$ и $л_2$. При рабочем ходе (положение, как на фиг. 33) масло нагнетается в канал $г$ из канала $в$, что обусловливает движение поршня $и$ вправо. Т. к. объема масла, доставляемого из канала $в$, насосу нехватает, то в канале $в$ возникает разрежение, сво-



Фиг. 32.

бодно двигающийся клапан *м* откроется и насос начнет присасывать масло из запасного резервуара *н* через канал *о*, сообщающийся с задней полостью рабочего цилиндра. При переключении хода на обратный произойдет следующее: масло начнет нагнетаться из канала *г* в канал *в*, сообщающийся с внутренним цилиндром обратного хода *п* в штоке поршня, вследствие чего поршень начнет двигаться влево, но т. к. вытесняемый при этом из передней полости рабочего цилиндра объем масла гораздо больше, чем объем, необходимый для соответственного обратного хода, то давление в канале *в* начнет повышаться. Следствием этого явится закрытие клапана *м* и затем перемещение нагруженного пружиной и обычно закрытого клапана *р* влево под влиянием составляющего с ним одно целое поршенька *с*, служащего седлом клапана *м*. Открытие клапана *р* сообщает переднюю полость рабочего цилиндра с каналом *о* и дает возможность утечь излишнему объему масла в запасный резервуар. Для установки предельного усилия прошивания имеется предохранительный клапан *т*, сообщающий переднюю полость рабочего цилиндра с запасным масляным резервуаром. Степень натяжения пружины клапана *т*, производимого маховичком *у*, передается через снабженную рейкой гайку *ф*, и шестереночный валик *х*, шайбе *ц*, градуированной в *кг*; положение шайбы *ц*, а вместе с тем и натяжение пружины предохранительного клапана, застопоривается американским замком *ч*. Небольшой предохранительный клапан *ш* установлен на канале *в* во избежание опасного повышения давления при обратном ходе поршня.

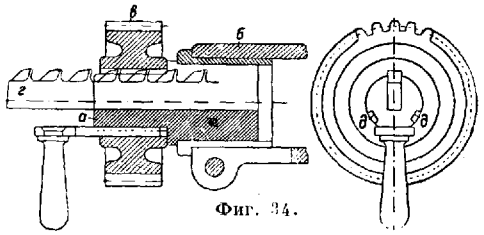


Фиг. 33.

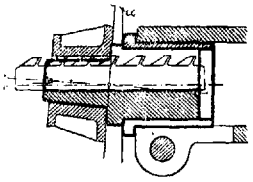
Наименее совершенной из всех систем прошивочных станков является зубчато-реечная, так как у этих станков невозможно совершенно избежать неравномерностей и ударов при движении рабочей рейки, отчего эти станки применяют гл. обр. для неответственных работ; их преимуществом является простота устройства, дешевизна и сравнительно высокий кпд (0,55—0,50). Винтовые станки работают значительно более спокойно, чем предыдущие, но не достигают в этом отношении гидравлических; единственными недостатками последних являются сложность устройства и дороговизна.

Прошивочные станки с механическим приводом строятся обычно трехскоростные, а именно: 1 *м/мин*—для гладильных работ и уплотнения поверхности отверстий при прошивке особо трудных или крупных фасонных отверстий, тонких внутренних зубчатых венцов, винтообразных канавок и т. п.; 2 *м/мин*—для П. простых фасонных отверстий, многошпоночных канавок, в обычной стали средней твердости и простых шпоночных канавок в особо твердых или неоднородных материалах (специальные стали и кованые бронзы, неоднородное чугунное и стальное литье); 3 *м/мин*—для П. простых шпоночных канавок и простейших фасонных отверстий в мягкой стали, хорошем чугуне и т. п.; и для обратного хода. В гидравлических прошивочных станках рабочие скорости м. б. без опасения повышены вдвое, а скорости обратного хода даже доведены до 20—30 *м/мин*.

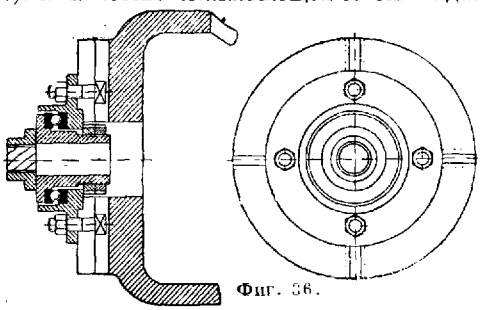
Простейшей работой на прошивочном станке является выемка канавок. Для этой работы применяют призматич. П. (аналогичную изображенной на фиг. 15), к-рая своей нижней частью без игры ходит в вырезе специальной оправки *а* (фиг. 34), зажимаемой в


Фиг. 34.

головной конец станка *б* и служащей опорой для обрабатываемого предмета *в* и направляющими для П. *г*. В случае необходимости прорезать несколько канавок под определенными углами в оправке в соответственных местах выфрезовывают канавки *д*, *д* и затем после обработки на детали первой канавки устанавливают ее против соответствующей канавки на оправке и, вдвигая в нее шпонку с ручкой, фиксируют положение детали для прорезания следующей канавки. Иногда для той же цели применяют поворотное устройство с делительным кругом. Для прорезания канавок в конич. отверстиях параллельно образующей применяют особые оправки с осью наклоненной к линии движения П. (фиг. 35). Мелкие предметы (например шайбы) обычно подвергают П. целыми партиями, складывая их стопкой и прошивая одновременно. Для П. винтовых канавок (возможно лишь конечно с пологими


Фиг. 35.

нарезками) применяют для опоры обрабатываемой детали вращающиеся оправки, причем для большей легкости вращения их ставят на шариковые опорные подшипники (фиг. 36). В качестве смазывающей и охлаждающей жидкости при П. америк. источники рекомендуют применять: а) для алюминия и легких сплавов—смесь из 9 ч. керосина и 1 ч. минерального смазочного масла; б) для стали всех сортов, ковкого чугуна, бронзы, меди, монель-металла, стального литья и сварочного железа—смесь из 89 частей минерального смазочного масла и 11 частей масла из животного жира (преимущественно из свиного—лярдовое масло); в) для мягкого цветного литья, латуни, листового железа и фибры—смесь из 94,5% минерального и 5,5% лярдового масла. Применение П. для обработки отверстий чрезвычайно выгодно при массовом производстве, когда значительная стоимость самого инструмента распределяется между большим числом обработанных деталей. Продолжительность обработки при этом часто сокращается в 100 и более раз по сравнению с обработкой на долбежном станке, заменявшей прежде П. В табл. 2 дано время обработки некоторых деталей.

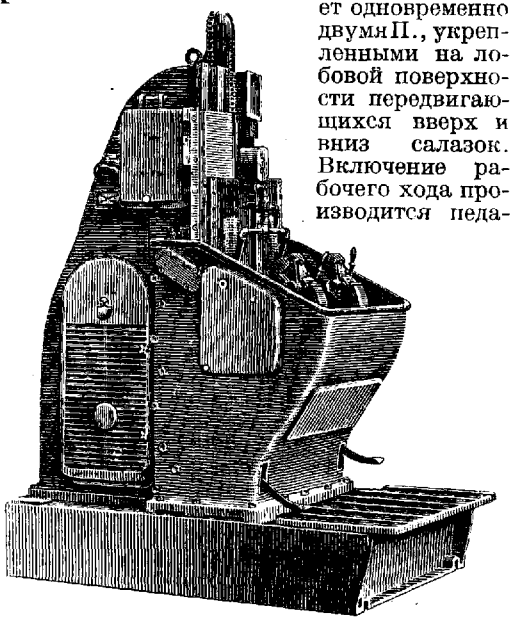


Фиг. 36.

Табл. 2.—Время обработки различных отверстий способом прошивки.

Форма отверстия	Сторона квадрата или диаметр в мм	Размер канавок в мм	Длина в мм	Часовая производительность в шт.
	19	—	35	50
	24	—	38	50
	35	—	100	15
	27	—	50	15
	35	—	38	45
	38	4×8	38	90
	38	6×13	75	45
	50	8×19	75	45
	23	3×6	25	100
	32	4×8	75	45
	45	7×14	100	15
	54	4×22	50	45
	36	2×9	100	25
	38	5×9	38	45
	46	3×10	100	15
Зубчатое колесо с внутренним зацеплением	54	18 зубцов	13	120

Обработка П. оказалась настолько выгодной при массовом производстве, что в настоящее время ее начинают применять и для обработки не только замкнутых отверстий, но и взамен фрезерования, для обработки плоских или фасонных открытых контуров. Для этой цели специально сконструированы тяжелые гидравлические прошивочные станки вертикального типа (фиг. 37). Машина работает одновременно двумя П., укрепленными на лобовой поверхности передвигающихся вверх и вниз салазок. Включение рабочего хода производится педалью; мощность, потребляемая станками, в зависимости от величины 5—20 *HP*, объем стружки, снимаемой в 1 мин., соответственно 54—150 *см*³ мягкой стали, ход ползуна 750—1 000 *мм*. Преимуществом этих станков является также возможность изготовления прошивок из отдельных кусков, собираемых на ползуне.



Фиг. 37.

Лит.: **Смит Р., Работа на станках, пер. с англ.**, ч. 1, М.—Л., 1932; Knoll L., Räumen, «Werkstattsbücher», B., 1926, H. 26; Schuchardt u. Schütte, Technisches Hilfsbuch, 7 Aufl., B., 1928; Hütte, Taschenbuch f. Betriebsingenieure, 2 Aufl., B., 1924; Dowd A. A. a. Curtis F. W., Jigs a. Fixtures, N. Y., 1922; Viall E., Broaches a. Broaching, N. Y., 1918; Hammond E. K., Broaching Practice, N. Y., 1921; Machinery's Handbook, 6 ed., N. Y., 1927; Machinery's Encyclopedia, v. 1, N. Y., 1917; Berck C. E., Deutscher Werkmeisterkalender, B. 6, Schneidewerkzeuge u. Vorrichtungen, Lpz., 1923; Vorwerck u. Schaaff, Zur Berechnung von Räumnadeln, «Die Werkzeugmaschine», B., 1928; Jg. 32, H. 22; Scholl H. O., Verstellbare Räumahle, «Maschinenbau», B., 1931, B. 10, H. 16; Betz W. C., Broaching Rectangular Holes, «American Machinist», L., 1932, v. 76, *2*; Neuerungen auf dem Gebiete d. Räumtechnik, «Maschinenbau», B., 1928, B. 7, H. 13; Broach with Inserted Tooth, «Machinery», L., 1928, v. 33, 20 Dec.; Broaches for Internal a. External Use, «Automotive Industries», Philadelphia, Pa, 1931, v. 65, *19*; Räumen statt Fräsen, «Werkstattstechnik», B., 1928, Jg. 22, H. 21; Helbig A., Entwickelungsgang, Konstruktionsmerkmale u. heistungen einer modernen Räummaschine, «Maschinenbau», B., 1930, B. 9, H. 2; Präger E. u. Hänecke H., Die Richtlinien f. die Entwicklung spangebender Werkzeugmaschinen, ibid., B., 1930, B. 9, H. 10; Präger E., Flüssigkeitsgetriebe f. geradlinige Bewegungen an deutschen Werkzeugmaschinen, «Z. d. VDI», B., 1931, B. 75, *10*; Broaching Machine Extension, «Machinery», L., 1928, v. 33, 22 Nov.; Toot-Burt Nr. 1 a. 2 Duplex Surface Broaching Machines, «American Machinist», L., 1932, v. 75, *27*; Cyclematic Vertical Broaching Machine, ibid., L., 1932, v. 75, *27*; 50 in Broaching Machine, «Machinery», L., 1928, v. 33, 27 Sept.; Sachsen-

b e r g E., Versuche über die Wirksamkeit u. Konstruktion von Räumnadeln, «Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhles f. Betriebswissenschaften in Dresden», hrsg. v. E. Sachsenberg. B. 2, B., 1926. **Л. Павлушков.**

ПРОЯВИТЕЛИ в фотографии, вещества, обладающие свойством проявлять, т. е. делать видимыми т. н. скрытые, или латентные, изображения, получающиеся при кратковременном действии света на светочувствительные материалы. Т. к. большинство этих материалов состоит из галоидных солей серебра, действие П. сводится к выделению из них черного металлич. серебра путем химич. восстановления на освещенных местах. Однако не все химич. восстановители могут быть применены в качестве П. Важнейшим условием здесь является то, чтобы на неосвещенных местах галоидное серебро не успело восстановиться, т. е. чтобы не появилась химич. *вуаль* (см.). Далее проявление не должно продолжаться слишком долго (обычно не более 10 мин.), плотность освещенных участков должна возрастать постепенно и в соответствии с силой упавшего на эмульсию света. П. должны иметь способность до нек-рой степени приноравливаться к неправильному освещению, действие их должно мало зависеть от $t°$, они не должны химически действовать на желатину и т.д. Этим требованиям удовлетворяет ограниченное, хотя и большое число веществ.

Из неорганических П. широким распространением пользовался в прежнее время железный П., вытесненный впоследствии значительно более быстрыми и энергичными органическими П.; однако и в настоящее время он применяется для некоторых работ в научной фотографии, т. к. дает изображения, совершенно свободные от вуали и геометрич. искажений. По Эдеру (Eder, 1879 г.) он составляется непосредственно перед употреблением из 1 ч. 25%-ного раствора железного купороса $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и 3 ч. 25%-ного раствора среднего щавелевокислого калия $K_2C_2O_4 \cdot H_2O$ (иногда добавляется лимонная к-та). Получается красноватый прозрачный раствор щавелевокислой соли закиси железа FeC_2O_4, действующий на бромистое серебро по ур-ию:

$$6FeC_2O_4 + 6AgBr = 2Fe_2(C_2O_4)_3 + 2FeBr_3 + 6Ag.$$

Для исправления передержек вводится небольшое количество бромистого калия (не больше 1 *г* на 1 *л* П.).

Органические П., за исключением производных гидразина и гидроксиламина, не получивших широкого распространения, все принадлежат к ароматич. соединениям. Имеется много правил, связывающих проявляющую способность органических соединений с их структурой; так, из двузамещенных бензола проявляют только *о*- и *п*-соединения; из трехзамещенных проявляют 1,2,3-производные бензола (пирогаллол) и 1,2,5-(оксигидрохинон); 1,3,5-производные (флороглюцин) не проявляют. П., растворенные в воде, б. ч. не обладают проявляющей способностью и быстро окисляются на воздухе. Поэтому растворы П. всегда содержат определенные добавки других веществ, позволяющих в широких пределах варьировать действие П. Важнейшими добавками такого рода являются: 1) щелочи, повышающие в крайней степени восстановительный потенциал, быстроту действия П. и плотность получаемых изображений (вместо щелочей часто употребляют карбонаты щелочных металлов—поташ или соду); 2) сульфиты (обычно сульфит натрия Na_2SO_3), задерживающие самопроизвольное окисление растворов П. на воздухе, при к-ром получаются темные продукты, окрашивающие желатину в желтый или коричневый цвет; сульфит необходим для сообщения П. сохраняемости во времени; кроме того он ускоряет проявляющее действие нек-рых П., вступая с ними в сопряженную реакцию окисления; 3) бромистый калий несколько замедляет действие П., позволяя легче его регулировать, подавляет вуаль, повышает контраст и необходим в случае передержек.

Наиболее распространенными из органич. П. являются перечисленные ниже (с указанием наиболее употребительных рецептов). *Гидрохинон* (см.) проявляет медленно, но сильно и контрастно. Применяют раствор 5 *г* гидрохинона, 40 *г* сульфита и 60 *г* поташа или 130 *г* соды в 150 *см*³ воды; перед употреблением разбавляют 4—6 частями воды. *Пирогаллол* (см.) проявляет сначала быстро, потом медленнее, дает хорошо покрытые, плотные света и прекрасно приспособляется к экспозиции. Рецептов имеется очень много, например: А) воды 1 *л*, сульфита 200 *г*, чистой концентрированной серной кислоты 10 капель, пирогаллола 28 *г*; Б) 100 *г* соды на 1 *л* воды. Перед употреблением смешивают равные части растворов А и Б и воды (KBr—при передержке). Парааминофенол (солянокисл.) $C_6H_4(OH)(NH_2) \cdot HCl$ работает чисто и прозрачно, дает «мягкие» негативы. Рецепт: А) 20 *г* парааминофенола в 1 *л* воды; Б) воды 1 *л*, сульфита 50 *г*, поташа 60 *г*. Смешивают 1 ч. А с 2 ч. Б. Конц. раствор продается за границей под названием родинал, в СССР иренал. Метол (сернокислый метил-парааминофенол $C_6H_4OH(NH \cdot CH_3) \cdot {}^1/_2H_2SO_4$) наиболее энергичный из всех проявителей, особенно пригодный при недодержках, т. к. изображение проявляется сразу в светах и тенях; пользуется широким распространением среди фотографов-любителей, особенно в смеси гидрохиноном; продается под различными названиями (экенол, элон, родол, сатрапол, монол и т. д.). Конц. раствор: 15 *г* метола, 150 *г* сульфита, 75 *г* поташа, 2 *г* KBr в 1 *л* воды разбавляются перед употреблением 3—4 ч. воды, при недодержке—до 10 ч. воды. *Глицин* (см.), один из самых прочных П., не изменяющийся на воздухе и поэтому особенно пригодный для медленного проявления. *Амидол* (см.) мало прочный П., проявляющий без щелочей.

В последние годы широкое распространение получили смешанные П.: метол-гидрохинон, пиро-метол, метол-глицин и мн. др. Один из наиболее распространенных рецептов метол-гидрохинона: воды 1 *л*, метола 5 *г*, гидрохинона 7 *г*, сульфита 100 *г*, поташа 100 *г*, KBr 2,5 *г*. Разбавляется 3—4 ч. воды.

Лит.: Энглиш Е., Основы фотографии, пер. с нем., М.—Л., 1927; Лауберт Ю., Фотографич. рецепты и таблицы, 6 изд., М.—Л., 1929; Фогель Э., Карманный справочник по фотографии, 11 изд., М.—Л., 1928; Clerc L., La technique photographique, 2 éd., t. 1, P., 1926. **А. Рабинович.**

ПРОЯВЛЕНИЕ в фотографии, процесс, посредством к-рого невидимое (скрытое, или латентное) изображение, полученное действием света на фотографич.

эмульсию, становится видимым. В случае наиболее распространенных бромосеребряных эмульсий в желатине обычно применяется химич. П., сводящееся к обработке экспонированной эмульсии в проявительном растворе, содержащем *проявитель* (см.) и различные вещества, способствующие усилению или замедлению его действия и препятствующие его окислению. Сущность П. сводится к следующему: при погружении эмульсии в проявитель последний растворяет очень небольшое количество AgBr, достаточное однако для насыщения. Проявитель восстановляет часть этого AgBr до металлич. серебра, которое осаждается в виде микроскопич. кристалликов на тех (невидимых) серебряных «зародышах», из к-рых состоит скрытое изображение. Осевшее металлич. Ag, обычно темного цвета, является материалом видимого изображения. При физич. П., применяющемся до сих пор для коллоидных эмульсий при репродукционных процессах, серебро, составляющее видимое изображение, берется не из вещества эмульсии, а из введенного вместе с проявителем азотнокислого серебра. Физич. П. может быть произведено и после фиксирования, т. е. растворения галоидного серебра, т. к. серебряные зародыши скрытого изображения при этом процессе не растворяются.

После погружения эмульсии в проявитель П. начинается через нек-рый промежуток времени, называемый п е р и о д о м и н д у к ц и и. За это время проявитель успевает продиффундировать вглубь эмульсионного слоя. Дальше идет почернение эмульсии, начинающееся с наиболее ярко освещенных участков изображения и постепенно распространяющееся на менее освещенные. Почернение идет сначала быстро, затем медленнее, приблизительно по логарифмич. кривой. При этом оптич. плотность и почернение постепенно нарастают по определенному простому закону: за данный промежуток времени П. интенсивность всех почернений увеличивается в одинаковое число раз; характеристич. кривая (см. *Сенситометрия*, фиг. 1) превращается в новую кривую, прямолинейная часть к-рой наклонена под бо́льшим углом к оси абсцисс. Вместе с временем П. растет γ, т. е. $\operatorname{tg}\varphi$ (φ угол наклона характеристической прямой), определяющий контраст фотографического изображения. Поэтому γ часто называют ф а к т о р о м проявления. Различные проявители обладают различными факторами П. Этим, а также возрастанием контраста с временем П., обыкновенно пользуются для исправления недостатков негатива. Так напр., для повышения контрастности в случае общей передержки П. ведется концентрированным медленно действующим проявителем с избытком бромистого калия; в случае общей недодержки—также концентрированным, но быстро действующим проявителем. Для ослабления контрастности в случае недодержки в тенях проявляют быстрым разбавленным проявителем, в случае передержки в светах—медленным разбавленным проявителем.

Трудность применения этих методов заключается в том, что характер негатива обыкновенно неизвестен до начала П. Для преодоления этой трудности существует несколько методов. Один из них—метод П. в трех кюветах. В одну наливается нормальный проявитель с едким натром, в другую—разбавленный, в третью—холодный концентрированный с большим содержанием KBr. П. начинают во второй кювете. Если изображение появляется очень скоро, то это указывает на передержку, и П. продолжается в третьей кювете, если изображение появляется очень медленно, то в первой. Другой метод П., приноровленного к характеру негатива,—ф а к т о р и а л ь н о е П. по Уоткинсу (Watkins). Он нашел, что время T_n, необходимое для полного П. негатива, пропорционально периоду индукции, т. е. времени T_0, протекающему до появления первых следов изображения: $T_n = fT_0$. Коэф. пропорциональности, или фактор f, определяется отдельно для каждого проявителя; он очень мало зависит от остальных компонентов проявительного раствора. Нек-рая трудность и здесь заключается в точном определении времени появления первых следов изображения в виду слабого освещения в темной комнате. Значительное облегчение в этом смысле принесло применение д е с е н с и б и л и з а т о р о в (см. *Десенсибилизация*), позволившее вести процесс П. при несравненно более ярком свете.

За последнее время широкое распространение, особенно для массового П., получил метод м е д л е н н о г о, или в е р т и к а л ь н о г о, П., автоматически приноравливающийся к характеру негатива и сглаживающий его недостатки. Он основан на применении очень разбавленных растворов для П. При длительном П., продолжающемся иногда несколько часов, значительно удобнее располагать светочувствительный материал вертикально, т. к. в противном случае он загрязняется (на него садится пыль) и кроме того в тонком слое в горизонтальной кювете плохо происходит диффузия слоев отработанного проявителя и быстро идет окисление на воздухе с поверхности.

Лит.: Э н г л и ш Е., Основы фотографии (пер. с нем.), М.—Л., 1927; Фотография и аэрофотография, М., 1926; L ü p p o-C r a m e r, Die Grundlagen d. photographischen Negativverfahren. Handbuch d. Photographie, hrsg. v. J. Eder, T. 2, 3 Aufl., Halle a/S., 1927; H ü b l A., Entwicklung d. photographischen Bromsilber-Gelatineplatten bei zweifelhaft richtiger Exposition, Enzyklopädie d. Photographie, H. 31, 5 Aufl., Halle a/S., 1922; S c h m i d t H., Die Standentwicklung u. ihre Abarten, Halle a/S., 1920; N i e t z A. H., Theory of Development, N. Y., 1922; C l e r c L. P., La technique photographique, 2 éd., t. 1, P., 1926; S e y e w e t z A., Le négatif en photographie, 2 édition, Paris, 1923.

А. Рабинович.

ПРУДОВОЕ ХОЗЯЙСТВО, разведение и выращивание в специально оборудованных прудах нек-рых видов рыб, обладающих особенно выгодными с хозяйственной точки зрения свойствами: быстрым ростом, высокими вкусовыми и пищевыми качествами, выносливостью и пр. П. х. является наиболее разработанным и совершенным видом рыбного хозяйства вообще и как таковое по своей эффективности во много раз превосходит рыбопромысловое хозяйство в естественных водоемах (озерах, реках и морях). В то время как напр. озерное рыболовство дает в лучшем случае 50—60 *кг* рыбы с 1 *га* озерной площади, продуктивность хорошего рыбоводного пруда достигает 400 *кг* с 1 *га* его площади, а в случае интенсивного ведения хозяйства—600—700 и более *кг* с

1 *га*. В виду крупного значения для СССР П. х., производящего высокоценный белковый пищевой продукт, на его развитие в СССР обращено серьезное внимание. В соответствии с директивами правительства пятилетний план по рыбоводству предусматривает организацию целой сети П. х. с общей производительностью в 500 000 *ц* рыбы, вместо 20—22 тыс. *ц*, получавшихся до последнего времени.

П. х. делится на 2 основные типа: 1) тепловодное П. х. и 2) холодноводное П. х. Это деление обусловлено различными биологич. свойствами главнейших объектов прудового хозяйства—карпа и линя, с одной стороны, и форели—с другой. В то время как карп и линь для своего успешного развития требуют 20—25°, для форели оптимальная $t°$ лежит в пределах 12—18°. В виду того, что карп и форель имеют преобладающее значение в П. х., в практике обычно тепловодное хозяйство называют карповым, а холодноводное — форелевым. Кроме этого значения в П. х. различают 2 системы: 1) полное П. х. и 2) неполное П. х. Полным П. х. называется тогда, если оно обладает собственными производителями, ежегодный приплод от к-рых выращивается в хозяйстве до достижения требуемого рынком веса. Неполное П. х. не имеет собственных производителей и выращивает товарную рыбу из т. н. посадочного материала (годовая или двухгодовая рыба), приобретаемого из полных хозяйств или из специальных хозяйств-питомников, производящих не товарную рыбу, а исключительно посадочный материал. Как полные, так и неполные П. х. могут вестись с различным оборотом. Оборотом называется тот период (число лет), в течение к-рого в хозяйстве выращивается товарная рыба. Полные П. х. ведутся с двух- или трехлетним оборотом, неполные—с однолетним или двухлетним. Продолжительность оборота П. х. гл. обр. зависит от требований рынка; там, где существует преимущественный спрос на крупную прудовую рыбу, оборот хозяйства более продолжителен, и наоборот. Из перечисленных выше типов и систем П. х. в СССР преобладающее значение имеет карповое хозяйство: полное—с двухлетним оборотом и неполное с однолетним оборотом. Линевое хозяйство и форелевое хозяйство еще не получили у нас сколько-нибудь заметного развития.

I. Карповое П. х. Объектом карпового П. х. является карп культурной расы, отличающийся от дикого карпа (сазана) своей способностью к быстрому росту и нагулу, а также большей мясистостью. Различают две культурные расы карпа: 1) высокоспинную, характеризующуюся отношением наибольшей высоты тела H к длине тела l, равным от 1 : 2,02 до 1 : 2,6, и 2) широкоспинную — с отношением H/l, равным от 1 : 2,61 до 1 : 30. К этим основным расам относятся также многочисленные местные породы карпа, отличающиеся между собою также и чешуйчатым покровом; так, к высокоспинной расе принадлежит айшгриндский голый карп, почти совершенно лишенный чешуи, и галицийский зеркальный карп, имеющий очень крупную чешую, не образующую сплошного чешуйчатого покрова на теле. К широкоспинной расе принадлежит богемский чешуйчатый, франкский голый карп и другие. У диких и дегенерировавших рас карпа отношение H/l колеблется от 1:3,1 до 1:3,8.

Общая характеристика карпового рыбоводного пруда и его устройство. В соответствии с биологич. свойствами карпа благоустроенный карповый рыбоводный пруд должен представлять собою непроточный и неглубокий водоем с хорошо прогреваемой солнцем водой нейтральной или слабо щелочной реакции с мягким и иловатым дном, богатым удобрительными веществами, обусловливающими обильное развитие мелкой водной фауны (личинки комаров Chironomus, Corethra, Culicoides, личинки поденок, малощетинковые черви, низшие ракообразные мелкие моллюски и пр.), являющейся естественной пищей карпа. В прудах подобного рода развитие карпа идет наиболее успешно; наоборот, глубокие, плохо прогреваемые пруды, расположенные на бесплодных почвах, характеризуются низкой производительностью. Приводимые ниже цифры дают представление о продуктивности карповых прудов в различных районах СССР: 1) карповые пруды на тощих торфянистых почвах (высокие торфяники) в Белоруссии дают 80 *кг* карпа с 1 *га*; 2) карповые пруды на осоковых (низменных) торфяниках в Белоруссии—120—150 *кг* на 1 *га*; 3) карповые пруды на хороших луговых почвах в Белоруссии и центральных районах РСФСР—150—200 *кг* на 1 *га*; 4) карповые пруды на черноземных почвах в ЦЧО—320 *кг* с 1 *га*; 5) карповые пруды на черноземных почвах Украины и Сев. Кавказа—до 450 *кг* с 1 *га*. В особо благоприятных случаях естественная продуктивность карповых рыбоводных прудов достигает до 600 *кг* с 1 *га*. Так. обр. основными районами карпового П. х. в СССР являются его южные, ю.-в. и отчасти центральные области (Сев. Кавказ, Укр. ССР, Белоруссия, Средн. и Нижн. Поволжье, Московская область и др.); в районах, лежащих севернее Московской области, карповое П. х. является уже мало эффективным и нерентабельным.

Техническое устройство карповых рыбоводных прудов см. *Выростные пруды*.

Полное карповое хозяйство с двухлетним оборотом. Это хозяйство составляют пруды следующих категорий. 1) Нерестовые пруды—небольшие по размерам (300—1 000 $м^2$) и мелкие пруды (в верховине 15—20 *см*, у нижней плотины до 1,25 *м* глубины), с хорошо развитым травяным покровом, на к-рый карпы выметывают свою клейкую икру. Общая площадь нерестовых прудов составляет 0,5—1,0% площади всего хозяйства. 2) Выростные (мальковые) пруды—более обширные (2—4 *га*, а в крупных хозяйствах 20 *га* и более) и глубокие пруды (в верховине 20—40 *см*, у нижней плотины до 1,5 *м*), общая площадь к-рых составляет 12—14% площади всего хозяйства. Выростные пруды служат для выращивания карпов сеголеток (приплод текущего года). 3) На-

гульные пруды—наиболее обширные (до 20—30 *га*, в больших хозяйствах до 100 *га* и выше) и глубокие пруды (в верховине 40—50 *см*, у нижней плотины—до 2—3 *м*); общая площадь нагульных прудов равняется 82—84% площади всего хозяйства. Нагульные пруды служат для выращивания двухлетней товарной рыбы (приплод предыдущего года). Пруды перечисленных категорий являются непроточными и служат для летнего содержания карпов. Зимою карпы, остающиеся в хозяйстве, содержатся в зимовальных прудах. 4) Зимовальные пруды, по возможности небольшие (не свыше 1 *га*) проточные пруды, глубиною в 2 *м*. Полная смена воды в зимовальниках должна происходить в течение 5—7 суток (в наиболее благоприятных случаях—в 10 суток). Как исключение в районах с мягкой и непродолжительной зимой, при наличии глубоких зимовальников с чистой водой и при умеренной посадке карпов, зимовальники м. б. непроточными. В правильно устроенном полном карповом хозяйстве д. б. по нескольку прудов каждой категории, причем всегда желательно каждому отдельному пруду придавать по возможности небольшие размеры. Процесс выращивания товарной рыбы в полном карповом хозяйстве с двухлетним оборотом сводится к следующему. Весною производится сортировка и отбор карпов-производителей для нереста. Отбираются вполне здоровые рыбы, хорошего экстерьера, в возрасте 6—10 лет. Самки определяются по заметно увеличенному брюшку и по припухшему красноватому половому отверстию; у самцов брюшко не раздутое, половое отверстие в виде узкой, бледно окрашенной щели. Отобранных самок и самцов временно рассаживают по отдельным прудам. Когда установится теплая погода (примерно в середине мая), наполняют нерестовые пруды и в каждый из них помещают производителей—или парой (1♀ и 1 ♂) или гнездом (1♀ и 2♂). Количество производителей, посаженных на нерест, зависит от размеров хозяйства. Карпы обладают высокой плодовитостью: средних размеров самка выметывает до 600 000 икринок, из к-рых однако нек-рая часть остается неоплодотворенной; значительный % оплодотворенной икры и выведшихся мальков погибает от разного рода неблагоприятных влияний, болезней, врагов и т. д., в результате чего пара или гнездо производителей обеспечивает получение не более 30—50 тыс. приплода. При благоприятной погоде обыкновенно в течение ближайших же суток происходит нерест; через 4—7 дней (в зависимости от $t°$) из икры выклевываются мальки, к-рых по истечении 3—4 недель пересаживают в выростные (мальковые) пруды, где молодь живет до осени без дальнейших пересадок. Осенью (в начале или середине октября) выростные пруды спускают, а карповую молодь, т. н. сеголетков, достигшую веса 20—30 *г* штука, пересаживают в зимовальные пруды до следующей весны. Весною следующего года, помимо повторения процессов по получению нового приплода, перезимовавшие сеголетки, называемые теперь годовиками, пересаживаются в нагульные пруды на все лето. Осенью нагульные пруды спускаются, и годовики, выросшие в них до двухлетнего возраста и достигшие среднего веса в 500—600 *г* штука, поступают на рынок.

Полное хозяйство с трехлетним оборотом. Ведение полного П. х. с трехлетним оборотом отличается от только что описанного следующими деталями: пруды в этом хозяйстве разделяются на 5 категорий (вместо 4 в полном хозяйстве с двухлетним оборотом)—нерестовые (0,5—1% от общей площади хозяйства), выростные пруды 1-го порядка (13—14% общей площади)—для выращивания сеголетков, выростные пруды 2-го порядка (25% общей площади)—для выращивания двухлеток, нагульные пруды (58—59% общей площади)—для выращивания трехлеток и зимовальники (2% общей площади)—для зимования карпов. В хозяйстве этой системы выращиваются трехлетние карпы весом в 1—1,3 *кг* штука.

Неполное хозяйство с одногодним оборотом является наиболее упрощенным. Оно состоит только из нагульных прудов (или пруда), куда весною пускают карпов-годовиков, получаемых из полных П. х.; осенью выращенных двухлеток вылавливают и пускают в продажу. Карповые хозяйства-питомники состоят из нерестовых прудов (0,5—1% общей площади хозяйства), выростных прудов (91% общей площади) и зимовальников (8% общей площади). В хозяйствах-питомниках выращивается посадочный материал (годовики), к-рым снабжаются неполные хозяйства.

II. Линевое прудовое хозяйство, будучи в основном подобно карповому, отличается от него некоторыми деталями. Культурных рас линя не существует; объектом хозяйства являются лини естественных рас, добываемые из хороших «кормных» озер. Темп роста линя значительно медленнее карпа, но, вследствие более полного использования линем пищевых ресурсов прудов и более густой посадки в пруды, валовой прирост линей бывает на 5—10% выше валового прироста карпов с той же прудовой площади. Линевые рыбоводные пруды и по своим биологич. свойствам и по технич. устройству ничем существенным не отличаются от карповых прудов. Нужно лишь отметить желательность хорошего развития в линевых прудах мягкой подводной флоры, необходимой линю, как рыбе светобоязливой, всегда держащейся среди подводных зарослей, питаясь здесь мелкими личинками насекомых, моллюсками, низшими ракообразными и пр. Для нереста линя служат пруды в 0,5—1 *га*, куда помещают до 12 самок и вдвое большее количество самцов, легко отличимых по сильно утолщенным первым лучам брюшных плавников. Нерест линя происходит обычно в конце июня, при $t°$ воды в 20—23°. Многочисленную молодь линя (по плодовитости линь не уступает карпу) оставляют в том же нерестовом пруде, без дальнейших пересадок, до осени, а иногда, пользуясь неприхотливостью линя к условиям зимования, даже оставляют в нем на зимовку, если пруд имеет достаточные глубины и не промерзает до дна. Годовики линя весом от 4 до 10 *г* штука пересаживаются весною в выростные пруды, размер к-рых по возможности не должен превышать 1 *га* (в виду сравнительно незначительного раз-

мера линей и их способности, при спуске прудов, зарываться в ил, облов обширных линевых прудов очень затруднителен и сопряжен со значительными потерями рыбы). Осенью при особо благоприятных условиях двухлетние лини достигают веса в 150—200 *г* штука и являются уже товарной порционной рыбой. Обычно же линидвухлетки весят в среднем 60 *г* штука и лишь к концу третьего лета своей жизни достигают товарного веса в 200—250 *г*. Т. о. полные линевые хозяйства в большинстве случаев ведутся с трехлетним оборотом, а в неполных линевых хозяйствах с однолетним оборотом в качестве посадочного материала употребляются не годовики, как в карповых хозяйствах, а двухгодовалые рыбы среднего веса 50—60 *г* штука.

III. Форелевое (холодноводное) прудовое хозяйство. Главной особенностью в устройстве форелевого хозяйства является проточность всех его прудов, что обусловливается требовательностью форели к качеству воды, к-рая должна быть насыщена кислородом, свободна от всякого рода органич. загрязнений и иметь $t°$ не свыше 18°. Продуктивность форелевых прудов, вследствие их проточности и бедности органич. веществами как правило значительно ниже продуктивности карповых прудов, достигая в среднем лишь 50% этой последней. Вследствие необходимости снабжения форелевых прудов постоянным притоком чистой и свежей воды, с другой же стороны,—в виду незначительности естественных источников, дающих такую воду, а также и потому, что разведение форелей в прудах является делом достаточно сложным,—форелевые хозяйства организуются на очень незначительных участках, не превышающих обычно 1—3 *га*, в то время как встречаются карповые хозяйства площадью в тысячу и более *га*. Наиболее распространенными объектами холодноводного хозяйства являются ручьевая форель (пеструшка) и американская радужная форель, акклиматизированная в Европе в конце 19 века. Значительно меньшее распространение получила американская палия.

Системы и обороты форелевого хозяйства таковы же, как и в карповом хозяйстве, в связи с чем и форелевые пруды распадаются на те же самые категории. Различие заключается в том, что в форелевом хозяйстве нет нерестовых прудов, т. к. форель в прудах не нерестится; для получения приплода прибегают к искусственному оплодотворению фореловой икры, продолжительное развитие к-рой (до 6 месяцев, с октября по апрель) происходит затем в особых аппаратах на рыбоводном з-де. Мальков содержат нек-рое время в бассейнах на искусственном корме, а затем пересаживают в небольшие выростные пруды (200—300 *м*²). В течение лета производится многократная сортировка мальков по размерам, во избежание поедания более мелких и слабых рыбок более крупными и сильными. Форели вообще склонны питаться не только фауной беспозвоночных (личинками ручейников, поденок, различных комаров, бокоплавами и пр.), но также и мелкими позвоночными (лягушками, рыбой). На зиму форелей пересаживают в зимовальники или же оставляют в непромерзающих проточных летних прудах. Годовики ручьевой форели, достигающие среднего веса в 15 *г* штука, пересаживаются в нагульные пруды и осенью в двухлетнем возрасте, достигнув веса в 120—200 *г*, поступают в продажу как порционная рыба. Годовики радужной форели и америк. палии имеют средний вес в 50—100 *г* и к осени в двухлетнем возрасте достигают: америк. палия 250—350 *г*, радужная форель 350—500 *г*. Радужную форель, вкусовые качества которой по мере роста улучшаются, часто выращивают до трехлетнего возраста, когда она достигает веса 1 *кг* и более.

Расчет посадки рыбы в пруды. Основой рационального П. х. является правильная посадка рыбы в пруды. Величина посадки определяется естественной продуктивностью пруда, его площадью, а также величиной прироста одной штуки рыбы за лето и величиной отхода рыбы (нормальная смертность). Расчет посадки производится по ф-ле:

$$H = \frac{П}{B - в} \cdot Г + n\%,$$

где H—нормальная посадка (в штуках), $П$—продуктивность пруда (выраженная в *кг* рыбы с 1 *га*), B—конечный вес 1 штуки рыбы осенью, $в$—начальный вес 1 штуки рыбы весной, $Г$—площадь пруда, $n\%$—отход рыбы за лето, выраженный в процентах от нормальной посадки. Продуктивность пруда определяется на основании опыта или путем бонитировки пруда; конечный вес 1 штуки рыбы устанавливается на основании существующих норм, приведенных выше; начальный вес определяется непосредственным взвешиванием; площадь пруда есть величина, известная в хозяйстве; средний отход рыбы в прудах определяется на основании выработанных норм; так, для молоди карпа в выростных прудах отход равен в среднем 20% от посадки; на второе лето отход составляет 5—10% от посадки и на третье лето 2—3%. Для линя отход выражается такими величинами: в первое лето от 20 до 80%; во второе лето 10—15% и в третье лето 5%. Наконец отход форелей в первое лето их жизни составляет 25—50% от посадки, во второе—10% и в третье—3%. На основании приведенных данных можно вычислить нормальную посадку рыбы.

Пример. Имеется карповый нагульный пруд в 4 *га*, продуктивность к-рого определена в 200 *кг* (т. е. пруд может дать 200 *кг* прироста карпа с 1 *га*). Сколько следует посадить в этот пруд годовиков карпов среднего веса в 20 *г* штука, чтобы получить осенью карповдвухлеток среднего веса 500 *г* штука? Подставляя цифровые величины в ф-лу, находим:

$$H = \frac{200}{0{,}5 - 0{,}02} \cdot 4 + 10\% = 416 \times 4 + 10\% = 1664 + 166 = 1830 \text{ шт.}$$

Посадка карпов и линей в зимовальники производится по нижеследующим средним нормам: карпов сеголеток на 1 *га* площади зимовальника 50—100 тыс. штук, двухлеток 20—40 тыс. шт., старших возрастов 5—15 тыс. шт.; линей сеголеток до 600 тыс. шт., двухлеток и старше 50—60 тыс. шт. Форели, к-рые продолжают питаться и зимою, обыкновенно остаются на зиму в летних прудах.

Мелиорация рыбоводных прудов. Рыбоводные пруды нуждаются в систематич. мелиорации, без к-рой их производительность постепенно понижается. Основные виды мелиорации рыбоводных прудов следующие: 1) Периодич. осушение прудов, к-рое благоприятно влияет на прудовую почву, предохраняя ее от закисания и способствуя скорейшей минерализации скопляющихся в ней органич. веществ. Летние рыбоводные пруды осушаются на зиму, зимовальные—на лето. От времени до времени (обычно на пятый или шестой год) рыбоводные пруды осушаются на целый год и используются под посев каких-либо с.-х. растений (лучше всего—азотособирателей), в результате чего производительность прудов полностью восстанавливается. 2) Уничтожение жесткой болотной флоры и избытка мягкой подводной флоры. Жестная болотная растительность, сильно развивающаяся в мелких рыбоводных прудах, отрицательно влияет на их производительность, истощая прудовую почву, засоряя пруды грубыми растительными остатками и препятствуя прогреванию воды в прудах. Избыток мягкой подводной растительности, затеняя воду и препятствуя рыбе использовать водную фауну, также неблагоприятно сказывается на производительности прудов. Жесткую флору уничтожают путем систематич. выкашивания (ниже уровня воды) или ручным способом или при помощи специальных моторных косилок. Мягкая флора прореживается граблями на длинной рукоятке, кошками, веревками с привязанны-

ми к ним грузилами и т. п. 3) Известкование. Известь оказывает многостороннее воздействие на прудовую почву: она разрыхляет почву, переводит трудно растворимые минеральные вещества в растворимое состояние, нейтрализует закисание почвы и наконец в форме негашеной извести является дезинфицирующим средством. Известь вносится в почву спущенного пруда в количестве до 10 *ц* на 1 *га*. При применении негашеной извести наполнение пруда и посадка в него рыбы производятся лишь спустя 2—3 недели после известкования.

Интенсификация П. х. Мерами интенсификации П. х., позволяющими значительно увеличить его производительность, являются: 1) удобрение прудов и 2) кормление рыбы.

1) Удобрение прудов применяется гл. обр. в непроточных прудах тепловодного хозяйства, т. к. в проточных форелевых прудах удобрение дает незначительный эффект. В качестве удобрения применяются органич. и минеральные вещества. Органич. удобрением служит навоз (несоломистый), компост и зеленое удобрение. Навоз и компост вносятся в количестве до 160 *ц* на 1 *га* в почву спущенного пруда весной или с осени. После соответствующей обработки ложе спущенного пруда используется для посева какого-нибудь с.-х. растения (преимущественно кормовых трав-азотособирателей). В дальнейшем посев используется как пастбище для скота или снимается или же наконец производится залитие пруда по зеленому неснятому посеву (зеленое удобрение). Во всех этих случаях достигается повышение плодородия прудовой почвы, а в результате—увеличение прироста рыбы. В других случаях навоз не запахивают, а раскладывают кучками по дну спущенного пруда, присыпают землей и от времени до времени увлажняют. Перегнивший навоз разбрасывают затем по дну пруда, после чего пруд заливают. Посадка рыбы в пруды, удобренные таким образом, так же как и в случае применения зеленого удобрения, производится недели через 2—3 после их наполнения. Иногда применяют органич. удобрение в залитом и заселенном рыбой пруде путем раскладывания кучек хорошо перегнившего навоза в наиболее мелких частях пруда у самого уреза воды. Наиболее широкое применение в П. х. нашло минеральное удобрение, в результате разработки этой проблемы рядом немецких исследователей (в частности прудовыми научно-исследовательскими станциями в Wielenbach'е и Sachsenhausen'е). В виду значительной сложности вопроса о минеральном удобрении прудов, остановимся лишь на главнейших его особенностях. В качестве основных минеральных удобрений применяются: калий (в форме 40%-ной калиевой соли), фосфор (17%-ного суперфосфата), кальций (известняк), в некоторых случаях азот (по методу станции в Sachsenhausen'е), в форме сернокислого аммония. К этим минеральным удобрениям прибавляется иногда и органич. удобрение в виде измельченных растений или целлюлозы. Все эти удобрения в известной комбинации, зависящей от индивидуальных свойств данных прудов, вносятся непосредственно в воду пруда, заселенного рыбой. Удобрения вносятся небольшими порциями несколько раз в течение лета. Для примера приводим следующий рецепт удобрения (проф. Гафера). На 1 *га* пруда вносится до 5 *ц* извести в случае кислой реакции прудовой воды; в противном случае известь не вносится. Известь применяют в порошкообразном виде. 40%-ная калийная соль вносится в воду в количестве до 2,5 *ц* два раза в лето: в начале июня (1,25 *ц*) и в конце июля (1,25 *ц*). Калийная соль применяется предварительно разболтанной в небольшом количестве воды. Суперфосфат в количестве до 4,5 *ц* вносится в воду пруда равными порциями, от 3 до 5 раз в лето, также предварительно разболтанный в воде. Наконец измельченные растения или целлюлоза в количестве до 5 *ц* вносятся в воду сразу, одновременно с внесением первых порций калийной соли и суперфосфата. Правильное применение минеральных удобрений позволяет повышать продуктивность рыбоводного пруда на 100%. Как минеральные, так и органические удобрения дают желаемый эффект лишь в хорошо содержимых, не заросших и не заболоченных прудах.

2) Кормление рыбы. В качестве корма для карпов (и линей) применяют гл. обр. растительные вещества, с широким отношением между переваримыми азотистыми и безазотистыми элементами (от 1 : 2 до 1 : 5). Наиболее распространенным кормом для карпа является желтый люпин; кормом могут служить кроме того горох, чечевица, рожь, мука, отруби, а также смеси растительных и животных кормов (напр. ржаная мука и трупная мука, или рыбная мука) и проч. Кормовой коэф.* наиболее употребительных кормов карпа колеблется в пределах от 3 до 6. Зерновые корма задаются в цельном или дробленом виде (в зависимости от возраста рыбы), с предварительной запаркой или без нее; мука и мучные смеси—в виде крутого теста. Кормление производится при $t°$ воды не ниже +16—17° и не выше 25°. Поэтому наиболее интенсивно кормление проводится в самый теплый месяц—июль. В общем все количество корма, назначенного к использованию, распределяется по месяцам приблизительно так (в % ко всему количеству корма): май 10%, июнь 20%, июль 35%, август 25%, сентябрь 10%. Если позволяет $t°$, кормление производится ежедневно, всего лучше ранним утром, причем корм бросается в нескольких местах пруда на особые кормушки (деревянные щиты с закраинами в 10—12 *см*), укрепляемые на дне пруда на небольших глубинах. Кормом для форели служат гл. обр. животные вещества с узким отношением переваримых азотистых к безазотистым составным частям (от 1:0,5 до 1:1,5). Наиболее употребительными кормами для форелей служат: животная мука (либиховская, трупная, рыбная), свежая вареная и измельченная рыба, смесь растительной муки со свежей кровью рогатого скота и проч. Для мальков форели особенно рекомендуется тонко растертая селезенка, мозг, печень и пр., а также свежая мелкая икра каких-либо малоценных рыб и наконец живой корм в виде мелких низших ракообразных (дафнии, циклопы). Кормовой коэф. животной муки равен в среднем 1,5—2, кормовой коэф. свежего корма (мяса, планктона)—5—7. Форель, питающуюся и при низких $t°$, кормят (или подкармливают) почти круглый год. Следует заметить, что вследствие низкой естественной производительности форелевых прудов, искусственное кормление форелей является в огромном большинстве случаев необходимым, т. к. без него форелевое хозяйство мало эффективно и не рентабельно. Мальков форели кормят в бассейнах вышеописанными веществами или бросая их в струю притекающей в бассейны воды или намазывая их (гл. обр. селезенку) на поверхность цветочных горшечков, погружаемых затем на ниточках в воду. Взрослой форели корм дается или в измельченном виде (свежая рыба, мясо) или в виде крутого теста (животная мука с прибавлением для связности 20—30% ржаной муки). Корм следует бросать в пункте притока воды на помещенную здесь кормушку. Форель лучше всего кормить ежедневно по нескольку раз в день. Ежедневная порция должна составлять для молоди приблизительно 10—12% от ее веса, а для взрослой форели 2—5%. Искусственное кормление позволяет в несколько раз повышать продукцию рыбоводных прудов путем увеличения в них посадки рыбы, пропорционально количеству корма. Вычисление правильной посадки рыбы при искусственном кормлении легко производится по ф-ле

$$H = \frac{ГП + \frac{K}{a}}{B - \frac{K}{a}} + n\%.$$

Как видно, эта ф-ла отличается от приведенной выше посадки лишь тем, что в числителе к естественной продуктивности ($П$) прибавлена т. н. искусственная продуктивность $\left(\frac{K}{a}\right)$; эта последняя величина получается путем деления всего количества назначенного к использованию корма (в *кг*) на его кормовой коэф.

Пример. В пруд, площадью в 4 *га* ($Г$=4) и имеющий естественную продуктивность 200 *кг* ($П$=200), предположено посадить карпов-годовиков среднего веса 20 *г* штука ($в$=20) с тем, чтобы осенью получить двухлеток среднего веса 500 *г* штука ($В$=500). Кроме того намечено скормить этим карпам в сезон 500 *кг* люпина, кормовой коэф. к-рого равен 3 $\left(\text{т. е. } \frac{K}{a} = \frac{500}{3}\right)$. Какое количество карпов-годовиков следует посадить в пруд при среднем отходе их за лето, равном 5% от посадки (n%=5%)? Подставляя цифровые данные в ф-лу, получаем:

$$H = \frac{4 \cdot 200 + \frac{500}{a}}{0{,}05 - 0{,}02} + 5\% = \frac{800 + 167}{0{,}48} + 5\% = 2\,115 \text{ штук.}$$

В соответствии с количеством корма посадку карпов можно увеличить в 3—4 раза по сравнению с нормальной посадкой в экстенсивном хозяйстве. Дальнейшее усиление кормления и увеличение посадки не рекомендуется, т. к. чрезмерная густота посадки вызывает замедление роста карпов и ряд других неблагоприятных явлений. Посадку форелей в пруды при искусственном кормлении можно увеличивать в десятки раз, при условии обильного притока к прудам свежей и богатой кислородом воды. Как и в случае удобрения, кормление рыбы дает надлежащий эффект лишь в хорошо мелиорированных прудах.

Лит.: Арнольд И. Н., Использование торфяных угодий для целей рыбоводства (отд. оттиск из «Известий Главного управления земледелия и землеустройства», *10*), СПБ, 1905; его же, Общедоступное

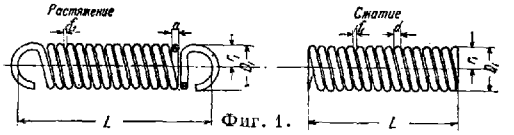
* Кормовым коэф-том называется число, показывающее, сколько весовых единиц данного корма нужно скормить рыбе, чтобы получить весовую единицу ее прироста. Напр. карпу нужно скормить 3 *кг* люпина, чтобы получить 1 *кг* прироста карпа; число 3 и является кормовым коэф-том люпина.

руководство по рыбоводству, ч. 2, Прудовое рыбное хозяйство, Ленинград, 1925; Бородин И. А., Прудовое хозяйство, гл. 1 и 3, СПБ, 1914; Вальтер Э., Как развести рыбу в маленьких прудах, пер. с нем., 2 издание, М., 1923; Видер А., Рыбоводство, гл. 4—Искусств. рыборазведение в прудах, СПБ., 1909; Вилькош Ф., Разведение рыбы в небольших прудках, пер. с польск., М., 1914; Вишневский М., Рыбоводство и рыборазведение, СПБ, 1905; Гадд Г. Г., Карповое прудовое хозяйство, Киев, 1917; его же, Календарь рыбовода, «Рыбопромышленная жизнь», СПБ, 1914, *1—22*; Гримм О. А., Беседы о прудовом хозяйстве, 7 изд., П., 1921; его же, Какую рыбу разводить в прудах, СПБ, 1902; его же, Отчего в прудах караси перевелись, СПБ, 1902; Елеонский А. Н., Рыбоводство, Разведение карпов в прудах, М., 1925; его же, Рыбоводство и его значение для народного хозяйства СССР, М., 1929; его же, Инструкция по использованию обводнительных и других прудов для целей рыболовства, М., 1930; его же, Рыбоводство, Краткое пособие для работников по гос. рыбоводству, прудовому и озерному хозяйству, М., 1931; Елеонский А. Н. и Маттисен А. Э., Карповое прудовое хозяйство, М., 1929; Кронгейм, Рыбоводство, пер. с нем., СПБ, 1909; Кувшинников В. Д., Как северо-кавказскому хлеборобу разводить в прудах племенную рыбу—карпа, Ставрополь-Кавказский, 1929; Маттисен А. Э., Как приспособить обыкновенный пруд для разведения рыбы, М., 1924; Мейен В. А., Разведение карпа в крестьянских прудах, М., 1926; его же, Как увеличить доход от сельского пруда, М.—Л., 1927; Сикорский В. Л., Рыбоводство в прудах и озерах, ч. 1, Об устройстве рыбоводных прудов, СПБ, 1905; Стодольский Р. В., Карповое прудовое хозяйство, СПБ, 1914; Спичаков Ф. А., Крестьянское прудовое хозяйство, М., 1924; его же, Рыбоводство, как отрасль сел. хоз-ва и животноводства (отд. оттиск из «Вестника животноводства»), Москва, 1913; его же, Прудовые хозяйства Галиции (отд. оттиск из «Вестника животноводства»), М., 1915; Сомов М. П., Рыбоводство, П., 1922; Фрич и Кафка, Краткое наставление к рациональному разведению карпов, пер. с нем., СПБ, 1909; Черфас Б. И., Конспект лекций к диапозитивам на тему «Промысловое рыбоводство», стр. 12—17, М., 1930; его же, Опыт использования куколок тутового шелкопряда в карповом прудовом хозяйстве, «Известия Моск. центр. шелководной станции, М., 1926, т. 1, вып. 1; Kreuz A., Teichbau u. Teichwirtschaft, Neudamm, 1928; Vogel P., Lehrbuch d. Praxis d. Teichwirtschaft, Bautzen, 1928; Walter E., Die Fischerei, als Nebenbetrieb d. Landwirtes u. Forstmannes, Kap. 3 u. 4, Neudamm, 1903; Smolian K., Merkbuch d. Binnenfischerei, B. 2, B., 1920; Benecke B., Die Teichwirtschaft, 6 Aufl., B., 1921; Knauthe K., Die Karpfenzucht, Neudamm, 1901; Link F., Der Teichbau, B., 1914; Nicklas C., Lehrbuch d. Teichwirtschaft, Stettin, 1898; Vogel P., Fischfütterung, Bautzen, 1907; Linke R. u. Böhm F., Anleitung zum Bau u. zur Bewirtschaftung von Teichanlagen, Neudamm, 1912; Susta J., Die Ernährung d. Karpfens u. seiner Teichgenossen, Stettin, 1905; Taurke F., Die Fischzucht und Fischhaltung, 2 Aufl., Hannover, 1927; Diessner B., Die künstliche Zucht d. Forelle, Neudamm, 1928; Walter E., Kleiner Leitfaden d. Teichdüngung, Neudamm, 1921; Demoll R., Teichdüngung, Handb. d. Binnenfischerei Mitteleuropas, B. 4, Lfg 1, Stg., 1925; Stropahl, Schleienzucht, Stettin, 1906; Walter E., Die Schleienzucht, Neudamm, 1904; Walter E., Die Kleinteichwirtschaft, 2 Aufl., Neudamm, 1921; Doljan E. u. Haempel O., Handb. d. modernen Fischereibetriebslehre, W., 1921; Borne M., Teichwirtschaft, Thaer-Bibliothek, 6 Aufl., B. 80, B., 1917; Walter E., *Richtlinien z. Karpfen*fütterung, Neudamm, 1928; Walter E., Die Versuche 1926 in d. bayerischen teichwirtschaftlichen Versuchsstation Wielenbach, Neudamm, 1927. **А. Елеонский.**

ПРУЖИНЫ, простейшие составные детали механизма, предназначенные для накопления энергии под действием нагрузки и подвергающиеся в это время значительным упругим формоизменениям, причем по прекращении действия нагрузки П. приобретает свою первоначальную форму. Деформирование П. практически строго пропорционально величине действующей силы в пределах упругости материала.

Классификация. П. применяются в разнообразных механизмах, обычно с целью временного аккумулирования энергии, напр. для: 1) возбуждения движения благодаря обратному ходу, например в заводном механизме фонографа, карманных часов, в курковом устройстве револьвера, клапанах двигателей, рычажных защелках; 2) измерения рабочих усилий и веса в различного рода динамометрах, безменах, барометрах-анероидах, манометрах; 3) смягчения толчков и ударов в транспортных устройствах (экипажах, вагонах), тормозах, амортизаторах, модераторах и компенсаторах станков и машин; эти П. носят обычно название *рессор* (см.). По характеру действия нагрузки П. разделяются на: 1) периодически действующие, в которых усилие, постоянное по величине, включается в работу через б. или м. продолжительные интервалы времени (рычажные затворы, собачки храповых механизмов, накатник орудий); 2) регуляторные и постоянно действующие с плавным нарастанием и убыванием усилия (заводной механизм часов, динамометры, выключатели жатвенных машин); 3) вибрирующие и частотные с резким и быстрым действием силы (клапанные П.). В последних П. особо важную роль играют явления *резонанса* (см.), а также усталости материала, в результате многократно меняющегося напряжения.

При работе П. материал подвергается напряжению кручения, изгиба или растяжения-сжатия. В промышленности значение



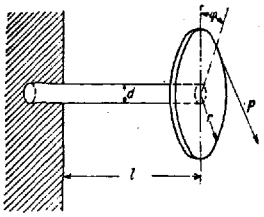
Фиг. 1.

имеют только первые два типа, изготовляемые по преимуществу из металла и частично из дерева (П. Кульсона). Третий тип имеет весьма ограниченное применение, так как упругие деформации сжатия-растяжения у металла и дерева практически ничтожны. Из технич. материалов только каучук может пружинить при прямом растяжении, но свойства каучука находятся в большой зависимости от атмосферных влияний, и хотя резиновая нить из свежеприготовленного каучука может быть вытянута втрое, не переходя за пределы упругости, но по истечении некоторого времени упругость резины значительно падает и не поддается поэтому точному расчету. Такая неопределенность в упругих свойствах резины позволяет использовать ее пружинящие качества только там, где варьирование в размерах пружинения не имеет существенного значения: в шинах, тормозных лентах, детских игрушках. Упругой растяжимостью, проявляющейся при скручивании и натягивании пучка сухожилий и веревок, пользовались в древности для приведения в действие метательных снарядов (например катапульта баллиста), а в настоящее время для натя-



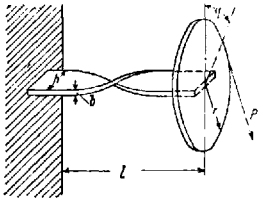
Фиг. 2.

гивания полотен ручных пил и для луков диких народов. Металлические П. разделяются на винтовые П. сжатия и растяжения с основной деформацией кручения (фиг. 1) и спиральные П. скручивания с основной деформацией изгиба (фиг. 2). В элементарном виде такого рода П. представляют собой прямой брусок (балку, заделанную одним концом), подверженный кручению или изгибу.



Фиг. 3.

Простая П. кручения. Напряжения и деформации в такой П. определяют по след. ф-лам, где P—действующее усиление в *кг*; f—деформация, соответствующая P в *мм*; l—длина П. в *мм*; τ_d—допускаемое напряжение на кручение, τ_b — напряжение на изгиб в *кг/мм²*; E—модуль упругости 1-го рода в *кг/мм²*; G—модуль упругости 2-го рода в *кг/мм²*; V—объем П. в *мм³*; A—работа в *кг/мм*; r—плечо силы P; φ—угол скручивания



Фиг. 4.

а) При круглом сечении (фиг. 3):

$$P=\frac{\pi d^3}{16\,r}\tau_d=0{,}1963\,\frac{d^3}{r}\tau_d,$$

$$f=r\varphi=\frac{32\,r^2lP}{\pi d^4G}=2\,\frac{rl\tau_d}{dG},$$

$$A=\frac{Pf}{2}=\frac{1}{4}\,\frac{\tau_d^2}{G}V.$$

б) При прямоугольном сечении (фиг. 4):

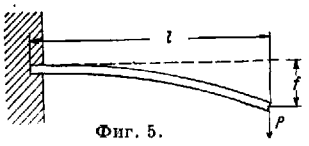
$$b:h=\xi,$$

$$P=\frac{2}{9}\,\frac{b^2h}{r}\tau_d,$$

$$f=r\varphi=3{,}6\,r^2l\,\frac{(b^2+h^2)P}{b^3h^3G}=0{,}8\,rl\,\frac{(b^2+h^2)}{bh^2}\,\frac{\tau_d}{G},$$

$$A=\frac{Pf}{2}=0{,}089\,(\xi^2+1)\,\frac{\tau_d^2}{G}V.$$

Простая П. изгиба: [(пластиночная (фиг. 5)]:



Фиг. 5.

$$P=\frac{\tau_bW}{l},$$

$$f=\frac{Pl^3}{3EI}=\frac{2}{3}\,\frac{\tau_bl^3}{Eh},$$

$$A=\frac{Pf}{2}.$$

Здесь I—момент инерции сечения, W—момент сопротивления сечения, h—высота сечения П.

Теория П. 1) Винтовые П. сжатия и растяжения. Независимо от влияния динамич. действия нагрузки (собственные колебания, резонанс) и усталости все существующие теории винтовых П. построены на двух существенно отличающихся друг от друга методах: законах сопротивления материалов и чистой теории упругости. Элементарной формулой расчета с учетом только деформации кручения является формула Рело (Reuleau, в к-рой φ—уго л кручения (до предела упругости), M—крутящий момент, I_r—полярный момент инерции круглой проволоки, L—рабочая длина проволоки в пружине, G—модуль упругости 2-го рода, r—средний радиус витка П., n—число рабочих витков, d—диам. проволоки. В этом случае $L=2\pi rn$, т. к. подъем витка, т. е. угол α, незначителен и влиянием его пренебрегают. Упругое сжатие (осадка) или растяжение П. f (стрела П.) определяется ф-лой:

$$f=\varphi\cdot n\cdot r=\frac{Pr^2L}{GI_r}=\frac{64\,r^3nP}{d^4G}=\frac{\pi D^2n}{dG}\,\tau_d. \quad (1)$$

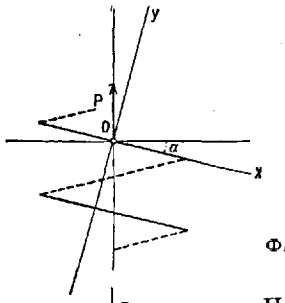
Напряжение в П.:

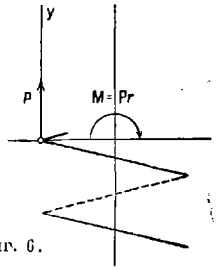
$$\tau_d=\frac{Md}{W_d}=\frac{16\,Pr}{\pi d^3}, \quad (2)$$

где W_d—момент сопротивления.
Отсюда

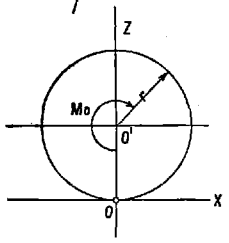
$$P=\frac{\pi d^3}{16\,r}\tau_d. \quad (3)$$

С целью уточнить расчет П., дан ряд ф-л, учитывающих различные факторы, влияющие на закономерность зависимости деформации от нагрузки. Основной предпосылкой вышеуказанных теорий является допущение, что нагрузка, действующая на П. по ее оси, распределяется равномерно на каждый виток, что подтверждается и экспериментально. Шаг витка, диам. проволоки и самой П. предполагаются одинаковыми по всей П. Отнеся все внешние силы в общем случае к силе P, действующей по оси





Фиг. 6.



П., и моменту M_0 закрепления, приложенному в плоскости, перпендикулярной к оси П., и перенеся их к сечению проволоки O, раскладываем эти силы в координатных осях X, Y, Z (фиг. 6), причем X совпадает с касательной к винтовой оси П., а оси Y и Z являются взаимно перпендикулярными к ней и лежат в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Так. образом имеется: 1) крутящий момент $Pr\cos\alpha$ (по оси X); 2) изгибающий момент $Pr\sin\alpha$ (по оси Y); 3) крутящий момент $M_0\sin\alpha$ (по оси X); 4) изгибающий момент $M_0\cos\alpha$ (по оси Y); 5) сила сжатия $P\sin\alpha$ (по оси X); 6) срезывающая сила $P\cos\alpha$ (по оси Y). Усилия по оси Z равны нулю. Авторы теорий различным образом оценивают влияние составляющих внешних усилий. Формулы, выведенные на основании законов сопротивления материалов, строго справедливы только в условиях бесконечно малых деформаций. В действительности работа П. сопровождается всегда большими, имеющими конечные величины, деформациями. Поэтому точное решение возможно лишь

на основании теории равновесия бесконечно тонкого стержня (Кирхгоф). Кроме вышеприведенной ф-лы Рело, учитывающей только скручивающий момент, можно указать следующие ф-лы.

Ф-ла Перри [1] игнорирует деформацию от нормальной и срезывающей сил $P\cos\alpha$ и $P\sin\alpha$ за их незначительностью. В этом случае учитываемые усилия сводятся к двум моментам: крутящему $M_x = Pr\cos\alpha + M_0\sin\alpha$ и изгибающему $M_y = -Pr\sin\alpha + M_0\cos\alpha$. Момент M_x производит закручивание сечения проволоки вокруг оси X на угол $d\varphi$ относительно сечения, расположенного на расстоянии ds от рассматриваемого:

$$d\varphi = \frac{Pr\cos\alpha + M_0\sin\alpha}{G\frac{\pi d^4}{32}}\,ds.$$

Изгибающий момент M_y вызывает вращение сечения около оси Y на угол $d\psi$:

$$d\psi = \frac{-Pr\sin\alpha + M_0\cos\alpha}{E\frac{\pi d^4}{64}}\,ds.$$

Вращение вокруг оси X определяется углом:

$$d\varphi' = d\varphi\cdot\cos\alpha - d\psi\cdot\sin\alpha$$

и вызывает деформацию f П.:

$$f = \int_0^L r\,d\varphi' = Pr^2L\left[\frac{32\cos^2\alpha}{G\pi d^4} + \frac{64\sin^2\alpha}{E\pi d^4}\right] + \\ + 16\,M_0rL\sin 2\alpha\left[\frac{1}{G\pi d^4} - \frac{2}{E\pi d^4}\right]. \quad (4)$$

Перри, основываясь на условиях изгиба и пренебрегая кривизной бруса, допускает линейный закон распределения напряжений по сечению.

Ф-ла Лекорню [2] учитывает влияние кручения, изгиба, нормальной и поперечной сил:

$$f = Pr^2L\left[\frac{32\cos^2\alpha}{G\pi d^4} + \frac{64\sin^2\alpha}{E\pi d^4} + \right. \\ \left. + \frac{4\cos^2\alpha}{G\pi d^2r^2} + \frac{4\sin^2\alpha}{E\pi d^2r^2}\right]. \quad (5)$$

Первые два члена выражения, заключенного в скобки, характеризуют деформации кручения и изгиба, третий—сдвиг, четвертый—сжатие. При этом член, учитывающий сдвиг, приведен без поправочного коэф-та на неравномерность распределения касательных напряжений по сечению.

Ф-ла Ф. Ф. Лендера [3] в основе имеет ф-лу Перри, но благодаря введению метода приближенного интегрирования приобретает справедливость и для больших изменений нагрузки. Рассматриваются два следующих случая: 1) $M_0=0$ и $\gamma\neq0$, т. е. концы П. не закреплены, и может происходить закручивание ее; 2) $M_0\neq0$ и $\gamma=0$, т. е. концы П. закреплены против раскручивания. В первом случае после ряда преобразований и упрощений, выразившихся в пренебрежении квадратами величин $\frac{H}{L}$ и $\left(\frac{H}{L} - \frac{32\,r^2P}{G\pi d^4}\right)$ при разложении радикалов в ряд, величина осадки П.

$$f_1 = \left[1 - \frac{2}{3}\cdot\frac{G}{E}\,\frac{H(2H-f)}{L^2}\right]f; \quad (6)$$

здесь H—полная высота до сжатия, а f высчитывают по ф-ле Рело (1), принимая $L = 2\pi rn$. Во втором случае после преобразований и допущений, что $\sin^2\alpha=0$, а $\cos^2\alpha=\cos\alpha=1$, величина осадки пружины выражается формулой:

$$f_2 = \left\{1 - \left(1 - \frac{2G}{E}\right)\frac{2H-f}{L}\cdot \right. \\ \left.\cdot\left[\frac{H}{3} + \left(\frac{E}{2G} - 1\right)\frac{H-f}{2}\right]\right\}f. \quad (7)$$

Возникающие в П. напряжения Лендер определяет по ф-ле Рело (2).

Более точное определение деформаций возможно при пользовании ф-лами теории упругости, на основании законов которой предложен ряд методов расчета П. Наиболее существенными являются следующие. Теория Пильгрема (Pilgram) [4] основана на общих принципах теории упругости. Решение (для П. круглого сечения) дано в цилиндрич. координатах. Вывод ф-л сделан при допущении, что момент на торце $M_0 = 0$ и $r\geqslant6d$; влияние угла наклона витков на длину проволоки не учитывалось. Кроме того за ур-ие контура сечения вместо круга принято ур-ие 4-й степени, в достаточной мере близкое ур-ию круга (в действительности сечение является эллипсом), и отброшена величина $\frac{3}{32}\cdot\frac{d^2}{r^2}$, весьма малая по сравнению с единицей (при $\frac{r}{d}=3$ величина эта равна 0,01). В конечном выводе Пильгрем предлагает следующие ур-ия:

$$f = \frac{16\,\pi nr^2\sqrt{16\,r^2 - d^2}}{Gd^4}\cdot P, \quad (8)$$

$$\tau = \frac{Gd}{2\pi n\,(2\,r - d)^4}\cdot f. \quad (9)$$

Если в формуле (8) пренебречь величиной $\frac{d^2}{16\,r^2}$, которая в действительности очень мала, то получим обычную формулу Рело, по которой Пильгрем предлагает вести расчет П. круглого сечения. Напряжение τ, вычисляемое по ф-ле Пильгрема, получается всегда несколько больше, чем по ф-ле Рело.

Ф-лы Г. Д. Гродского [5] выведены на основе теории Кирхгофа о деформациях стержней, поперечные размеры к-рых весьма малы по сравнению с длиной. Эта теория приложима для определения конечных перемещений тела при условии, что внутренние деформации, т. е. деформации частиц тела относительно соседних, весьма малы. Вывод ф-л сделан в предположении, что во время деформирования П. сохраняет цилиндрич. форму; при этом условии учитываются только две деформации: изменение высоты П. и увеличение радиуса П.; раскручивание П. γ в учет не принято. В конечном результате ф-ла дана в таком виде:

$$P = \frac{\pi d^4}{64\,r^2}\left[2\,G + \right. \\ \left. + (E - 3\,G)\sin^2\alpha - E\,\frac{\varepsilon}{\pi r}\sin\alpha\right]\frac{\varepsilon}{\pi r}, \quad (10)$$

где $\varepsilon = \frac{f}{2n}$—сжатие полувитка П. После подстановки в ф-лу (10) значения $\frac{\varepsilon}{\pi r} = \frac{f}{L}$ величина деформации П. определяется ф-лой:

$$f = A\,\frac{L}{2\sin\alpha} + L\sqrt{\frac{A^2}{4\sin^2\alpha} - \frac{64\cdot Pr^2}{E\pi d^4\sin\alpha}}, \quad (11)$$

где

$$A = [2\,G + (E - 3\,G)\sin^2\alpha]\,\frac{1}{E}.$$

Инж. Г. Д. Сажин, исходя из той же теории Кирхгофа и анализируя работу Г. Грод-

ского, уточнил последнюю и сделал выводы, рассматривая случаи: 1) закрепленных концов П., когда $M_0 \neq 0$ и $\gamma = 0$; 2) незакрепленных концов П., когда $M_0 = 0$ и $\gamma \neq 0$. В конечном выводе его ф-лы имеют след. вид: 1) $M_0 \neq 0$; $\gamma = 0$:

$$P = \frac{GI_r\,[h \cdot \pi\,(r+\Delta r) - (h-\varepsilon)]\,\sqrt{l^2-(h-\varepsilon)^2}}{(r+\Delta r)^2\, l\,\sqrt{l^2-(h-\varepsilon)^2}}; \quad (12)$$

в этой ф-ле Δr—приращение радиуса П. при деформации, h—высота полувитка до деформации, $l = \pi r$—длина полувитка, $\varepsilon = \frac{f}{2n}$—сжатие П. на длине полувитка.

2) $M_0 = 0$; $\gamma \neq 0$:

$$P = \frac{\pi^2}{l^3} I_r \left(G\varepsilon + 2E\pi \frac{H\Delta r}{\sqrt{l^2-(h-\varepsilon)^2}}\right), \quad (13)$$

где

$$\Delta r = \frac{1}{\pi}\sqrt{l^2 - r^2 - H^2}.$$

Произведенные автором подсчеты показали, что влияние члена

$$2EI_r \frac{\pi^3}{l^3} \frac{H\Delta r}{\sqrt{l^2-(h-\varepsilon)^2}},$$

входящего в ф-лу (13), не превышает 3%. Если пренебречь им, то ф-ла приводится к виду:

$$P = \frac{\pi^2 I_r G f}{2n \cdot l^3}; \quad (14)$$

учитывая, что действительная длина полувитка П. равна $l : \cos\alpha$, получим:

$$f = \frac{64\,P \cdot r^3 n}{d^4 G \cdot \cos^3\alpha}. \quad (15)$$

Исследуя влияние на деформацию П. закрепления ее по концам ($M_0 \neq 0$; $\gamma = 0$) и увеличения Δr радиуса П. при сжатии, инж. Сажин пришел к следующим выводам: 1) увеличение радиуса Δr значительно больше в случае, если П. имеет возможность раскручиваться, но порядок влияния этого изменения радиуса ок. 1%; 2) угол γ раскручивания не более 2°; 3) нагрузки P, возможные для пружин в обоих видах закрепления, различаются между собой примерно на 1%.

Лабораторные испытания при нажатии П. на кольцевых шариковых подпятниках до полного соприкасания витков показали, что угол закручивания в сильных П. не превосходил 2—3. Что касается учета или неучета в общей деформации изгибающего момента, поперечной силы и продольной силы, то соотношение этих влияний можно проследить по ф-ле (5), к-рая м. б. приведена к такому виду:

$$f = \frac{4PL}{G \cdot \pi \cdot d^2}\left(22\frac{D^2}{d^2}\cos^2\alpha + 4\frac{G}{E}\frac{D^2}{d^2}\sin^2\alpha + \right.$$
$$\left. + \cos^2\alpha + \frac{G}{E}\sin^2\alpha\right),$$

где D—диаметр П.; первый член определяет влияние скручивающего момента, второй—изгибающего момента, третий—поперечной силы и четвертый—нормальной силы. Из проведенных лабораторией Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства [6] многочисленных испытаний установлено, что отношение $D : d$ в П. сжатия для с.-х. машин и орудий колеблется в пределах 5—10 и угол α наклона витков в пределах 8—14°. Если принять как худший случай:

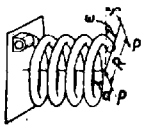
$$\frac{D}{d} = 5;\ \alpha = 14°;\ \cos\alpha = 0{,}97;\ \sin\alpha = 0{,}24;$$
$$\frac{G}{E} = 0{,}4,$$

то члены, входящие в последнюю ф-лу, охарактеризуются следующими величинами:

$$f = \frac{4PL}{G\pi d^2}(47{,}05 + 2{,}304 + 0{,}941 + 0{,}023),$$

из чего видно, что влияние продольной и поперечной силы на величину деформации П. вообще невелико и им практически в подавляющем большинстве случаев можно пренебречь. Т. к. учет всех указанных факторов делает ф-лы, определяющие деформации П., чрезвычайно громоздкими и неудобными для пользования, практического же значения для расчета П. они не имеют, то практически для подавляющего большинства случаев достаточно расчет вести по ф-лам (1) и (2) Рело и ф-ле (14) Сажина, показавшим и наибольшую сходимость с результатами опыта.

П. скручивания. Спиральные П., имеющие нагрузку, приложенную тангенциально к крайнему витку, работают на изгиб. Кроме этого основного напряжения материал претерпевает еще некоторые дополнительные напряжения от продольной силы и поперечного среза. В практике расчета влиянием факторов кривизны, продольной и поперечной силы пренебрегают, т. к. оно незначительно [7]. По аналогии с кривым брусом деформация в П. (фиг. 7) определяется по следующей ф-ле:



Фиг. 7.

$$f = \omega R = \frac{MLR}{EI},$$

где M—крутящий момент, ω—угол поворота свободного конца, E—модуль упругости 1-го рода, I—момент инерции, L—длина П., R—плечо момента. Считая $L = \pi Dn$, а силу приложенной в центре сечения крайнего витка ($R = 0{,}5D$), имеем

$$f = \frac{16PD^3n}{Ed^4}.$$

При деформации П. на 1 полный оборот $f = \pi D$ имеем

$$\pi D = \frac{16P'D^3n}{Ed^4},\ \text{откуда}\ P' = \frac{\pi Ed^4}{16D^2n},$$

а момент

$$M' = P'r = \frac{\pi Ed^4}{16D^2n} \cdot \frac{D}{2} = \frac{Ed^4}{10{,}2\,Dn}.$$

E. W. Stewart в эту ф-лу вводит экспериментальную поправку на влияние неучитываемых напряжений [8]. Его опыты показали, что константа 10,2 должна быть заменена 11,5, т. е.

$$M' = \frac{Ed^4}{11{,}5\,Dn}.$$

От деформации на 1 оборот легко перейти на ее дробные величины. Напряжение изгиба

$$\tau = \frac{M}{W} = 10{,}2\frac{M}{d^3},$$

для прямоугольного сечения

$$\tau = \frac{6\,Pr}{b^2h}.$$

Влияние факторов кривизны продольной и поперечной силы на деформацию П. незна-

чительно. При учете угла наклона витков полная деформация П.

$$f=\frac{16PD^3n}{Ed^4\cos^2\alpha}.$$

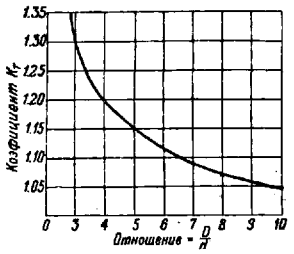
I. K. Wood [9] предложил ввести в ф-лу поправку K_r на кривизну бруса, в зависимости от индекса, $c=\frac{D}{d}$,

$$f=K_r\frac{16PD^3n}{Ed^4},$$

где

$$K_r=\frac{2-(c-1)\lg\left(\frac{c+1}{c-1}\right)}{3c(c-1)\lg\left(\frac{c+1}{c-1}\right)-6(c-1)}.$$

Как видно из диаграммы (фиг. 8), влияние K_r становится весьма ощутительным при $c<7$, причем по подсчетам инж. Гутьяра влияние K_r для проволок прямоугольного сечения сильнее, чем для сечения круглого.



Фиг. 8.

Пружиныкручениязготовляют двух основн. типов: 1) винтовые из проволоки круглого сечения (фиг. 9), применяющиеся по преимуществу для периодич. бокового перемещения детали в плоскости, перпендикулярной к оси П. На фиг. 9 и 10: α—угол поворота П., f_x—линейная деформация конца П. при α; P_x—действующая сила; 2) спиральные ленточные, реже круглопроволочные (фиг. 10) для аккумуляции упругой энергии с целью последующего постепенного ее расходования (часовые, граммофонные П.). В П. для возможно точной передачи усилия витки не должны касаться друг друга во избежание трения, нарушающего закономерность зависимости P от f. Для ориентировочного практич. расчета этого рода П. америк. конструкторы пользуются следующими ф-лами [10].



Фиг. 9.

Фиг. 10.

Калибр П. $k_1=P_x:f_x$	$k_1=\frac{P_x}{f_x}=k\frac{Ed^4}{r^2L}$	Для проволок: $k=0{,}0048$*1 $k=0{,}083$*2 $k=0{,}083$*3
Максимальная нагрузка P_{max}	$P_{max}\leqslant m\tau_{max}\frac{d^3}{r}$	$m=0{,}098$*1 $m=0{,}167$*2 $m=0{,}167$*3
Максимальная деформация f_{max}	$f_{max}\leqslant q\frac{\tau_{max}}{E}\frac{r}{d}L$	$q=2$*1 $q=2$*2 $q=2$*3

*1 Круглое сечение. *2 Квадратное сечение. *3 Прямоугольное сечение.

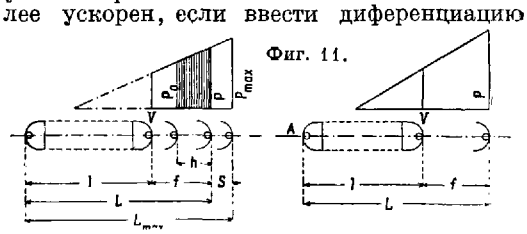
Коэф-ты k, m и q подобраны экспериментально. Для определения l в первом случае применяют ф-лу $L=\pi Dn$ (игнорируя шаг витка), для второго случая $L=2\pi n\frac{(r_1+r_2)}{2}$.

Расчет П. Для упрощения подбора отдельных размеров винтовых П. сжатия и растяжения в справочниках даются таблицы, позволяющие по заданным нескольким элементам П. быстро находить остальные. Назначение этих таблиц—охватить по возможности все размеры диам. проволок и витков, применяющихся в общем машиностроении, вследствие чего по необходимости эти таблицы содержат в себе округленные цифры, что обусловливает неизбежность дополнительного интерполирования для получения величин требующейся точности. В основу расчета положены ф-лы (1) и (2) Рело. Большинство предложенных таблиц ориентировано на заданные d и D, тогда как часто эти элементы являются неизвестными. В большинстве случаев конструктор исходит из заданных величин силы и рабочего хода П., в соответствии с чем и д. б. построены таблицы. Такая таблица предложена в проекте Промстандарта ВСНХ на спиральные П. для с.-х. машин. Эта таблица составлена в предположении, что $G=8\,000$ *кг/мм²* и $\tau_{max}=60$ *кг/мм²*. Подставляя эти величины в ф-лы (1) и (2), получим

$$f_1=0{,}001\frac{(2r)^3}{d^4}, \qquad (16)$$

$$\tau_1=2{,}55\frac{2r}{d^3}; \qquad (17)$$

здесь f_1—удельная деформация (эластичность) одного витка П. в *мм* под нагрузкой в 1 *кг*, τ_1—удельное напряжение проволоки в *кг/мм²* под нагрузкой в 1 *кг*. Таблица составлена для диам. проволок 1—7 *мм* с градациями через 0,2 *мм* до 2 *мм* и далее через 0,5 *мм*, для отношения $\frac{D}{d}=5\div10$ (через 0,5) и наичаще повторяющихся и соответствующих им вычисленных f_1, τ_1 и P_{max}. Эта таблица выгодно отличается от других тем, что определенным отношением устанавливает предел возможных решений. Кроме того при нахождении $\tau_1=\frac{\tau}{P}$ таблица дает несколько вариантов D, d, f_1 и P_{max} (на 1 виток), следовательно конструктору предоставляется широкая возможность выбрать наиболее подходящие размерыдля специфич. условий работы П. Расчет м. б. еще более ускорен, если ввести диференциацию



Фиг. 11.

основной ф-лы для всех ее составляющих. Т. о. для П. растяжений (фиг. 11) имеем:

$$\tau_1=\frac{\tau}{P}, \qquad (18)$$

$$n=\frac{f}{f_1(P-V)}, \qquad (19)$$

$$n=\frac{L-D}{d+f_1(P-V)}, \qquad (20)$$

$$n=\frac{h}{f_1(P-P_0)}. \qquad (21)$$

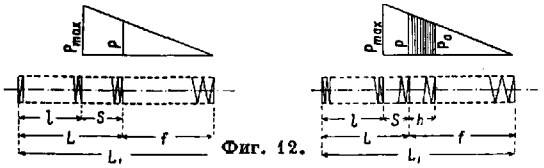
Для П. сжатия кроме того (фиг. 12)

$$n = \frac{L}{d + f_1 P}, \quad (22)$$

$$f = n f_1 P, \quad (23)$$

$$e = 0{,}1 \frac{r^2}{d}. \quad (24)$$

На приведенных рисунках P—нагрузка П. в *кг* высшего рабочего положения, P_0—нагрузка П. в *кг* низшего рабочего положения,



Фиг. 12.

τ—напряжение проволоки в *кг/мм²* при действии P, τ_{max}—напряжение проволоки в *кг/мм²* при действии P_{max} (в П. сжатия при соприкосновении витков), l—длина пружины (сжатой до соприкосновения витков у П. сжатия и свободной у П. растяжения), V—предварительное напряжение в *кг* у П. растяжения в начальном положении, L_1—длина свободной (ненагруженной) П. сжатия. Полный ход (деформация) П. сжатия $f_{max} = ne$, где e—зазор между витками. Полная высота П. сжатия в свободном состоянии (не считая заделанных концов)

$$L_1 = (n + 1)\, d + ne. \quad (25)$$

Длина проволоки в этой П. (без заделанных концов) $L_p = 2\pi rn$, а для П. растяжения (между точками прицепа) $L_p = 2\pi rn + D$, причем D—диам. витка для П., где оба отогнутые полувитка составляют D. При иных формах ушков вместо D проставляется соответственно другая величина. Вырезка из упомянутых таблиц приведена в табл. 1.

Табл. 1.—Образец таблицы Промстандарта ВСНХ на спиральные пружины.

d в *мм*	$\frac{D}{d}$	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
5,5	D в *мм*	27,50	30,20	33,00	35,70	38,50	41,20	44,00	46,70	49,50	52,20	55,00
	f_1 в *мм*	0,023	0,030	0,039	0,050	0,062	0,076	0,093	0,111	0,133	0,156	0,183
	τ_1 в *кг/мм²* . .	0,42	0,46	0,51	1,55	0,59	0,63	0,68	0,72	0,76	0,80	0,85
	P_{max} в *кг* . . .	142,8	130,1	117,7	109,0	101,6	95,5	88,4	83,4	79,0	75,0	70,6
6,0	D в *мм*	30,00	33,00	36,00	39,00	42,00	45,00	48,00	51,00	54,00	57,00	60,00
	f_1 в *мм*	0,0208	0,0277	0,036	0,046	0,057	0,070	0,085	0,102	0,121	0,143	0,167
	τ_1 в *кг/мм²* . .	0,35	0,39	0,43	0,46	0,50	0,53	0,57	0,60	0,64	0,67	0,71
	P_{max} в *кг* . . .	171,2	153,8	130,1	130,2	120,0	113,2	105,2	100,0	93,8	89,6	84,7
6,5	D в *мм*	32,50	35,70	39,00	42,20	45,50	48,70	52,00	55,20	58,50	61,70	65,00
	f_1 в *мм*	0,0195	0,025	0,033	0,042	0,053	0,065	0,079	0,095	0,113	0,132	0,154
	τ_1 в *кг/мм²* . .	0,30	0,33	0,36	0,39	0,12	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60
	P_{max} в *кг* . . .	200,0	182,0	166,7	153,8	142,9	133,5	125,0	117,7	111,1	105,2	100,00

Применение таблицы можно иллюстрировать следующим примером. Требуется рассчитать П. сжатия при заданном $P_{max} = 100$ *кг* и $f_{max} = 60$ *мм* (типичные исходные данные клапанных и регуляторных П.). По таблице $P_{max} = 100$ соответствуют П. с $D = 51$ *мм*, $d = 6$ *мм*, $f_1 = 0{,}102$ или же П. с $D = 65$ *мм*, $d = 6{,}5$ *мм*, $f_1 = 0{,}154$, $\tau_1 = 0{,}60$ *кг/мм²*. По условиям конструкции и желаемой эластичности f_1, выбирается D наиболее подходящий для данного случая, например $D = 65$ *мм*. Тогда n определяется из ф-лы (23) $f = nf_1P$, т. е. $n = \frac{60}{100 \cdot 0{,}154} \cong 4$; $e = 16$ *мм* из ф-лы (24); $L_1 = 96{,}5$ *мм* из ф-лы (25). Т. о. получаются размеры, характеризующие П.

При желании получить меньшее рабочее напряжение, напр. при $P = 50$ *кг*; $\tau_d = 40$ *кг/мм²* вначале определяют $\tau_1 = \frac{40}{50} = 0{,}8$ и затем по таблице отыскивают соответствующие значения для D, d и f_1.

Еще более быстрый метод расчета заключается в применении графич. построений в виде номограмм, особенно с логарифмич. анаморфозой, которые по своей наглядности, скорости и удобству манипулирования имеют все преимущества для практики, когда требуется быстро определить ориентировочные размеры П. в целях возможно экономичного сочетания отдельных звеньев механизма. Принципы построения номограмм изложены у d'Ocagne [11] и у проф. П. П. Соколова [12]. Один из простейших видов номограммы в плоских декартовых логарифмических координатах предложен В. Фишером. Метод основан на принципе логарифмирования ур-ия (2), приведенного к виду

$$PD = \frac{\pi}{8} d^3 \tau_d = 1\,766 d^3, \quad (26)$$

при $\tau_d = 4\,500$ *кг/см²* и $G = 8\,500$ *кг/мм²*. Обозначая $p = \frac{P_{max}}{f_{max}}$ жесткость или калибр П. в *кг/см* (нагрузка П. при прогибе в 1 *см*), максимальный прогиб в *см* $f_{max} = L_1 - l$, $i = \frac{D}{d}$, имеем

$$D^2 = \frac{i^3}{1766} P. \quad (27)$$

Логарифмируя оба ур-ия, получаем:

$$\lg P + \lg D = \lg 1766 + 3 \lg d, \quad (26a)$$

$$\lg P - 2 \lg D = \lg 1766 - 3 \lg i. \quad (27a)$$

На фиг. 13 дано графич. изображение этих ур-ий, причем lg D служит ординатой, а lg P—абсциссой. Прямые для i строят так: считая минимальным значение $i = 3$ (допускается только в случаях особой жесткости П. при малом τ_{max}) при $D = 1$ *см*, получим из ур-ия (27a)

$$\lg P^3 = \lg 1766 - 3 \lg 3 = \lg 65{,}4.$$

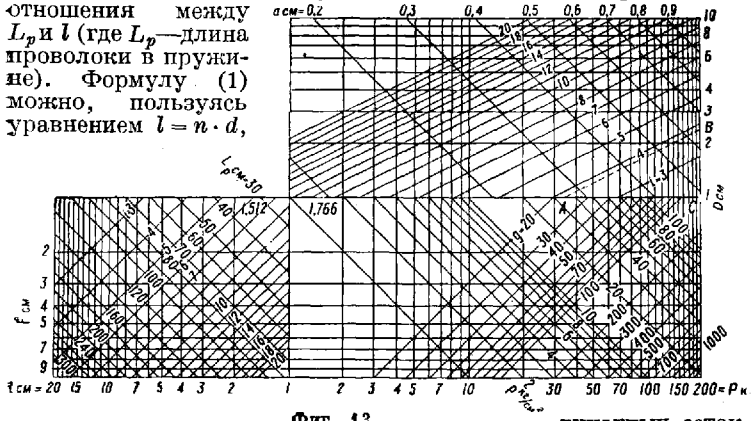
Через точку 65,4 на оси P проводят прямую, наклон к-рой 1:2 ($AC:BC = 2$, фиг. 13), параллельно ей проводят серию прямых $i = \text{Const}$. Далее строятся графики для соотношений, определяющих по предложению

Кирша-Фишера вес П. g в $г$ при уд. в. $\gamma = 7{,}96$ $кг/дм^3$ и жесткость $p = \frac{P}{f}$. Считая работоспособность пружины $A_0 = 5{,}95\ V$ (из ф-лы $A_0 = \frac{Pf}{2} = \frac{1}{4}\frac{\tau_d^2}{G} V$), получаем

$$Pf = 2A_0 = \frac{11{,}9g}{\gamma} \cong 1{,}5\,g, \qquad (28)$$

к-рое и логарифмируется.

Последняя пара взаимно связанных ур-ий рассматриваемого цикла устанавливает соотношения между L_p и l (где L_p—длина проволоки в пружине). Формулу (1) можно, пользуясь уравнением $l = n \cdot d$,



Фиг. 13.

привести к виду, удобному для логарифмирования:

$$fl = \frac{\tau_d}{\pi G} L_p^2 = 0{,}00168\, L_p^2, \qquad (29)$$

$$\frac{f}{l} = \frac{\pi L_p d}{G} i = 0{,}0163\, i^2. \qquad (30)$$

Так строятся параметры L_p. Аналогично находятся и значения i; при $f = 1$ $см$

$$\lg l_4 - \lg l_3 = 2\,(\lg 4 - \lg 3).$$

В удобствах интерполирования масштаб графика делают возможно бо́льшим, а градации параметров устанавливают через 0,1—0,5 $мм$ или 1, в зависимости от желаемой степени точности. Данная циклограмма позволяет при заданных, напр. D, P и f, подобрать соответствующие значения для остальных составляющих d, i, p, g, l, L_p и n. В случае получения десятых и сотых долей $мм$ у d и D целесообразнее округлять цифры до целых чисел, согласно требованиям стандартных размеров. Допустим требуется поставить П. для нагрузки $P = 70$ $кг$ и деформации $f = 20$ $мм$. По конструктивным соображениям задаемся $i = 6$. В верхней части циклограммы в точках пересечения координаты P с параметром i находим $d = 5$ $мм$, а $D = 30$ $мм$, далее в правом нижнем прямоугольнике $g = 93$ $г$, $\tau_d = 35$ $кг/мм^2$, $l = 35$ $мм$, $L_p = 630$ $мм$. Число витков n получается из соотношения:

$$l = nd; \quad n = \frac{35}{5} = 7.$$

Описанная циклограмма, хотя и позволяет определять одновременно целый ряд неизвестных при минимальном количестве известных, все же страдает значительной громоздкостью, поскольку линию нахождения параметров приходится несколько раз прерывать, переходя из одной стороны координатной системы в другую. Очень удобной является диаграмма более упрощенного характера (фиг. 14) в координатах d и D [6]. Ур-ия (1) и (2) приведены к виду:

$$P = \frac{\pi \cdot 6\,000 \cdot 2}{16 \cdot 100} \cdot \frac{d^3}{D} = 11{,}8\,\frac{d^3}{D}, \qquad (31)$$

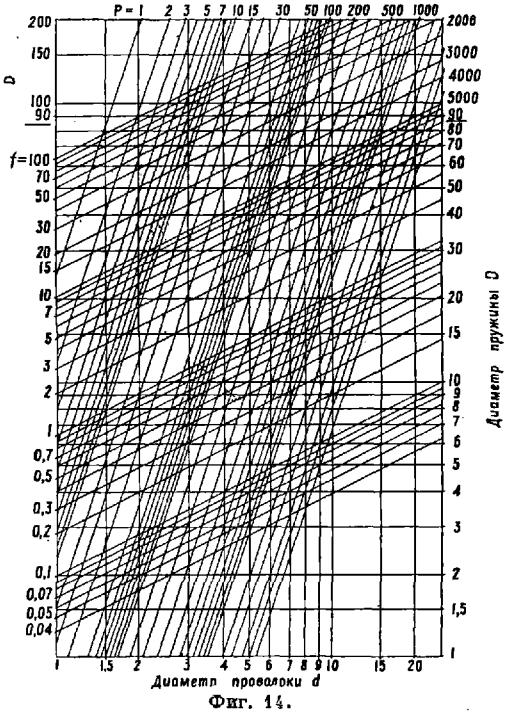
$$\frac{f}{n} = f_1 = \frac{4\pi \cdot 6\,000}{800\,000 \cdot 4} \cdot \frac{D^2}{d} = 0{,}0111\,\frac{D^2}{d}. \qquad (32)$$

После логарифмирования:

$$\lg d - 2\lg D = \lg 0{,}0111 - \lg \frac{f}{n}, \qquad (33)$$

$$3\lg d - \lg D = \lg P - \lg 11{,}8. \qquad (34)$$

Пользование такой таблицей весьма полезно при известных P и f для нахождения D, d и n. Варьируя d и D, можно подобрать такое соотношение, к-рое для данных специфич. условий работы П. является наиболее рациональным. Указанные диаграммы требуют для своего построения наличия логарифмич. сетки. С помощью счетной логарифмической линейки весьма легко построить диаграмму, основанную на принципе выравненных точек в параллельных координатах. Главным достоинством этого метода является полное отсутствие координатных сеток, которые по необходимости всегда должны выполняться тонкими линиями, загромождая график в ущерб ясности.



Фиг. 14.

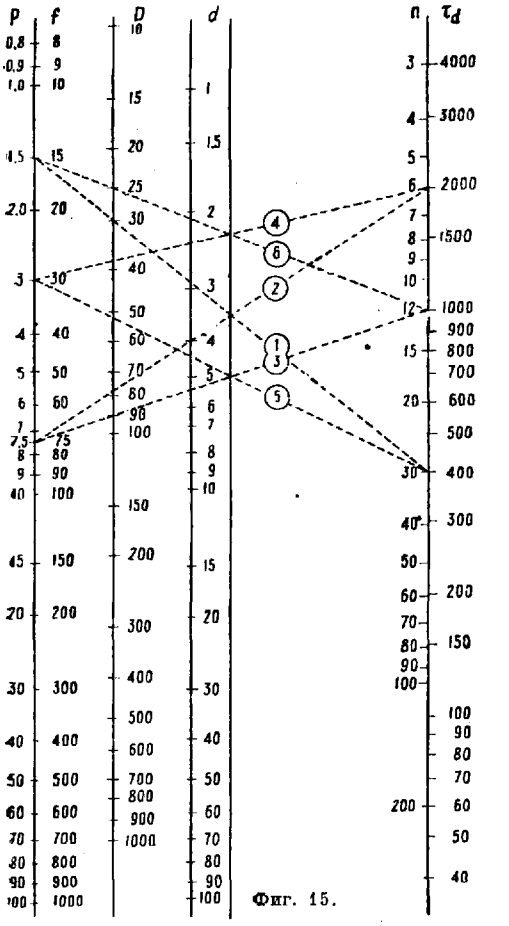
На фиг. 15 представлена номограмма (Fluchtlinientafel), аналогичная предложенной E. Janssen'ом [13] при $G = 8\,000$ $кг/мм$. Эта номограмма представляет собою геометрич. воплощение трех ф-л:

$P = \frac{\pi d^3}{8D} \cdot \tau_d$ связывает линии *1—2*, (а)

$f = \frac{nD^3 P}{100\,000\, d^4}$ » » *1—3—5*, (б)

$\tau_d = \frac{255\,000 \cdot f \cdot d}{nD^2}$ » » *1—4—6*. (в)

Схема зависимости переменных и параметров указана на фиг. 11. Контролем правильности расчета служит образование за-



Фиг. 15.

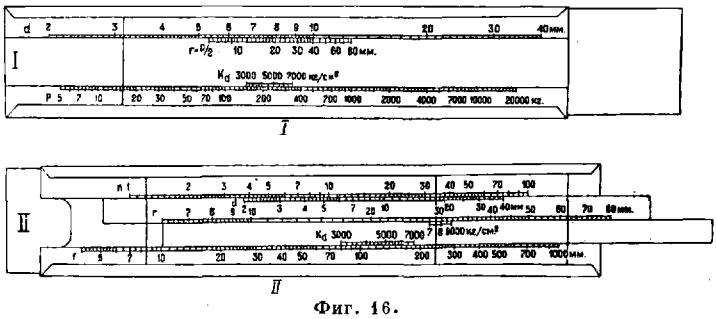
мыкающейся на себя неравноугольной 6-конечной звезды. По номограмме фиг. 15 линия (*1*) дает $D=30$ и $d=3$ *мм*. Задавшись напряжением напр. $\tau_d=2\,000$ *кг/см²*, мы по зависимости (*а*) находим усилие на пружину $P=7{,}5$. Далее, считая, что f должно равняться 30 *мм*, находим по линии (*5*) из зависимости (*б*) точку пересечения с нейтральной линией и, проводя через нее линию (*3*) из P, находим $n=12$. Ясно, что комбинации с параметрами и переменными по данной номограмме м. б. весьма обширны. Упрощенный вид номограммы для зависимостей

$$P = 23{,}6\frac{d^3}{D}\cdot\frac{f}{n} = 0{,}0236\frac{D^2}{d}$$

при 8 000 *кг/мм²* и $\tau_d=60$ *кг/мм²* (расчетные параметры, принятые для П. с.-х. машин и орудий) имеет 4 линии, связывающие P, d, D и $\frac{f}{n}$. Из построения ясно, что например при заданном D легко можно подобрать наиболее подходящие размеры остальных элементов П. По своей простоте и доступности для понимания даже слабо сведущего в номографии лица график этот заслуживает особого внимания. Им следует пользоваться во всех случаях, где требуется быстрый ориентировочный расчет и имеется логарифмич. линейка, по которой и наносятся деления. Обобщая принципы построения всех рассмотренных выше наиболее характерных групп номограмм для расчета винтовых проволочных П. сжатия и растяжения, можно установить три категории. 1) Номограммы в нормальных декартовых координатах с логарифмич. анаморфозой; в простейшем виде они не дают возможности решать полностью задачу о выборе рациональных возможных решений для всех элементов П. без заданных нескольких известных. В более углубленном и усложненном виде (фиг. 13) номограмма представляет большие трудности для выполнения даже при наличии готовой логарифмич. бумаги. 2) Номограммы в полярных координатах; большим недостатком их является трудность выполнения, неосуществимая в обычных условиях заводской практики. 3) Третий тип номограмм—в параллельных координатах—является наиболее доступным и легким, т. к. для разметки значений достаточно пользоваться логарифмич. линейкой (обыкновенно средним движком).

При всякого рода расчетах П. сжатия и растяжения надлежит пользоваться дифференцированными значениями переменных ф-лы Рело (18)—(25) для ускоренного нахождения всех величин, характеризующих свойства искомой П. Вопрос о выборе вида графика решается в зависимости от рода заданных величин, обусловливаемых самой конструкцией. Чаще всего задается P, f и l, поэтому удобнее применять график фиг. 14 или 15. Полезно после окончательного выбора основных данных П. проверить их значение аналитич. методом по ф-ле Рело. Не следует также забывать, что ф-лы (1) и (2) достаточно справедливы только для $\frac{D}{d}>4$, поэтому заходить за этот предел, даже при желании иметь очень жесткую П., не рекомендуется.

В настоящее время в большом ходу различные счетные приборы, к-рые нашли применение и в расчетах П., напр. прибор дискообразного типа, состоящий из двух концентрич. кругов, из к-рых верхний прозрачный; круги имеют по окружности деления в логарифмич. масштабе. В основе постро-



Фиг. 16.

ния лежит логарифмированная ф-ла (1), приведенная к виду

$$f = \frac{8\,PD^3n}{Gd^4}$$

при $G=7\,100\,000$ *кг/см²*. Вращая подвиж-

Табл. 2.—Сравнительная характеристика номограмм.

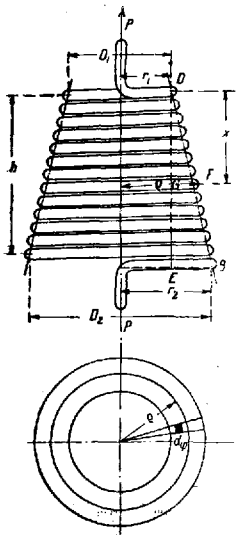
Составители таблиц	Значения координатных осей X	Y	Параметры	Достоинства таблицы	Недостатки
Фишер	P P l	D f f	d, i $P\left(\frac{P}{f}\right)$, g i, L_p	Возможность графич. расчета веса и длины проволоки на пружину (важно для смет и калькуляций)	Сложность построения, увеличение вероятности неточностей вследствие двух- и трехкратных переходов из одной системы координат в другую
Рагоци	d d	P_1 (при $\frac{F}{n}=1$) $\tau' d$	D D	Наглядность и простота построения	Длительность расчета и повышение неточности вследствие наличия двух диаграмм. Неудобство в маневрировании с переменной n
Менцель	d	$r\left(\frac{D}{2}\right)$	f_1, P, τ_d	Возможность в одной диаграмме получить 3 параметра	Громоздкость построения, повышение неточности, благодаря пересечению координатных осей
Шлефке [8]—Пименов	D	d	f_1, P	Простота построения, наглядность, наименьшая вероятность неточностей благодаря одной системе координат (при логарифмич. анаморфозе)	Для получения производных размеров пружины (n, l, g, L_p и пр.) необходимо проделать дополнительный ряд расчетов по приведенным ф-лам (18)—(25). Недостаток общий для всех графиков (частично устраненный в номограмме Фишера)
«Maschinenbau» (1928, 6)	D	$\frac{P}{\tau_{max}}$ — $\frac{f}{\tau_{max}}$	d, f	Удобство маневрирования размерами P или F (в зависимости от задания). Возможность применения для больших диапазонов с D и d без экстраполирования	Сложность построения и пользования. Необходимость предварительного расчета $\frac{P}{\tau_{max}}$ или $\frac{f}{\tau_{max}}$

ную шкалу, можно подобрать экономич. размеры пружины. Однако сложность выполнения таких приборов (нанесение шкалы) и малая долговечность их не позволили им привиться в практике. Значительно совершеннее специальные счетные линейки, предложенные AEG (фиг. 16). Первая линейка связывает неизвестные по ур-ию:

$$P=\frac{\pi d^3}{16\,r}\tau_d,$$

вторая

$$f=\frac{4\,\pi r^3}{dG}\tau_d.$$



Фиг. 17.

Расчет П. из проволоки прямоугольного сечения. П. с квадратным и прямоугольным сечением имеют несколько меньшее напряжение, чем аналогичного по размеру сечения П. из круглой проволоки. Для квадратной проволоки со стороной a

$$Pr=0{,}208\,a^3\tau_d.$$

Потенциальная энергия θ пружины, сжатой силой P, выражается ур-ием:

$$\theta=\frac{1}{2G}\int_0^V(\tau_y^2+\tau_z^2)\,dF\,dx=\frac{3M^2l}{a^4G}=\frac{6\pi P^2r^3n}{a^4G};$$

принимая линейный закон возрастания нагрузки P при деформации П., имеем $\theta=0{,}5\,Pf$, откуда

$$f=\frac{12\pi Pr^3n}{a^4G}=\frac{3\pi PD^3n}{2a^4G}.$$

Подробный расчет имеется у К. Вебера и И. И. Бобарыкова [15]. Для П. прямоугольного сечения:

$$P=\eta_2 kb^3\frac{\tau_d}{r},$$

$$f=\frac{2\pi nr^3}{\eta_3 kb^4}\cdot\frac{P}{G}=\frac{1}{\eta_3 k}\frac{r^2l}{b^4}\cdot\frac{P}{G}=\frac{\eta_2}{\eta_3}\frac{rl}{b}\frac{\tau_{max}}{G},$$

где k—отношение большей стороны прямоугольного сечения к меньшей, равной b, l—длина выпрямленной проволоки П. Значения η^2 и η^3 для различных k приведены ниже.

k	1	1,5	2	3	4	6	8
η_2	0,208	0,231	0,246	0,267	0,282	0,299	0,307
η_3	0,140	0,196	0,229	0,263	0,281	0,299	0,307

Расчет конических пружин. Для увеличения жесткости П. выполняется в форме конуса, образованного винтовой линией, причем чаще применяется форма усеченного конуса (фиг. 17). Здесь напряжение в различных витках меняется от τ_{max} в нижнем витке до τ_{min} в верхнем.

$$\tau_{min}=\frac{16\,PD_1}{2\,\pi d^3};\quad \tau_{max}=\frac{16\,PD_2}{2\,\pi d^3}.$$

Деформация определяется из потенциальной энергии

$$\theta=\int_0^V\frac{\tau^2}{4G}\,dv=\int_0^{\varphi}\varrho F\frac{\tau_x^2}{4G}\,d\varphi, \qquad (35)$$

где τ_x—напряжение в витке, отстоящем от

верхнего основания конуса на расстояние x, ϱ—соответствующий радиус конуса, F—площадь сечения проволоки П., v—объем П. и $d\varphi$—элементарный центральный угол. Из подобия тр-ков DEB и DGF имеем

$$\frac{\varrho - r_1}{x} = \frac{r_2 - r_1}{h}; \qquad (36)$$

напряжение

$$\tau_x = \frac{P\varrho}{W_0} = \frac{16 P\varrho}{\pi d^3}.$$

Преобразуя выражение (35), получим

$$\theta = \frac{FP^2}{4GW_0^2}\int_0^{\varphi} \varrho^3 d\varphi_x = \frac{FP^2\varphi}{4GW_0^2 h}\int_0^h \varrho^3 dx =$$

$$= \frac{FP^2\varphi}{4GW_0^2 h}\int_0^h \left(\frac{r_2 - r_1}{h}x + r_1\right)^3 dx.$$

Деформация f получится как производная от θ по силе P; подставляя $F = \frac{\pi d^2}{4}$, а $W_0 = \frac{\pi d^3}{16}$, получаем:

$$f = \frac{P\varphi}{4 I_0 G}\cdot\frac{r_2^4 - r_1^4}{r_2 - r_1}.$$

Принимая $\varphi = 2\pi n$, имеем

$$f = \frac{16 Pn}{Gd^4}\cdot\frac{r_2^4 - r_1^4}{r_2 - r_1} = \frac{16 Pn}{Gd^4}(r_2 + r_1)(r_2^2 + r_1^2). \qquad (37)$$

Если П. имеет форму правильного конуса, выражение (37) приобретает вид:

$$f = \frac{16 Pnr^3}{Gd^4}.$$

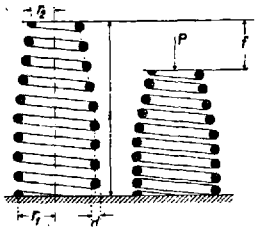
В случае П. с переменным диаметром сжатие конической П. определяется из следующего ур-ия

$$f = \frac{16 r^2 lP}{\pi d^4 G} = \frac{rl\tau_d}{dG},$$

а общее сжатие винтовых П. смешанного типа (n_1 витков цилиндрич. части и n_2 витков конич. части) (фиг. 18) вычисляется по приближенной ф-ле:

$$f = \frac{64}{d^4}\cdot\frac{P}{G}n_1 r_1^3 + \frac{16}{d^4}\cdot\frac{P}{G}n_2(r_1 + r_2)(r_1^2 + r_2^2), \qquad (38)$$

причем все обозначения фиг. 18 выражены в *кг* и *см*. Расчет f м. б. упрощен тем, что конич. часть винтовой П. предполагается замененной цилиндрич. частью радиуса r_1, таким образом, что общее сжатие f остается неизменным. Число витков $n_1 + n_r$ этой заменяющей П. определяется совместным решением ур-ия



Фиг. 18.

$$f = \frac{64}{d^4}\cdot\frac{P}{G}(n_1 + n_r)r_1^3$$

с ур-ием (38):

$$n_1 + n_r = n_1 + \frac{n_2}{4}\left[1 + \frac{r_2}{r_1} + \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 + \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3\right] = n_1 + kn_2,$$

где

$$k = \frac{1}{4}\left[1 + \frac{r_2}{r_1} + \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 + \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3\right].$$

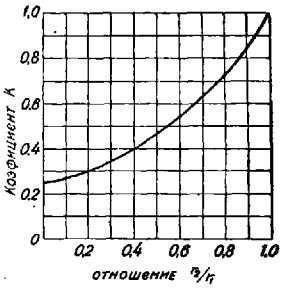
Значение k в зависимости от величины r_2/r_1 определяется графически по диаграмме фиг. 19.

В случае проволоки квадратного или прямоугольного сечения для мощных, компактных конич. П. применяются следующие расчетные ф-лы:

$$P = \eta_2 \cdot kb^3\frac{\tau_d}{r}; \qquad (39)$$

$$f = \frac{\pi}{2\eta_2}\cdot\frac{nr^3}{b^4 h}\cdot\frac{P}{G} = \frac{1}{4}\cdot\frac{\eta_2}{\eta_3}\cdot\frac{rl\tau_d}{bG}, \qquad (40)$$

$k \geqslant 1$—отношение сторон прямоугольного сечения; значения η_2 и η_3 указаны выше. При П. в форме усеченного конуса вместо r^2 вставляется $(r_1^2 + r_2^2)$, а вместо l (или $2\pi nr$) вставляется $\pi n(r_1 + r_2)$.



Фиг. 19.

Расчет времени действия П. Сопротивление П. сжатия перемещению на величину x равно

$$P_x = \frac{Gxd^4}{64 nr^3}.$$

Ур-ие движения отсюда приобретает вид:

$$\frac{P}{g}\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{Gxd^4}{64 nr^3} = 0.$$

Обозначая [16]

$$\frac{g}{s} = \frac{Ggd^4}{64 nr^3},$$

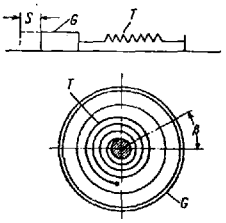
находим:

$$t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{64 nr^3 l}{Ggd^4}},$$

где t_1 — время одного колебания; для квадратного сечения проволоки со стороной a квадрата

$$t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{44.8 r^3 n}{Gga^4}}.$$

J. S. Beggs [16] предлагает экспериментальные ф-лы, проверенные осциллографом. Обозначая (фиг. 20) G — вес перемещаемого тела в фн., τ_1—начальное усилие П. T в фн., τ_2—конечное усилие П. T в фн., S—путь, проходимый телом в дм., α — угол, причем $\sin\alpha = \sqrt{\frac{\tau_1 - \tau_2}{2\tau_1}}$, t_1— время в



Фиг. 20—21.

ск., потребное для перемещения груза G на расстояние S. Из τ_1 и τ_2 д. б. вычтена та часть напряжения, которая расходуется на преодоление трения.

$$t_1 = 0{,}001776\sqrt{\frac{GS}{\tau_1 - \tau_2}}\cdot\alpha.$$

В пружинах кручения (фиг. 21)

$$t_1 = 0{,}0002346\sqrt{\frac{\beta\cdot Gk^2}{\tau_1 - \tau_2}}\cdot\alpha,$$

где k—радиус вращения ц. т. груза относительно оси вращения, β—угол, на к-рый повернуто тело, τ_1—первоначальный вращающий момент П., τ_2—конечный вращающий момент.

Колебания П. Вибрация П. в быстроходных механизмах (клапаны) улавливается акустически и кинофильмой. Преждевременные поломки часто находят свою причину в явлении резонанса, т. е. совпадении частоты собственных колебаний П. с вынужденными от открытия-закрытия клапанов. При конструировании вибрирующих

П. должно предусматривать безопасный коэф. Для определения частоты собственных колебаний n применяется ф-ла: 443

$$n = m\sqrt{\frac{\tau'}{G}},$$

где n—число гармонич. колебаний в мин., T—упругость П. в *кг/см²*, G—вес активно действующего участка П., m—коэф., величина к-рого у различных исследователей различна: 846 (Рикардо), 531 (Кларк), 589 (Розанов). Первые два коэф-та относятся к П. без первоначального поджатия и с закрепленными концами. Для гарантии прочности П. необходимо амплитуду собственных колебаний П. иметь возможно меньшей, а частоты собственных и вынужденных колебаний д. б. числами, взаимно простыми, причем частота собственных колебаний должна значительно превышать частоту принудительных колебаний. По данным A. Swan число вибраций в мин., вызываемых одним толчком, в клапанных П. достигает 8 000—16 000, составляя в среднем 12 000. Частоту он рекомендует определять по ф-ле: 543

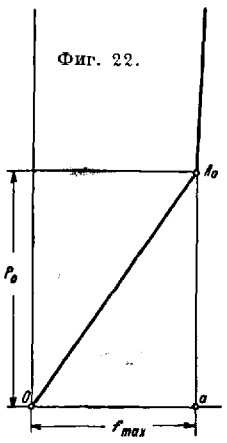
$$n = \frac{62{,}4d_0\sqrt{G}}{r \cdot L},$$

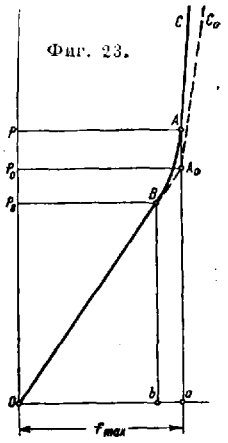
где D—диам. проволоки в дм.,? —шаг витка при закрытом клапане в дм., G—модуль упругости в фн/дм. ², r—радиус витка в дм., L—рабочая длина П. при закрытом клапане в дм. Исходя из опасных для прочности условий работы клапанных П., «Machinery Handbook,» рекомендует для них коэф. безопасности, равный 4.

Влияние усталости. Подвергаясь продолжительному действию напряжения, материал проволоки устает, и упругие свойства его ухудшаются. Явление усталости форсируется частой переменой нагрузок, что вызывает преждевременные поломки. Разрушение наступает после определенного количества циклов нагрузок, соответствующего определенному критическому напряжению, зависящему от размеров П. и качества материала. На основании результатов многочисленных испытаний П. из стальной проволоки SAE 1 360, после совершенно однородной термич. обработки, получено, что напряжение на пределе усталости составляет 3 000 *кг/см²* вместо статического предела упругости, равного 9 200 *кг/см²*, т. е. в три раза меньше. Результирующая кривая усталости имеет форму почти правильной логарифмич. кривой. Усталость П., как ф-ия многих факторов, еще не является достаточно изученной и не м. б. пока выражена твердой ф-лой зависимости от размеров, материала и усилий П. Замечено, что клапанные П. автомобилей и тракторов после 2—3-летней работы теряют 20—25% своей первоначальной упругости.

Влияние гистерезиса. При точных измерениях деформации при нагрузке и разгрузке до предела упругости линии зависимости P-f не совпадают вследствие запаздывания деформации при разгрузке в результате внутренних интеркристаллич. трений в материале, образуя т. о. петлеобразную кривую гистерезиса. В столь чувствительных измерительных приборах, как предметы точной механики (аналитич. пружинные весы, прецизионные амперметры и гальванометры) самолетный инструмент и др., гистерезис может оказать заметное влияние, на искажение истинных показаний. Одним из средств уменьшения гистерезиса до минимума является тщательная термич. обработка. В нек-рых специальных случаях гистерезис вызывается намеренно, чтобы парализовать нежелательное влияние колебания П. Такого рода устройства применяются в уравнительных системах электрич. локомотивов, системах подвешивания автомобилей и экипажей. Искусственные методы создания гистерезиса заключаются в применении поверхностного трения, гибкого зацепления резиновых поглотителей и жидких или газовых буферов, к-рые задерживают обратные деформации, образуя большей или меньшей ширины петлю гистеризиса.

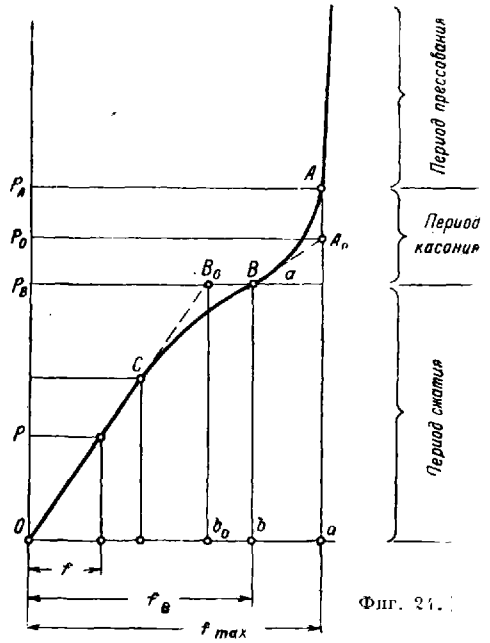
Испытание П. Назначение испытаний П. заключается в нахождении тех характеристич. показателей, к-рые определяют качество П. В П. сжатия-растяжения испытание производится определением зависимости между деформацией (изменением высоты) П. и нагрузкой и выявлением таким путем предела пропорциональности, отождествляемого практически с пределом упругости. Построенная по данным такого испытания диаграмма P-f дает возможность определить P и f для данной П. В отношении П. сжатия можно признать совершенно удовлетворительными результаты испытания, если они обнаружат следующее: 1) деформации, получаемые при сжатии, имеют упругий характер до момента соприкосновения витков; 2) соприкосновение всех витков наступает одновременно, что выражается в резком перегибе линии O—A в точке A (фиг. 22), после чего материал в П. под действием увеличивающегося груза уже работает только на сжатие, и линия зависимости выше A имеет вид почти вертикальной прямой. По-





следнее условие осуществимо лишь при наличии абсолютно правильных геометрич. форм проволоки и элементов самой П. (диаметр витков, шаг), а также идеальной однородности свойств материала по всей длине проволоки. Такая идеальная П. практически неосуществима, поэтому в месте A всегда наблюдается плавный перегиб (фиг. 23), тем больший, чем неоднороднее П. в своих элементах, что выражается прежде всего в неравномерном сближении витков при

деформировании. В слабых П. из недоброкачественного материала или неправильно сконструированных (большой шаг, малое отношение $\left(\frac{D}{d}\right)$ П. получает остаточную деформацию до момента соприкосновения витков, что выражается в переходе прямой линии зависимости в кривую на участке AB. Точка B означает предел упругости для данной П. Иногда участок CB (фиг. 24) при-



Фиг. 24.

обретает форму кривой, благодаря уменьшению жесткости $\left(\frac{P}{f}\right)$ П. вследствие изгиба ее оси (фиг. 25). Сопоставляя диаграммы идеальной (фиг. 22 и 23) и реальной П., инж. В. Р. Лоренц установил следующие качественные показатели для оценки П. по работоспособ-



Фиг. 25.

ности. Обозначая: T_n—абсолютная работоспособность реальной П., t—относительная работоспособность одного витка, V—площадь $OBAa$, v—площадь OBA_0a, m—масштаб диаграммы, имеем для реальной П.:

$$T_n = mV \text{ и } t = \frac{mV}{n};$$

для идеальной П. абсолютная работоспособность

$$T'_n = mv = \frac{P_0 f_{max}}{2},$$

а ее относительная работоспособность

$$t'_n = \frac{P_0 f_{max}}{2n}.$$

Сравнение работоспособности данной реальной П. с работоспособностью соответствующей ей приведенной идеальной П. по их диаграммам (кривые $OBAC$ и OA_0C_0) показывает, что 1) затрачиваемое усилие на одно и то же деформирование, а следовательно и работа, всегда больше у реальной П., чем у идеальной:

$$P_A > P_0;$$

2) П. тем хуже, чем больше избыточная работа, графически выражаемая участком BAA_0. Обозначая ее через N, имеем,

$$N = T'_n - T_n.$$

Избыточная нагрузка м. б. выражена через показатель

$$\Delta P = \frac{aA}{aA_0} = \frac{P}{P_0}.$$

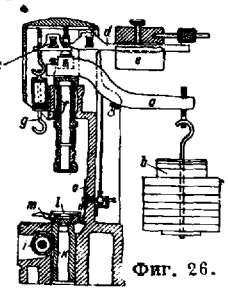
В П. по диаграмме фиг. 24 на участке CB, соответствующем искривлению оси П. (в П. с большим числом витков), жесткость уменьшается, достигая минимума в точке B—начале касания витков, и затем возрастает, как и в первом случае. Несовершенство П. здесь м. б. охарактеризовано двумя показателями: 1) величиной избыточной осадки

$$\Delta f = \frac{bb_0}{Ob_0},$$

2) величиной изменения жесткости

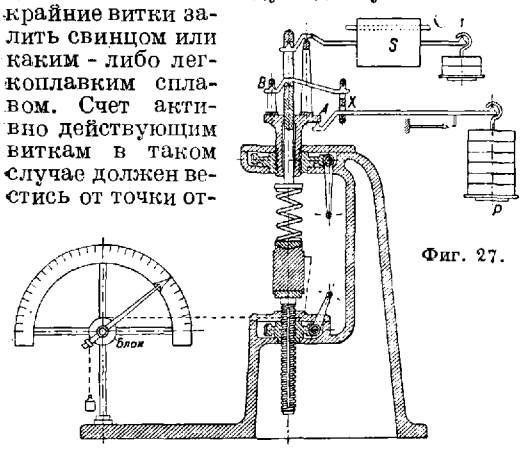
$$\Delta z = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\beta} = \frac{(P_0 - P_B)f}{P(f_{max} - f_B)}.$$

В современной практике испытания П. применяются разнообразной конструкции приборы, позволяющие с различной точностью определять зависимость между P и f в статич. условиях действия груза. Одна из новейших схем такого комбинированного станка представлена на фиг. 26 для испытания П. сжатия и растяжения. П. сжатия помещаются между упорами f и l. При вращении маховичком червячка i связанный с ним винт k поднимается кверху и, сжимая П., передает усилие неподвижному упору f, в верхней части которого помещается стальная призма, несущая на себе неравноплечий рычаг a. Уравновешивая давление П. соответственным грузом b, состоящим из чугунных плиток определенного веса, находят усилие P. Деформация П. отсчитывается индексом n, перемещающимся вместе с l кверху, на миллиметровой шкале o. При испытании П. растяжения действие груза b передается на равноплечий рычаг c и на подвешенную между прицепами g и m П. Рычаг d и противовес e служат для тарирования всей системы. Этого типа станки (Рейхертера, Амслера) рассчитываются на усилия 0,005—200 *кг* и деформации до 200—250 *мм*. Более мощные станки (Мор-Федергафф, Лозенгаузен) строятся на максимальное усилие до 5 *т*. В этих конструкциях помимо сменных грузов на главном рычаге помещен передвижной груз S, позволяющий с высокой точностью отсчитывать усилие.



Фиг. 26.

Точность отсчета деформаций можно увеличить введением нониуса или связав подвижную форму через блочную систему с лимбом, градуированным в долях *мм* (фиг. 27). Отношение плеч рычагов A и B выбрано так, что усилие в стержне X=18,75 P, а давление на П. в 4 раза больше усилия в стержне и окончательное давление равно 75 P. При испытании П. с необработанными концевыми витками следует для устойчивости крайние витки залить свинцом или каким-либо легкоплавким сплавом. Счет активно действующим виткам в таком случае должен вестись от точки отхода витков от поверхности заливки. Для испытания клапанных П. на усталость в условиях динамич. нагрузки существует машина Шенка (фиг. 28), позволяющая одновременно испытывать 16 П., что ценно для массовых контрольных испытаний на автомобильных и

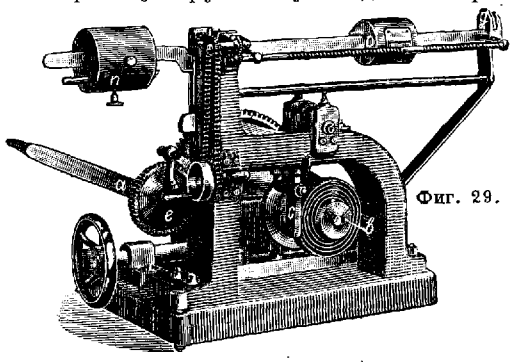


Фиг. 27.

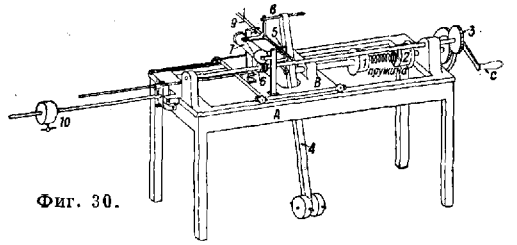

Фиг. 28.

авиационных з-дах. П. устанавливаются в два ряда в подвешенной на эластичных пружинных опорах стальной коробке, представляющей упругую качающуюся систему, и получают колебания от неуравновешенного барабана, помещенного внутри коробки. Барабан приводится во вращение шланговой передачей от электромотора, имеющего 1 500 об/м., в соответствии с чем координирована и центробежная сила неуравновешенного барабана. Колебания массы плиты, помещенной между двумя рядами П., подбираются соответствующей регулировкой т. о., чтобы они превышали на 10% нормальный подъем клапана. Вся система подвешена на 4 парах амортизаторных П., парализующих вредное действие сотрясений системы на фундамент машины. Испытание производится при 5 000 000 перемен (циклов) нагрузки и разгрузки. В машинах Амслера с автоматич. записью на индикатор диаграммы усилие-деформация очень удобно отсчитывать максимальное усилие на пределе пропорциональности. Для испытаний попеременной нагрузкой и разгрузкой с частотой до 1 000 пер/мин. имеются станки 1- и 2-ходовые (для одновременного испытания одной и двух П.), в к-рых П. нагружается сжатием или растяжением на определенную высоту штоком шатуна эксцентрика. Ход штока может меняться от 0 до max. Т. о. определяется предел усталости П. Число движений до момента разрушения регистрируется счетчиком, связанным с кривошипным валом.

Испытание спиральных П. скручивания обычно производится на станках типа, изображенного на фиг. 29, мощностью 300—500 *кг*. Внутренний конец П. укреплен на валике b, к-рый вращается зубчатой передачей от рукоятки a. Храповой механизм e позволяет удерживать П. в напряженном состоянии при определенном угле закручивания. Внешний конец П. c связан рычажной П. с грузом D, перемещающимся цепным приводом по горизонтальному рычагу со шкалой с делениями в *кг*. Момент уравновешивания отмечается по сближению вершин призм g. Груз n служит для выверки


Фиг. 29.

системы до начала испытания. Аналогичного типа машину специально для испытания часовых П. с крутящим моментом до 30 *кг см* строит з-д Лозенгаузена. Здесь П. получает периодич. нагрузку и разгрузку от кривошипа электропривода. Конструкция предусматривает автоматич. измерение момента кручения до и по окончании опыта. В данном случае П. испытывается в условиях, соответствующих естественной работе П. в часовом механизме. Для массовой проверки клапанных П. двигателей автомобиля или трактора применяют различн. приборы ручного действия, в к-рых поворотом рукоятки дается определенная осадка П., а стрелка гидравлич. месздозы, связанная с подвижным упором П., сразу отмечает усилие в *кг*.


Фиг. 30.

Такого типа приборы (Стивенса и др.) получили широкое применение на ремонтных базах, где проверяется степень усталости материала после продолжительной работы П. по потере жесткости и подбираются новые.

Испытание П. кручения производится на станках типа, изображенного на фиг. 30.

где скручивающий момент и угол поворота помимо регистрации на соответствующих лимбах отмечаются на диаграмме барабанного индикатора. Составные части станка: *A*—станина, по к-рой перемещается вдоль каретка *B*, несущая весь регистрирующий механизм: *1* и *2*—шайбы, между к-рыми закрепляется концами скручиваемая П.: шайба *2* вращается вокруг неподвижной оси от рукоятки *C*, и одновременно шайба *1* вращаясь перемещает *B* продольной силой, развивающейся при скручивании П.; рычажный груз *10* служит для уравновешивания натяжения каретки *B* при оттягивании ее П. Скручивающее усилие измеряется крутящим моментом рычага *4* со съемными грузами на его конце. Плечо момента отмечается по углу отклонения рычага *4* и отсчитывается прямо в *кгсм* на лимбе *5*, вращаемом червячной рейкой *9*, отодвигаемой рычагом *8* по мере отклонения П.; угол скручивания П. отмечается на градуированном лимбе *3*. Прибор позволяет получать диаграмму скручивания из сочетания вращения барабана *7* от червячка *6*, сидящего на валике, передающем угол закручивания, и продольного перемещения рейки *9*, соответствующего крутящему моменту. Кривая зависимости деформации в градусах от крутящего момента изображена на фиг. 31. Пунктирная кривая обозначает зону остаточных деформаций.

Калибрование. Для определения калибра П. кроме статич. метода нагрузки



Фиг. 31.

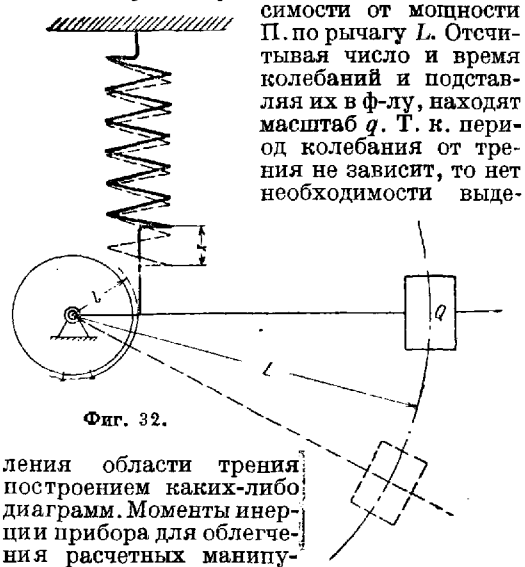
применяется динамический, не зависящий от неустранимого в первом случае трения в самом приборе, а поэтому являющийся более точным. Наиболее простым способом динамич. нагрузки является метод качания, предложенный проф. В. П. Горячкиным [17]. Его преимущество перед обычным способом динамич. калибрования заключается в том, что исключается необходимость получения и кропотливой обработки диаграммы касательных в вершинах затухающей волны и выявления области трения. Принцип этого метода заключается в следующем: на испытуемую П. действует груз Q (фиг. 32); если систему вывести из состояния покоя, то возникают колебательные движения, при к-рых существует равенство моментов:

$$q \cdot x \cdot l = J\frac{d\omega}{dt},$$

где q—масштаб (калибр) П., $q \cdot x \cdot l$—момент, создаваемый П., x—стрела (деформация) П., l—плечо, $J\frac{d\omega}{dt}$—инерционный момент сопротивления движения прибора. После преобразований, заменяя $\frac{d\omega}{dt}$ через $\frac{\omega^2 x}{t}$, приравнивая при малых колебаниях линейное ускорение ускорению колебательного движения, получаем.

$$q = J\frac{4\pi n^2}{3\,600\,l^2}.$$

По указанному принципу построен прибор, на котором П. приводится в колебательное движение грузом Q, перемещаемым в зависимости от мощности П. по рычагу L. Отсчитывая число и время колебаний и подставляя их в ф-лу, находят масштаб q. Т. к. период колебания от трения не зависит, то нет необходимости выде-



Фиг. 32.

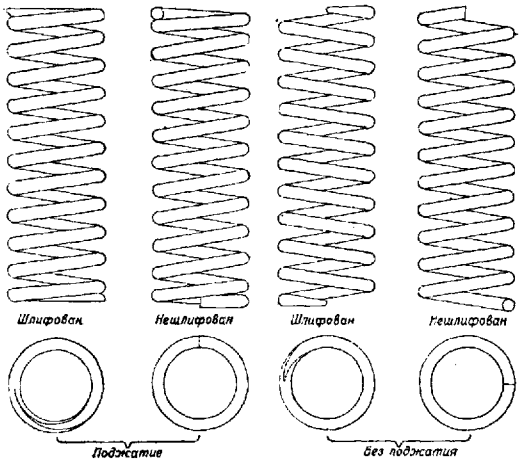
ления области трения построением каких-либо диаграмм. Моменты инерции прибора для облегчения расчетных манипуляций заранее подсчитывают и вставляют в готовом виде в ф-лу.

Нормализация. Многообразие форм и размеров пружин круглого сечения, зачастую не оправдываемых требованиями рациональной конструкции, но весьма затрудняющих и усложняющих производство, побудили ряд организаций (Deutsche Ausschus für Federn; American Research Committee for Springs) сделать попытку нормализовать наиболее употребительные в промышленности типы и размеры П. Ориентируясь на статистич. данные и исходя из соображений экономии производства (ограниченное минимальное количество оправок для навивки), простоты характеристики П. отношением $\frac{D}{d}$ удобства маневрирования для конструктора при подборе подходящей П., Герм. комитет по стандартизации П. наметил размеры П. сжатия и растяжения:

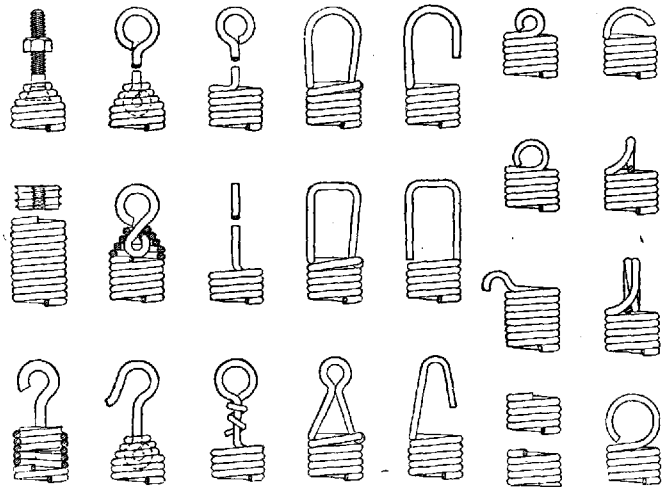
d	$\frac{D}{d}$	Колич. размеров
0,2—0,25—0,31—0,4	8 10 12,6 16	16
0,5—0,6—0,8	6,4 8 10 12,6	16
1,3—1,6—2—2,5	5 6,4 8 10	16
3,1—4,0—5,0—6,5	(4) 5 6,4 8 10	16(20)
8—10—12—16	4 5 6,4 8	16
20—25—(32)	4 5 6,4	6
—	—	86(90)

Диам. более мощных П. с проволокой 40 и 50 *мм* в виду их ограниченного применения пока в таблицу не введены. Хотя наименьшее $\frac{D}{d}$ обеспечивает самый небольшой расход материала, однако $\frac{D}{d} \leqslant 4$ с точки зрения рациональной конструкции П. не является благоприятным, но в таблице сохранено в силу часто практикующегося в машиностроении этого размера для жестких буферных механизмов. Указанный диапазон отношений $\frac{D}{d}$ чрезвычайно облегчает подбор оправок для навивки. В П. сжатия

с обработанными опорными витками для устойчивости необходимо зашлифовать в плоскость около $^3/_4$ крайнего витка, с допуском $\pm^1/_8$ витка (для ответственных П.



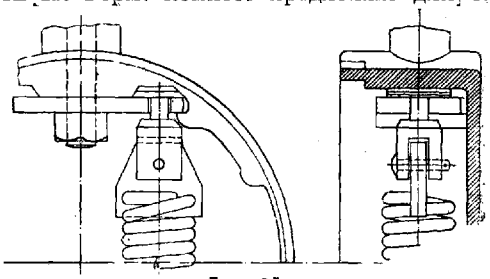
с.-х. машиностроения). Герм. комитет наметил для П. с $7^1/_2$—$12^1/_2$ действующими витками оставлять по обоим концам $1^1/_4$ подожатых (м е р т в ы х) витков, а для $2^1/_2$—$4^1/_2$ действующих витков—$^3/_4$ мертвого витка. На фиг. 33 изображены способы отделки концевых витков. Прицепы (у ш к и) П. растяжения устраиваются тремя основными способами (фиг. 34): 1) отгибом крайних витков, 2) ввинчиванием пробок, 3) навинчиванием на крайние витки металлич. пластинок. Простейший способ образования прицепов изгибом крайних витков страдает тем недостатком, что проволока в месте изгиба сильно деформируется—во время работы пружины здесь концентрируются наибольшие напряжения, и разрушение чаще всего наблюдается в отогнутых витках. По опытным америк. данным результирующее напряжение кручения и изгиба в основании отгиба больше чем вдвое превосходит общее напряжение в теле П. Равномерное



Фиг. 34.

распределение напряжений и соответственное выравнивание усилий по всей П. достигалось в нек-рых случаях диференциальным диам. концевых витков, сходящихся на конус. Особенно неблагоприятно устройство вычурных витков, создающих помимо того большие трудности и для производства. Наиболее удачным и простым способом изготовления является отгиб простым отводом крайнего витка в сторону с тем, чтобы точка прицепа располагалась на геометрической оси П. Ввертывание пробок с ушками представляет самый рациональный метод для обеспечения правильного равномерного распределения усилия по всем виткам. Более примитивным вариантом этого способа является навинчивание пластинок (фиг. 35). Германский комитет рекомендует: 1) отгиб ушков для проволок до 3,1 *мм*; 2) металлич. пластинки до 4 *мм* (включ.); 3) ввинчиваемые пробки—от 5 *мм* и выше. Последние два способа, исключая необходимость отгиба ушков, ставят производство П. растяжения в одинаковые условия с П. сжатия.

Д о п у с к и. Т. к. диам. проволоки входит в расчетные ур-ия в третьей и четвертой степенях, всякое, даже небольшое, изменение толщины проволоки очень чувствительно отражается на мощности и жесткости П. Герм. комитет предложил для тянутой проволоки применять нормы точности DIN 177, а для вальцованной—DIN 1612.



Фиг. 35.

Д л и н а П. Если взять две одинаковые по высоте П. растяжения с $nd=n_1d_1=1$, то уравнение (1) после подстановки $n=\frac{1}{d}$ примет следующий вид:

$$f=\frac{\pi\tau_d}{G}\left(\frac{D}{d}\right)^2.$$

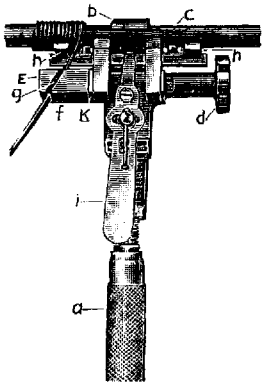
При равных G и τ_d обе П. будут иметь одинаковую деформацию, т. о. здесь f зависит от отношения $\frac{D}{d}$. Инж. Р. Гейер [19] предложил нормализовать длины П., классифицируя по P_{max}, в соответствии с рядом нормальных диам. (DIN 3). При P_{max} он рекомендует в П. сжатия еще иметь зазор в $\frac{f_{max}}{4}$, так. обр.:

$$L_1=l+\frac{f}{4}.$$

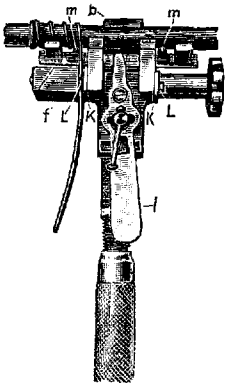
Расположенные по P_{max} П. должны быть скорректированы по D_a и D_i (D_a—внешний диам. П., D_i—внутренний). Отклонения в $\frac{D}{d}$ допустимы в пределах $\pm$ 10 %. Ориентируясь на округленное число витков, можно определить для пружины растяжения длину в 2, 3, 5, 8 и 12 n. Ограничение пятью ступенями упрощает сортамент, а получение более длинных пружин пойдет за счет комбина-

ции коротких, напр. $(n=5)+(n=12)=(n=17)$. Это вполне осуществимо для П. сжатия, работающих на стержнях. Вообще же длинные П. сжатия всегда целесообразнее заменять П. растяжения путем реверсивного изменения конструкции. Предварительное напряжение Р. Гейером рекомендуется в $^1/_3 P_{max}$ при $d=5$ *мм*, а для $d \geqslant 5$ *мм* в $^1/_4 P_{max}$. Как правило, выгоднее применять большое предварительное напряжение—этим экономятся самые размеры П. Для П. сжатия предложен 6-ступенчатый ряд с $n=10$; 15; 20; 25. Комбинирование производных П. легко осуществимо при помощи соединения нарезными муфтами.

Производство П. Пластинчатые П. изготовляются штамповкой из листовой стали в горячем состоянии и подвергаются последующей термич. обработке. Спиральновитые П. производятся: 1) вручную, 2) на токарных станках со специальным приспособлением, 3) на автоматах. Автоматы применяют гл. обр. на крупных з-дах, специализировавшихся на массовом производстве П.; з-ды с серийным выпуском пользуются обычно приспособлениями для токарных станков и ручными приборами. На фиг. 36а и 36б изображен ручной прибор

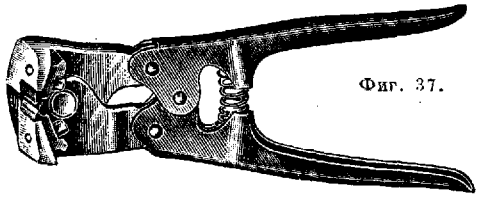


Фиг. 36а.

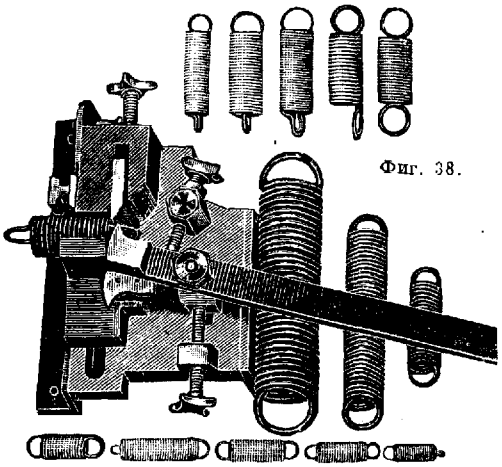


Фиг. 36б.

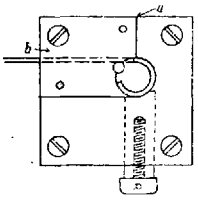
«Гелиос» для навивки П. сжатия с зазором между витками и П. растяжения с предварительным натяжением между соприкасающимися витками. Этот станок заключает в себе рамку b, прижимаемую к оправке c вращением ручки a с нарезанным стержнем. Конец навиваемой проволоки пропускается в отверстие, просверленное в оправке, как указано справа на фиг., или захватывается специальным держателем. Вращением махсвичка d раздвигаются щеки e и f и между ними в косой прорез с полукруглыми стенками закладывается проволока. Проволока подается снизу и пропускается


Фиг. 37.

в прорезе по направляющему болту g. Рукоятка i служит для установки стального шипа h, положение к-рого определяет степень предварительного напряжения витков П. растяжения. Регулировочный рычаг снабжен шкалой для регистрации его положения при определенном натяжении проволоки. На фиг. 36а представлена навивка П. с ле-


Фиг. 38.

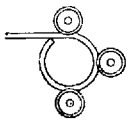
вым шагом; при необходимости получения правого шага оправка вращается в противоположную сторону, а проволока в прорез пропускается сверху. В случае, если станок не имеет обратного хода, винт d с зажимом e—f переставляется наоборот, и проволока проходит справа. При навивке П. сжатия с зазором между витками проволока закладывается между щеками L и K (фиг. 36б) и зажимается винтом от d, как и в предыдущем случае. При первом обороте образуется правильное замкнутое кольцо, которое служит начальным витком, затем, устанавливая определенным образом выступ m, разделяющий витки, находят необходимой величины шаг; чем дальше отодвинута регулировочная пластинка n, тем больше получается шаг витков. Эти приспособления фирмой C. Faust (Stuttgart) строятся трех размеров: 1) для проволок 0,2—1,5 *мм*; 2) 0,5—5 *мм* и 3) 2—12 *мм*. Последние два размера имеют дополнительный штуцер, предохраняющий прибор от перекоса силой деформируемой проволоки. Для отрезания концов проволоки употребляют специальные кусачки с двухоборотными сменными лезвиями (фиг. 37). Для отгиба ушков в П. растяжения одним из ручных приборов является аппарат «Гелиос», к-рый одним движением рукоятки дает законченной формы концевой виток. Действие его ясно из фиг. 38. Производительность такого прибора по данным фирмы для проволоки $d=3 \div 3{,}5$ *мм* 1 000 шт. в час. Форма ушков может быть разнообразная (фиг. 38).



Фиг. 39.

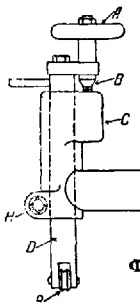
Специальные станки для изготовления П. строятся по двум принципам действия. Первый заключается в образовании витка проталкиванием проволоки в спиральный желобок матрицы u из тангенциального канала b (фиг. 39); второй дает образование витка путем обкатки роликами. В машинах первого типа та часть матрицы, которая подвергается усиленному действию трения,

делается переставной. Этот способ применяется гл. обр. для очень малых диам. витков, когда применение обкатных роликов технически чрезвычайно затруднительно. Роликовые станки строятся многообразных типов. Принцип работы их заключается в захватывании конца проволоки и обкатывании вокруг оправки или без нее (фиг. 40).



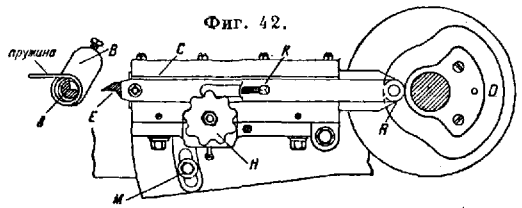
Фиг. 40.

В машинах второго типа ролики имеют желобчатую выемку по периферии и устанавливаются под различным наклоном друг к другу, чем и обусловливается размер шага навиваемой П. Для установки на различные диам. витков устраивается регуляторное приспособление, состоящее из маховичка A (фиг. 41), вращая к-рый, ввинчивают стержень B в кронштейн C; одновременно с B перемещается сопряженный с ним валик D, несущий на другом своем конце обкатный ролик R. Ручка служит для поворота валика D вокруг его оси и наклона т. о. ролика R на различный угол к плоскости подачи П. в зависимости от желаемого размера шага. Положение валика D фиксируется затяжкой болтом H, защемляющим обе половинки обоймы кронштейна, несущей валик. Станки бывают непрерывного действия, свивающие длинную спираль, к-рая затем под винтовым прессом обсекается по требующимся размерам П., автоматы же действуют периодически, обрезая проволоку готовых П. с помощью специального дополнительного механизма, изображенного ниже на фиг. 42. В навиваемой П. внутри



Фиг. 41.

Фиг. 42.

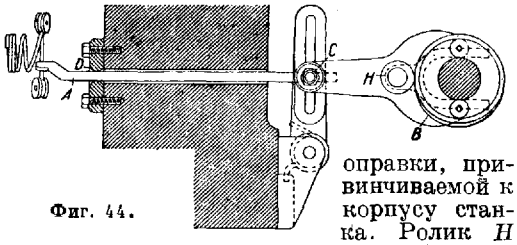


помещается штамп A, режущий край которого подводится регулированием подвески B до соприкосновения с внутренней стороной витка. Ползун C имеет прямолинейное возвратное движение от эксцентрика D, на конце он несет стальной закаленный резачок E, который обсекает проволоку, входя в прорез штампа A. Ролик ползуна R и дорожка эксцентрика имеют твердую закаленную поверхность. Отводка ползуна иногда производится П. Винт K служит для регулировки положения резачка для П. разного диам., болт M позволяет по мере надобности перемещать все приспособление в вертикальном направлении, а маховичок H—в горизонтальном. Для удерживания П. при навивке в горизонтальном направлении имеется коромысло A (фиг. 43), вращающееся вокруг точки B. Левая часть коромысла связана с подвижным шпинделем C, конусная головка к-рого несет начальный виток П. Коромысло приобретает колебательное движение от скошенного диска D, вращающегося от привода станка. Движение шпинделя C согласовано т. о., что он



Фиг. 43.

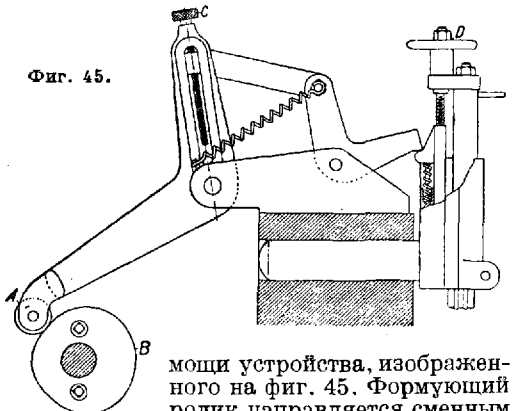
отходит в сторону по мере навивания определенного шага П. В момент обсечки шпиндель приостанавливается, обрезанная П. свободно падает, а шпиндель быстро возвращается к роликам и подхватывает виток новой П. Поджатие крайних витков осуществляется периодич. включением специальной развертки A (фиг. 44), которая приобретает колебательное движение от раздвоенного кулака B, наглухо заклиненного на приводном валу. Регулируя положение рабочей головки развертки перемещением по вертикали болта C, весь механизм настраивают т. о., что головка развертки формует определенной величины поджим концевых витков П. В работе развертка колеблется на сфероидальных поверхностях D съемной



Фиг. 44.

оправки, привинчиваемой к корпусу станка. Ролик H вилки мотыля и дорожки кулака—стальные закаленные. Кулаки B—съемные и устраиваются различного эксцентриситета в зависимости от размера и шага витков П. Так как на время обсечки П. движение проволоки должно приостанавливаться, подача устроена через эксцентриковый зубчатый сектор с холостым обратным ходом, осуществляемым храповым механизмом.

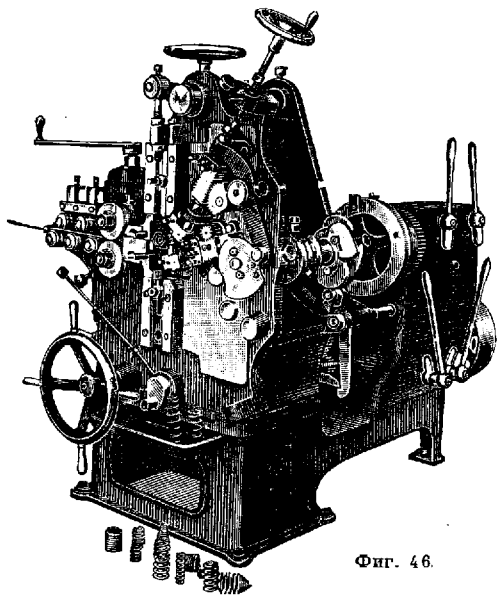
Навивка П. переменного диам. (конических, бочкообразных) делается при по-



Фиг. 45.

мощи устройства, изображенного на фиг. 45. Формующий ролик направляется сменным эксцентриком B, поэтому, приближаясь или удаляясь по отношению к оси навиваемой

П., образует виток большего или меньшего диаметра. Рычажное сочленение с маховичками C и D устроено для измерения наклона ролика для разного шага. Рихтовальные ролики в количестве 4 пар для выправления проволоки монтированы на станке самой машины. Мощность станков Sleeper & Hartley 3—15 HP, для проволок до $^5/_8''$ диам. при скорости подачи проволоки 100—15 000 *мм/мин*. На фиг. 46 изображена универсальная машина для изготовления разнообразных по конфигурации спиральных П. из проволок $d=2\div6$ *мм*, диаметр витков 16—80 *мм*; скорость продвижения проволоки 23 *м/мин*, мощность 6 HP. Мелкие П. после навивки проходят через осадочный станок, где обжимаются по нескольку раз (10—20) до соприкосновения витков. Эта операция имеет задачей нормализовать шаг и повысить жесткость П. Навивка этих П. производится вхолодную. Толстые пружины навиваются в горячем состоянии. Пруткова я сталь примерно эвтектоидного состава (~0,9% C), диам. 25 *мм*, нагревается до $t°$ 950° и навивается вокруг оправки, подогретой предварительно до 200—250°. Свитую П. оставляют вместе с оправкой охлаждаться на воздухе. Затем П. нагревают для закалки и отпуска. Направляющие проволоки и оправка должны иметь достаточную тепловую изоляцию от рабочих органов станка во избежание его повреждения. Нагревательные печи в современных лучших америк. и европ. заводах имеют автоматизированный пирометрический контроль; самый нагрев предусматривает сохранение неповрежденной поверхности пружины, причем закалка и отпуск производятся в методических, конвейерного типа, печах. Шлифовка опорных витков у П. сжатия производится в Америке в специальных приспособлениях, состоящих из магазина втулок диам. равного внешнему диам. витка П. Пружины вставляются во втулки так, чтобы концевые витки несколько выступали за края втулок; в магазине имеются электромагнитные зажимы, удерживающие П. во



Фиг. 46.

втулках; магазин с вертикально удерживаемыми П. подводится к шлифовальному диску. Такой способ шлифовки обеспечивает полную идентичность высот П.

О т д а ч а. При навивке на оправку проволока подвергается кольцевой деформации, состоящей из упругой и пластичной. По обсечке конца проволоки навитая П., будучи освобождена от усилия натяжения, освобождается от упругой деформации, и внутренний диаметр витков приобретает несколько бо́льшую величину, чем диаметр оправки. Разность в диаметре витка и оправки (о т д а ч а) при навивке является таким образом нек-рым мерилом упругих свойств проволоки. Для получения требующегося диаметра П. необходимо отдачу учитывать при подборе диам. оправки. Считая, что предел упругости материала определенной проволоки постоянен, изменение числа витков после навивки прямо пропорционально n, D и обратно пропорционально d и коэф-ту k. E. W. Stewart предлагает след. экспериментальную ф-лу для определения предела упругости, выраженного в числе оборотов:

$$U=\frac{nD}{88d},$$

где константа 88 подобрана опытным путем. Отсюда легко можно вычислить максимальный крутящий момент, исходя из ф-лы:

$$x=\frac{Ed^4}{11{,}5nD}\cdot\frac{nD}{88d}=\frac{Ed^4}{11.5\cdot88}.$$

При $E=2\ 200\ 000$ *кг/см²* максимальный крутящий момент на пределе упругости будет $\sim21{,}5\,d^3$ *кг/мм²*, следовательно для П. скручивания максимальное усилие и деформация в числе оборотов легко определяются приближенно. Т. обр. максимальная упругая деформация П. равна отдаче при навивке. В действительности константа 88 не является постоянной для всех размеров П. и варьирует в зависимости от материала d и D.

Материал для П. Основной материал пружинной проволоки—сталь (основная мартеновская, тигельная, электросталь). На вкладном листе дана микроструктура разных пружинных сталей.

Америк. общество обработки стали выработало следующие сорта материала для термически обрабатываемых П. (табл. 4). Для холоднотянутой проволоки (см. табл. 3) в П. с.-х. машин и орудий, навиваемых холодным способом, применяется углеродистая сталь состава: 0,65—0,75% C; 0,7—1,0% Mn; <0,25 Si; <0,05% S; <0,045% P с твердостью *C* 40—*C* 50 по Роквеллу (проект промстандарта ВСНХ 3020, вып. 28).

Табл. 3.—Характеристика холоднотянутой проволоки для пружин.

d*1	σ_z*2	σ_p*3	n_1*4	n_2*5
1,4—2,5	160	70	7	15
2,5—3,5	150	70	6	10
3,5—4,5	140	65	5	8
4,5—5,5	130	65	4	6
5,5—6,5	120	60	3	6

*1 Диам. проволоки в *мм*. *2 Врем. сопротивление в *кг/мм²* не ниже. *3 Предел пропорциональн. в *кг/мм²* не ниже. *4 Число перегибов на 180° вокруг оправки радиуса 60 *мм* не ниже. *5 Число скручиваний при длине 200 *мм* не ниже.

Табл. 4. — Характеристика термически обрабатываемых сталей для пружин.

Сорт стали	Химический состав в %									Термическая обработка			
	C		Mn		P	S	Cr		V	t° закалки	t° отпуска	Твердость по Роквеллу
	от	до	от	до	до	до	от	до	от			
Диам. проволоки до 2,5 *мм*												
Углеродистая SAE 1 350	0,45	0,55	0,9	1,2	0,04	0,05	—	—	—	—	—	—
Диам. 2,5—12 *мм*												
Углеродистая SAE 1 360	0,55	0,70	0,9	1,2	0,04	0,05	—	—	—	790—830	370—450	C40—C45
Углеродистая SAE 1 360	0,8	0,9	0,3	0,4	0,04	0,05	—	—	—	775—815	425—450	C40—C45
Углеродистая SAE 1 095	0,9	0,95	0,25	0,50	0,04	0,05	—	—	—	—	—	—
Хромованадиевая	0,45	0,55	0,50	0,80	0,04	0,04	0,80	1,1	0,15	860—885	450—510	C40—C45

Сорт стали	t° отжига	t° закалки	t° отпуска	H_{Br}
Диам. свыше 12 *мм*				
Углеродистая . .	0,7	0,8	0,50	0,80	0,04	0,04	—	—	—	—	790—800	370—450	375—430
Хромовая	0,45	0,55	0,8	1,0	0,04	0,045	1,0	1,2	—	870—885	845—860	450—565	363—444
Хромованадиевая SAE 6 150	0,45	0,55	0,5	0,8	0,04	0,04	0,8	1,1	0,15	870—885	845—860	450—565	363—444
Кремнемарганцовистая SAE 9 260 (1,8—2,2 Si) . . .	0,55	0,65	0,60	0,90	0,045	0,045	—	—	—	870—885	860—870	450—565	363—444
Хромомолибденовая (0,2 — 0,3% Mo; 0,1—0,2 Si) .	0,45	0,55	0,70	0,90	0,04	0,05	0,7	0,9	—	875—915	840—875	360—520	363—444

Табл. 5. — Характеристика проволоки для клапанных пружин моторов [19].

Завод	Химический состав в %							После закалки в масле и отпуска			
	C	Si	Mn	Cr	W	P	S	σ_s*1	σ_z*2	δ*3	ψ*4
Крупп	0,56	1,59	0,31	0,66	—	0,017	0,01	—	—	—	—
Белер	0,5—0,6	1,5	—	0,6—0,8	—	—	—	120—140	135—155	8—6	40—30
Лоррен-Дитрих .	0,35—0,4	1—2	<1,0	<0,5	<0,6	—	—	90—115	125—140	8	—

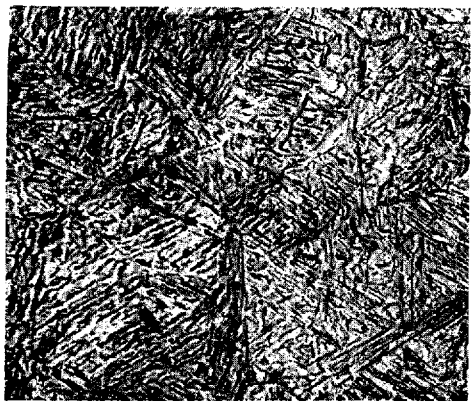
*1 Предел текучести в *кг/мм²*. *2 Временное сопротивление разрыву в *кг/мм²*. *3 Относительное удлинение в %. *4 Относительное сужение поперечного сечения в %.

Проволока с повышенным содержанием марганца по многочисленным наблюдениям обладает лучшей вязкостью при повторных нагрузках, легче поддается протяжке, при надлежащей термической обработке обусловливает образование сорбитовой структуры. Для П. общего машиностроения в СССР применяется мартеновская сталь химич. состава: 0,55—0,70% C; 0,90—1,20% Mn; 0,15—0,25% Si; < 0,04% P; < 0,045% S. Механич. свойства этой проволоки:

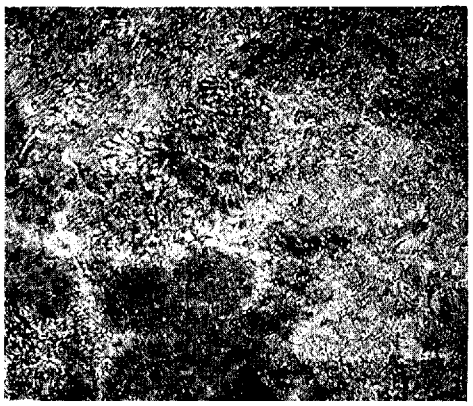
Калибр по англ. системе, №№	1—4	5—7	8—11	12—14	15—22
Временное сопротивление на разрыв, *кг/мм²* . . .	127	134	141	148	155

испытание на загиб вокруг оправки, равной тройному диам., не должно обнаруживать в проволоке трещин. Допуски по диам. и овальности проволоки: от № 18 и выше ±0,001 дм.; от № 17 до № 9 ± 0,002 дм., от № 8 до 1 ± 0,003 дм. Для мощных П. из толстой проволоки (в комбайнах, тракторных плугах, моторных сенных прессах и пр.) применяется термически обрабатываемая проволока типа углеродистой ASST с 0,8—0,9 C. Буферные П. вагоностроения на наших з-дах изготовляются из проволоки типа ASST 0,55—0,7% C, а иногда и менее углеродистой (0,4—0,5% C). Авто- и авиастроение для клапанных П. моторов применяют исключительно высокосортную проволоку из сложных сталей, где примеси Cr, V, W, Mn, Si дают значительное улучшение физических качеств материала (см. табл. 5). В Европе чаще применяется хромокремнистая сталь.

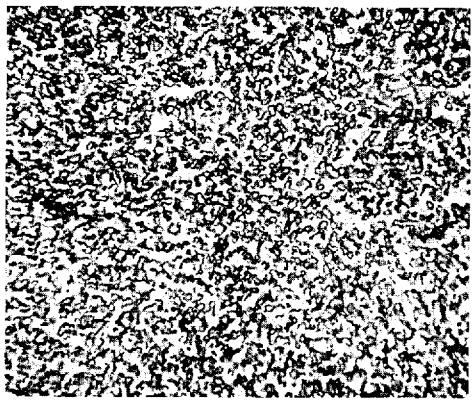
Америк. з-ды для клапанных П. ставят преимущественно хромованадиевую и хромомолибденовую сталь, в СССР идет гл. обр. хромованадиевая и в нек-рой части хромокремнистая состава: 0,5—0,6% C; 1,0—1,5% Si; < 0,7% Mn; 0,5—0,8% Cr; < 0,03 P и 0,03 S; сопротивление разрыву ок. 95 *кг/мм²*, предел текучести ~85 *кг/мм²*, удлинение 10% (в отожженном виде). Приемка такой проволоки производится: 1) внешним осмотром для проверки однородности и чистоты отделки, отсутствия плен, расслоений и других наружных дефектов, 2) определением химич. состава, 3) механич. испытанием на разрыв, 4) технологич. испытанием навивкой пробных П. Из каждых 16 *кг* отожженной проволоки завиваются вхолостую две пружины с $\frac{D}{d} = 10$ и $n = 8$ при высоте П., равной двойному внешнему диам. П. После этого П. закаливаются и отпускаются обычным порядком, затем обжимаются дваж-



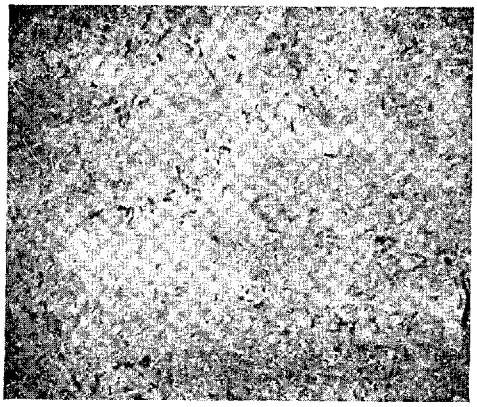
1



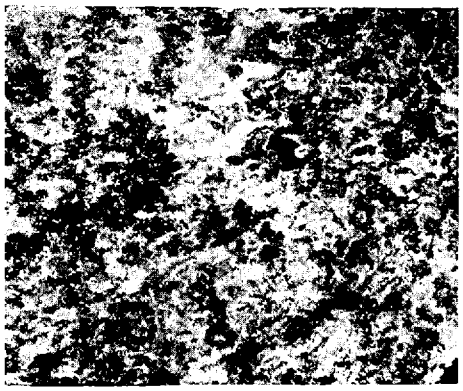
2



3



4



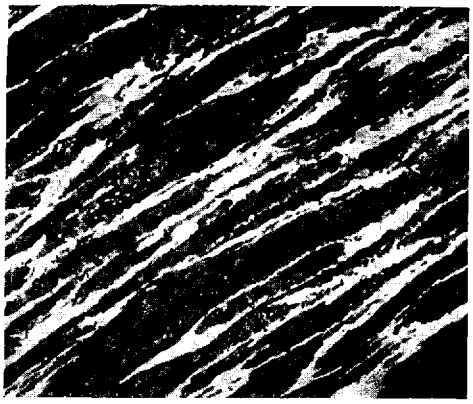
5



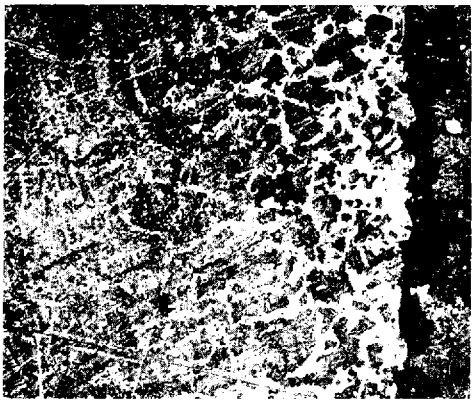
6

1. Резко закаленная пружина, без отпуска. Грубоигольчатый мартенсит, × 500.
2. Отожженная пружинная сталь эвтектоидного состава, × 500.
3. Зернистый перлит в медленно охлажденной пружинной проволоке, × 500.
4. Закаленная с отпуском в масле пружинная сталь. Сорбит, × 500.
5. Структура патентированной пружинной проволоки, × 500.
6. Ферритные зерна в сорбите, вытянутые вдоль протяжки неправильным патентированием, × 500.

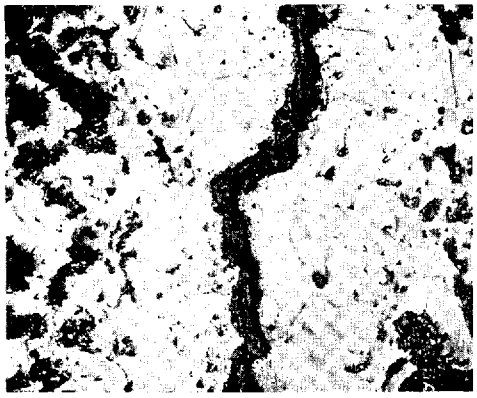
Т. Э.



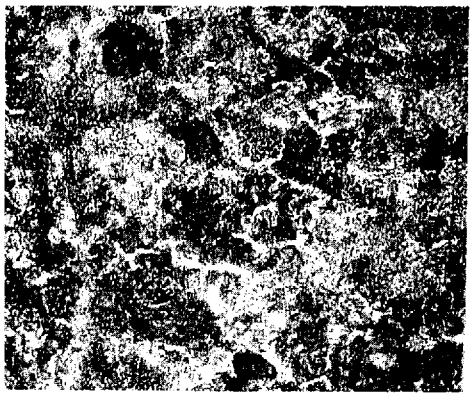
7



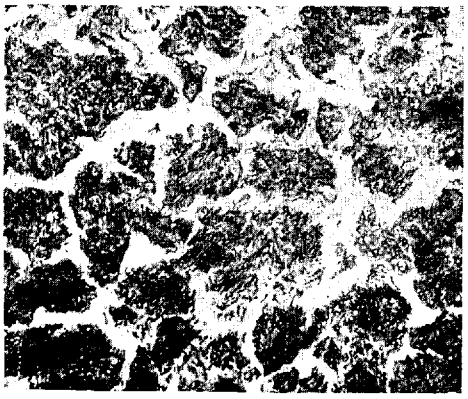
8



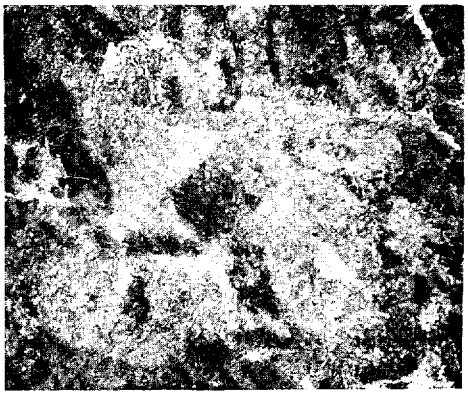
9



10



11



12

7. Строчечная структура холодно-тянутой пружинной проволоки, × 500.
8. Выгорание углерода с поверхности при нагревании пружинной проволоки, × 500.
9. Шлаковые включения в недоброкачественной пружинной проволоке, × 500.
10. Отожженная пружинная проволока. Перлит, тонкая сетка феррита, × 500.
11. Отожженная стальная проволока для толстых пружин, × 500.
12. Выделения цементита в проволоке неоднородного качества, × 500.

ды в тисках до отказа и выдерживаются в таком виде 24 ч. После обжатия П. не должна давать осадку больше 0,1 *мм*.

Термич. режим для П. ответственного назначения ASST рекомендует следующий: П. из специальной стали равномерно нагреты до соответствующих температур и закалены в масле. Время в минутах для обеспечения полного нагрева в предварительно разогретой пламенной печи определяется приблизительно помножением диаметра стали в дм. на 60. Охлаждение после отпуска произвольно. Темп-ра отпуска зависит от числа твердости по Бринелю, к-рое выдерживается в определенных нормах. Примерная термич. обработка клапанных П. автомоторов на наших з-дах состоит в следующем: отожженную хромованадиевую проволоку $d=2\div4{,}2$ *мм* навивают в холодном состоянии на стальные оправки и вместе с ними отжигают при $t°$ 760° (начальная $t°$ печи 700°) с выдержкой 0,5 ч. Охлаждение вместе с печью. После отжига спирали проволоки снимают с оправок и производят разрезку по длине П. и отделку концов. Далее сформированные П. помещают в закалочные нефтяные печи или соляные ванны с $t°$ 830°, выдерживают 5—6 м. и закаливают в масле. Отпуск осуществляется последующим нагревом в соляной или свинцовой ванне до $t°$ 330—350° с выдержкой 1—1,5 м. и охлаждением в масле. П. из толстой проволоки эвтектоидной стали (~0,9% С) диам. 25 *мм* навивают вгорячую после нагрева проволоки до $t°$ ~950°. Навивку производят вокруг оправок, нагретых предварительно до 200—250°, после чего П. оставляют охлаждаться вместе с бабкой на воздухе; затем П. помещают в печь, нагревают до 800° и закаливают в масле. Для равномерности охлаждения иногда применяется способ продавливания охлаждающего масла изнутри П. Закаленную П. вновь нагревают в соляной ванне до 400—410° в течение примерно 1 ч. и затем охлаждают. Обработанная т. о. П. получает H_{B_r} ок. 375 и приобретает структуру троститообразного сорбита. Аналогичный режим применяется и для кремнемарганцовистых сталей, дающих H_{B_r} до 410; хромованадиевые стали для завивки нагревают до 1 000° при предварительном нагреве до 835°. Закалка и отпуск готовых П. имеют целью повысить упругие свойства исходного материала. Высокие механические качества пружинной проволоки обусловливаются патентированием, холодным *волочением* (см.) и последующей закалкой в масле с отпуском в свинцовой ванне. После нагрева до $t°$ значительно выше верхней критич. точки A_3 с целью получения достаточно крупных зерен аустенита проволоку быстро охлаждают при переходе через критич. интервал A_1, благодаря чему образуется сорбитная структура с большими кристаллитами, вытягиваемыми затем при дальнейшем волочении проволоки в длинные волокна. Медленное охлаждение через критический интервал создает перлит грубого сложения, а не сорбит, вследствие чего проволока не выдерживает волочения и проб на перегиб. Выделение феррита вокруг зерен понижает механич. свойства проволоки: П. из нее садятся. Обезуглероживание поверхности, особенно при мелких диам. проволоки, является также крупным дефектом, ослабляя наиболее напряженную зону—периферию проволоки. Основной причиной высоких механических свойств холоднотянутой проволоки следует считать создание многочисленных обломков зерен и пересечение вследствие этого плоскостей скольжения, что вызывает интерференцию, т. е. препятствие скольжению. Слишком сильная холодная обработка (перетяжка) вызывает разъединение зерен, образуются внутренние разрывы, нарушающие связность материала. При навивке из такой проволоки П. ломаются. После волочения проволока подвергается закалке в масле, а затем отпуску в свинцовой ванне. В современном производстве нагрев при патентировании осуществляется непрерывным процессом в длинных газовых печах, а охлаждение—в свинцовой ванне с $t°$ 340—540°. Процесс этот требует большого практич. опыта, внимания и надлежаще поставленного режима темп-ры печи и оптимальной скорости прохождения проволоки через печь. Присутствие в стали шлаков и неметаллич. включений препятствует росту зерна при патентировании, а фосфор препятствует диффузии углерода. Получение неоднородных по размеру зерен вызывает при волочении обволакивание мелких зерен, что влечет за собой понижение механич. свойств. Просто холоднотянутая проволока после волочения никакой термич. обработке не подвергается и обладает поэтому пониженными механич. свойствами (110—150 *кг/мм²*). Самые высокие механич. свойства имеет музыкальная (рояльная) проволока, применяющаяся для тонких, волосовидных П. прецизионных механизмов. Временное сопротивление этой проволоки 175—350 *кг/мм²*, а предел пропорциональности составляет более 50% от временного сопротивления, доходя в отдельных случаях до 75%.

Доброкачественность пружинной проволоки характеризуется высокими: 1) временным сопротивлением разрыву, 2) пределом пропорциональности не менее 50% от временного сопротивления, 3) относительным удлинением, 4) твердостью, 5) числом перегибов и скручиваний при технологич. пробе. Исследование микроскопическое не всегда дает надежные результаты, так как холодная протяжка и сложные процессы термич. обработки вызывают измельчение зерна и искажение структуры проволоки—явления субмикроскопические; даже при самых больших увеличениях они бывают неразличимы, т. к. их размеры м. б. меньше длины световой волны. Более ясную картину изменения текстуры проволоки дает рентгенографич. исследование. Все же во многих случаях металломикроскоп позволяет обнаружить целый ряд дефектов и особенностей материала и его обработки. Лучшие по механич. свойствам П. из углеродистой стали имели характерную однородную сорбитную структуру, отвечающую патентированной холоднотянутой проволоке, а также закаленной после волочения в масле и отпущенной проволоке. После отжига строение становится перлитным с незначительным количеством феррита (в сталях близких по составу к эвтектоидным). Микроструктура хромованадиевой стали для кла-

панных П. представляет тонкого сложения тростит, в отожженном состоянии тонкослойный перлит, обрамленный разорванной сеткой феррита. Америк. заводы производят опыты с исследованием физич. свойств пружинных проволок акустич. методом, изучением магнитных свойств и электропроводности и стойкости при высоких $t°$. Опытами подтвержден более высокий предел усталости в проволоках из специальной стали, чем из углеродистой. Фремон [20] на основании своих опытов утверждал, что причиной преждевременных поломок проволоки является не так часто усталость металла, как сегрегация и загрязнения, обычно локализирующиеся в центре проволок больших диаметров; поэтому он рекомендует применять способ испытания на коррозию, выявляющий следы сегрегации.

Для П., работающих в условиях переменной влажности и других корродирующих влияний, применяется проволока из цветных сплавов: латуни (35% Zn), фосфористой бронзы (8% Sn), нейзильбера (18% Ni, 12% Zn), монель-металла и др. Т. к. эти сплавы имеют значительно более низкий модуль упругости, чем сталь, I. K. Wood [21] предложил для характеристики материала пружин **материальный индекс**, представляющий отношение максимального напряжения к модулю $\frac{\tau_{max}}{E}$. Работоспособность П. находится в прямой функциональной зависимости от величины $\frac{\tau^2_{max}}{E}$—**модуля упругого изменения формы**. Из ф-лы потенциальной энергии внутренних сил П. $W=Pf=CV\frac{\tau^2}{E}$ (где V—объем П., C—коэф., численная величина к-рого зависит от способа нагрузки и рода деформирования П.) видно, что работоспособность П. будет тем больше, чем больше величина $\frac{\tau^2_{max}}{E}$.

Патентированная сталь	$\frac{E}{\tau^2}=\frac{22\,000}{70^2}$	$=4{,}5$
Простая тянутая сталь	$\frac{E}{\tau^2}=\frac{21\,000}{30^2}$	$=23{,}3$
Бронзовая проволока	$\frac{E}{\tau^2}=\frac{9\,000}{9^2}$	$=111{,}1$
Магниевая проволока	$\frac{E}{\tau^2}=\frac{7\,000}{6^2}$	$=194{,}4$
Дерево	$\frac{E}{\tau^2}=\frac{1\,100}{2^2}$	$=275$

У нек-рых органич. веществ, как каучук с модулем упругости 0,04 *кг/мм²*, отношение $\frac{E}{\tau^2}$ достигает величины 0,11. Этим объясняется возможность изготовления заводных летающих игрушек с каучуковыми П., в то время как сталь для таких механизмов оказалась непригодною. В стальных часовых П. трудно получить запас работы более 30 *кгм*, и этим обусловливается ограниченность действия завода хронометров. Когда от П. требуется большая быстрота реакции (курок в орудиях, гвоздильный станок, различные метательные снаряды), важно, чтобы отношение массы рабочего материала к модулю упругости было возможно меньше. Вот почему луки и самопалы всегда делались из особых сортов дерева, а не из более упругой, но зато и более тяжелой стали. Для высокоуглеродистой стали материальный индекс 0,0056, музыкальной проволоки 0,0084, хромистой стали 0,0052, латуни 0,0033, бронзы 0,0044, монеля 0,0022, нейзильбера 0,0038. Расчетный модуль 1-го рода для сталей берется 21 000—22 000 *кг/мм²*, модуль 2-го рода 7 500, 8 000 и 8 500 *кг/мм²*. Величина модуля упругости сталей в очень незначительной степени зависит от структуры, содержания углерода, а также и от способа холодной или горячей обработки, но специальные стали меняют величину модуля существенным образом, например высокопроцентная никельхромовая сталь имеет модуль, составляющий всего 60% от модуля железа. В равной степени это относится к проволокам из цветных металлич. сплавов. Для сталей модуль значительно меняется по мере нагрева. Эти обстоятельства необходимо всегда учитывать при проектировании П. тепловых машин (паровых турбин, газовых двигателей и т. п.).

Предохранение от ржавления. Для защиты от окисляющего действия атмосферных реагентов, паров воды и т. п. поверхность П. покрывается чаще всего слоем цинка, прочно держащимся благодаря своей вязкости. Правильно оцинкованная (плотным, ровным, тонким слоем) проволока хорошо противодействует ржавлению. Лужение не всегда допустимо благодаря электроотрицательным свойствам олова по отношению к стали. Присутствующая постоянно в большем или меньшем количестве в воздухе влага образует в луженой проволоке как бы гальванич. элемент с положительным потенциалом—железо и отрицательным—олово. Металл электроположительный окисляется, а противоположный по знаку остается без изменений. При оцинковании же активизирует и окисляется электроположительный цинк, а сталь сохраняется неповрежденной, если только проволока предохранена от непосредственного воздействия воздуха сплошным слоем цинка (0,1—0,4 *мм* толщины). Цинкование производится в горячей ванне электролитическим способом, шерардизацией и *металлизацией* (см.). При употреблении горячих ванн особенно важно следить за тем, чтобы после оцинкования пружина подвергалась дополнительной тепловой обработке выдержкой в горячей (100—120°) масляной ванне для устранения хрупкости проволоки. Более простыми, но менее надежными способами защиты от ржавления являются воронение, лакировка и промасливание П.

Лит.: [1]) Perry J., Angewandte Mechanik, Lpz., 1908; [2]) Lecornu L., Cours de mécanique, t. 3, P., 1918; [3]) Лендер Ф., Теория цилиндрич. винтовых пружин, Л., 1927; [4]) Pilgrame D., «Artilleristische Monatshefte», 1913; [5]) Гродский Г. Д., Теория винтовых пружин, М., 1925; [6]) Пименов П., Методы номографич. расчета спиральных пружин, «Сборник трудов лаборатории испытания материалов МИМЭ с. х.», М., 1931; [7]) Тимошенко С. П. и Лейбельс Дж., Прикладная теория упругости, М.—Л., 1930; [8]) Stewart E. W., Calculation a. Design of Coiled Springs, «The Journal of the Society of Automotive Engineers», N. Y., 1925, 2; [9]) Wood J. K., New Torsional Spring Formulas, «The Iron Age», N. Y., 1930, v. 125, 4; [10]) «American Machinist», L., 1926, v. 65, p. 879; [11]) d'Ocagne M., Traité de nomographie, 2 éd., P., 1921; [12]) Соколов П. П., Номография, М., 1928; [13]) «Maschinenbau», B., 1926, *12*; [14]) Bahlecke F., Berechnung von Schrauben- u. Kegelfedern, ibid., 1930, *24*; [15]) Бабарыкин В. Н., Сопротивление материалов, М., 1925; [16]) Beggs T. S., Time Required for Action of Spring, «Machinery», N. Y., 1930, v. 36, *5*; [17]) Жегалов Н. и Мамин В., Калибрирование цилиндрич. пружин, «Труды Ин-та

с.-х. механики», М., 1929; вып. 3; [18]) «Maschinenbau», B., 1926, p. 450; [19]) Минкевич Н. А., Сталь, стальные и чугунные полуфабрикаты, ч. 1, М., 1930; [20]) «GC», 1912, 4; [21]) «American Machinist», L., 1924, v. 60, 2.—Астафьев, Сравнительный метод расчета пружин, М., 1910; Гуревич Д. Г., Работы и изделия из проволоки, М., 1929; Подольский И. С., Строительная механика аэроплана, ч. 1, М., 1929; Лебедев С. Ф., Сопротивление материалов, 2 изд., Ив.-Вознесенск, 1927; Микулин А. А., Расчет клапанных пружин авиамоторов, «Техника воздушного флота», М., 1924, 4; Яковлев И. Ф., Расчет пружин, «Артиллерийский журнал», М., 1910, 9—10; Френкель, Прибор для испытания пружин, «Техника и металлист», М., 1928, 3; Лоренц В. Ф., Исследование пружин сжатия и пружинной проволоки, «Сельско-хозяйственная машина», Москва, 1930, 11; Прокофьев И. П., Болховитинов Н. Ф. и Пименов П. Г., Испытание пружин в с.-х. машинах, «Сборник Трудов лаборатории испытания материалов МИМЭ с. х.», М., 1931; Сопротивление рессор, Hütte, справочная книга для инженеров, т. 1, 12 изд., М., 1929; Machinery Handbook (Spring), N. Y., 1927; Pilgram D. M., Beitrag zur Berechnung zylindrischer Schraubenfedern, «Dinglers Polytechnisches Journal», B., 1922, v. 337; Swan A. a. Savage L., The Spring of Engine Valve Springs, «Researches on Springs», Special Report, L., 1928, v. 110, 10; Kummer H., Prüfung von Stahldrahten f. Schraubenfedern, «Maschinenbau», B., 1925, B. 4; Birnbaum W., Untersuchung d. Biegungsschwingungen von Schraubenfedern, «ZFM», 1925, B. 16; Ziegler R., Beitrag zur Bestimmung d. elastischen Formänderung u. d. Momente von zylindrischen Schraubenfedern mit gebogener Achse, «ETZ», 1925, v. 46; Brombacher W. G., Phosphor-Bronze Helical Springs from the Standpoint of Precision Instruments «Mechanical Engineering», N. Y., 1926, v. 48; Kilian A., Die Feder in d. neuzeitlichen Hochleistungsspannvorrichtung, «Werkstattstechnik», B., 1926, B. 20; Wood J. K., The Specification a. Control of Mechanical Springs, «The American Society of Mechanical Engineers», N. Y., 1926, v. 48; Grosz S., Druckbeanspruchte Kegelstumpffedern mit gerader Kraftweglinie, «Z. d. VDI», B., 1930, 52; Cook R. W., Fine Springs Need Close Tolerances, «The Iron Age», N. Y., 1929, v. 124, 2; Bibliography on Mechanical Springs, «Special Research Committee on Mechanical Springs», N. Y., 1927 (данные за 1678—1926 гг.); Befestigungsart von Schraubenfedern, «Werkzeugmaschine», B., 1929, Jg. 33, 29.

П. Пименов.

ПРУСТИТ, мышьяковая серебряная обманка, светлая красная серебряная руда, минерал, наряду с *пираргиритом* (см.)—важная *серебряная руда* (см.). Принадлежит к дитригонально-пирамидальному виду симметрии гексагональной системы. Габитус кристаллов чаще всего столбчатый. Весьма часты двойники. Агрегатное состояние—сплошные массы. Спайность довольно ясная; тв. 2—3, уд. в. 5—6; излом раковистый неровный; мягок, иногда несколько хрупок; цвет в отраженном свете черный или серовато-черный, в проходящем свете—киноварно-красный; черта пурпурная; блеск алмазный; полупрозрачен или просвечивает в краях. Двойное лучепреломление отрицательное, но весьма сильное, ω=2,979, ε=2,711. Хим. состав—AsS_3Ag_3 (65,5% Ag; 15,1% As; 19,4 S), при этом нередко содержит примесь Sb (до 4%). Перед паяльной трубкой плавится. Реагирует на S, Ag и As. В пробирке дает желтый налет As_2S_3. В HNO_3 разлагается: Ag растворяется, As_2O_3 выделяется в виде белого порошка. П. (в порошке) в крепком KOH разлагается и чернеет. Из этого раствора HCl осаждает (при осторожном нейтрализовании) желтые хлопья As_2S_3. Минерал редкий или средне распространенный. Встречается преимущественно в известково-шпатовых жильных серебряных и серебро-свинцовых месторождениях: 1) в Германии—Гарц (Андреасберг), Вестфалия (рудник Гондербах близ Лааспе), Саксония (Фрейберг); 2) в Чехо-Словакии (Иохимсталь); 3) в Венгрии; 4) в С. Америке—США (штаты Колорадо, Невада, Аризона), Канада (штат Онтарио), Мексика; в Ю. Америке—Чили, Боливия, Перу (вообще для Америки месторождения П. сосредоточены в полосе серебряных рудников Анд и Кордильер); 5) в СССР П. встречался на Алтае (Змеиногорский, Заводинский, Черепановский и другие рудники).

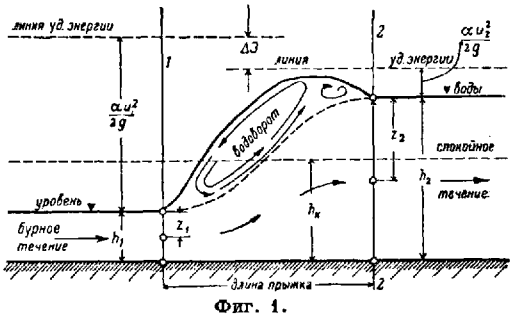
Лит.: Болдырев А. К., Курс описательной минералогии, вып. 1, Л., 1926 (обширная лит. на русском и иностр. языках).

И. Мельников.

ПРЫЖОК ВОДЫ, такой вид неравномерного движения жидкости в открытом русле, когда наблюдается резкое повышение уровня потока при соответственном уменьшении его скорости. Глубины потока h_1 до и h_2 после П. в. носят название взаимных или сопряженных глубин и связаны зависимостью, получаемой из выражения для закона количества движения.

$$\frac{\alpha Q^2}{g\omega_1} + \omega_1 z_1 = \frac{\alpha Q^2}{g\omega_2} + \omega_2 z_2, \text{ или } \theta(h_1) = \theta(h_2),$$

где $\theta(h)$ при данном расходе и форме русла есть ф-ия от наполнения h, Q—расход водотока, w и z—соответственно площади живых сечений *1—1* до и *2—2* после П. в. и глубины погружений их ц. т. (фиг. 1), g=9,81 *м/сек²*



Фиг. 1.

и α—коэф. перераспределения скоростей, принимаемый в среднем равным 1,1. Приведенная зависимость служит для определения взаимных глубин h_1 и h_2, соответствующих двум одинаковым значениям $\theta(h)$, называемой прыжковой функцией. Для случая широкого прямоугольного русла, для которого расход на единицу ширины русла $q=\frac{Q}{l}$, где l—ширина русла, взаимные глубины определяются одна относительно другой ур-иями:

$$h_1 = \frac{h_2}{2}\left(\sqrt{1+\frac{8q^2}{gh_2^3}} - 1\right),$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2}\left(\sqrt{1+\frac{8q^2}{gh_1^3}} - 1\right).$$

На фиг. 2 приведена кривая $\theta(h)$ для этого случая с расходом q=1 *м³/сек* на 1 *м* ширины русла. На этой фигуре также изображена для тех же условий кривая удельной энергии сечения $Э(h)$. Эта величина, введенная Б. А. Бахметевым, представляет собой отнесенное к уровню дна среднее количество энергии $Э$, приходящееся на единицу веса жидкости, протекающей через сечение в единицу времени, и выражается ур-ием:

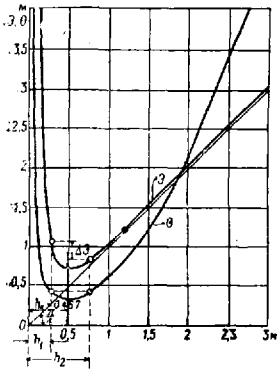
$$Э(h) = h + \frac{\alpha u^2}{2g},$$

где u—средняя скорость потока. Как видно из фиг. 2 кривая $Э$ имеет минимум при нек-рой глубине h_k, называемой критиче-

ской глубиной. Для прямоугольного русла критич. глубина равна:

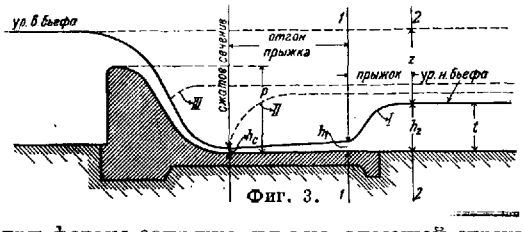
$$h_k = \sqrt[3]{\frac{aq^2}{g}} = \frac{av^2}{g}.$$

Для данного расхода при наполнении, равном критич. глубине h_k, знаменатель правой части диференциального ур-ия неравномерного движения жидкости (см. *Гидравлика*) обращается в нуль. В этом случае величина $\frac{dy}{ds}$, выражающая приращение глубины вдоль водотока, или tg угла наклона его свободной поверхности, равна ∞, т. е. поверхность воды как бы мгновенно подымается вверх нормально к оси водотока, образуя П. в. Следовательно П. в. может возникнуть лишь при глубине $< h_k$ и является переходом от глубины $h_1 < h_k$ к глубине $h_2 > h_k$. На фиг. 2 показаны способы нахождения на кривой θ по одной из сопряженных глубин другой глубины и определения по кривой Θ потери энергии $\Delta\Theta$ при П. в. для этих же глубин.



Фиг. 2.

Возникающие в большинстве случаев образования П. в. поверхностные водовороты-вихри поглощают большое количество кинетич. энергии потока. П. в. может наблюдаться при уменьшении уклона русла от крутого к более пологому. При преграждении естественного водотока с крутым уклоном дна водосливною плотиною выше ее может образоваться П. в., расстояние которого от плотины определяется высотой последней. П. в. может возникнуть при истечении воды из-под щита и при переливе через водосливную плотину или ниспадении струи с перепада и быстротока с большой скоростью в русло с малым уклоном. В последних случаях (фиг. 3) различают



Фиг. 3.

три формы сопряжения ниспадающей струи с глубиной нижнего бьефа t: 1) с отогнанным П. в.—I, 2) надвинутым П. в.—II и 3) затопленным П. в.—III. Та или иная форма сопряжения зависит от соотношения: глубины t, разности уровней бьефов (перепада) z, высоты стенки падения p и энергии сжатого сечения. Если сжатое сечение h_c сохранить постоянным, а глубину t постепенно уменьшать, начиная с формы III, то при определенной глубине возникнет надвинутый прыжок II, образующийся в месте нахождения сжатой струи. При дальнейшем уменьшении t наступает явление отгона прыжка в положение I, когда, глубина h_2, взаимная с глубиной h_1 ниже сжатого сечения, превышает глубину нижнего бьефа t.

Отогнанный П. в. вызывает появление значительных скоростей, распространяющихся подчас на большую длину и крайне разрушительно действующих на ложе потока, а потому вызывающих необходимость солидно укреплять его. Поэтому при устройствах по сопряжению бьефов гидротехнич. сооружений и в других случаях стремятся не допустить образования отогнанного П. в., что достигается или затоплением П. в. или способами беспрыжкового соединения двух глубин потока, меньшей и большей критической (см. *Водобой*). Для определения, будет ли П. в. отогнан или затоплен при истечении воды через перепады и водосливные плотины, обычно пользуются критерием Б. А. Бахметева, по к-рому отогнанный П. в. получается при условии $\frac{z}{p} > \left(\frac{z}{p}\right)_0$, где $\left(\frac{z}{p}\right)_0$ есть минимальное (критическое) значение относительного перепада $\frac{z}{p}$, при к-ром П. в. уже образуется. Для затопления П. в. необходимо соблюсти условие $\left(\frac{z}{p}\right)_0 > \frac{z}{p}$. Значения $\left(\frac{z}{p}\right)_0$ определяются по кривым Бахметева. Для определения формы П. в. при истечении воды из-под щита весьма удобно пользоваться таблицами и кривыми, составленными А. А. Угинчусом.

Лит.: Бахметев Б. А., О неравномерном движении жидкости в открытом русле, СПБ, 1912; его же, К вопросу о расчете перепадов, «Совещ. по опытностроительному делу», П., 1916, вып. 1; Чарномский В. И., Задачи на установившееся неравномерное течение воды в открытых прямых руслах с прямоугольным и трапецоидальным поперечным сечением, СПБ, 1914; Павловский Н. Н., Гидравлич. справочник, стр. 134—138, Ленинград, 1924; Угинчус А. А., Графич. определение взаимных глубин при прыжке воды в прямоугольном русле, «Изв. научно-мелиорационного ин-та», Л., 1926, вып. 11—12; его же, К вопросу о расчете водобойных колодцев, там же, 1929, вып. 19, стр. 158—203; Рахманов А. Н., Графики критич. и взаимных глубин, гидравлич. показателей, модулей расхода и нек-рых других гидравлич. величин для трапецоидальных русел, там же, 1929, вып. 18; Журин В. Д., Погашение энергии в перепадах и быстротоках, «Вестник ирригации», Ташкент, 1927, 5, стр. 33—53; Ахутин А. Н., Примеры гидравлич. расчетов в области неравномерного движения воды в открытых руслах, стр. 24—143, М., 1928; Hinds J., The Hydraulic Jump a. Critical Depth in the Design of Hydraulic Structures, «Engineering News-Record», N. Y., 1920, v. 85, 22; Creager W. P. a. Justin J. D., Hydro-Electric Handbook, 142—151, New York, 1927; Koch A. und Carstanjen M., Von d. Bewegung des Wassers u. den dabei auftretenden Kräften, p. 83—92, 162—165, Berlin, 1926.

С. Каплинский.

ПРЯДЕНИЕ, процесс получения искусственным путем непрерывной нити определенной тонины и крепости из волокон сравнительно небольшой длины. В технике П. часто называют и другие процессы получения нити, которые осуществляются совершенно иным путем; так, получение непрерывной нити искусственного шелка посредством волочения называют П., то же приходится сказать относительно получения стеклянной нити, металлич. нитей, применяемых в ткачестве трикотажа и при выработке других изделий (тюля, кружев и др.). Все они получаются в процессе волочения, к-рый является самостоятельным процессом, совершенно отличным от процесса П. Волокна,

даваемые природой и применяемые в технике, отличаются небольшой длиной, тониной и недостаточной крепостью; они очень неоднородны по длине. Задачей П. является: очистить волокна от посторонних примесей, рассортировать их по длине, распрямить их и распределить их по определенной длине в таком количестве, чтобы общая крепость их соответствовала заданной крепости пряжи, и наконец так соединить их между собой в одну нить, чтобы сцепление между волокнами было не менее их совокупной крепости при разрыве. Если обозначим через p среднюю крепость волокна при разрыве, n—число волокон в пряденой нити, то общая крепость нити равна $P=np$. Это выражение будет справедливо лишь в том случае, если в каждом сечении пряденой нити число волокон будет равно n, и если волокна будут так расположены, что они одинаково и одновременно будут участвовать в сопротивлении разрыву нити. Действительность не знает такого идеального случая, и определенный процент волокон не принимает участия в сопротивлении разрыву. Отсюда вытекает, что процесс прядения должен быть так построен, чтобы, во-первых, было бы возможно равномерное распределение волокон по длине нити и, во-вторых, чтобы сами волокна лежали в одном направлении и по возможности были бы параллельны между собой.


Фиг. 1.

Сцепление между отдельными волокнами достигается скручиванием их. Представим себе ленту, состоящую из ряда параллельно расположенных волокон (фиг. 1), если конец *1* зажмем в неподвижные тиски *3*, конец *2* в тиски *4*, к-рые могут вращаться и вращаясь закручивать зажатые волокна, то последние будут закручиваться по винтовым линиям и при скручивании укорачиваться; длина скрученного отрезка ленты

$$l_1 = \sqrt{l^2 - (\pi d \cdot n)^2},$$

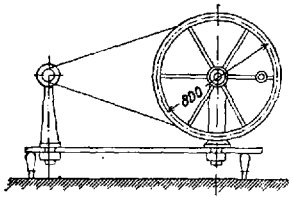
если l—первоначальная длина ленты, d—диам. и n—число кручений на длине ленты. Чем n больше, тем больше укорочение длины ленты. Число кручений на длине отрезка ленты или также на средней длине волокна м. б. выражено ф-лой, если h—высота одного витка, то $n=\frac{l}{h}$; $\pi d = h \cdot \cos\alpha$, откуда $n=\frac{l\cdot\cos\alpha}{\pi d}$, при одном и том же диам. ленты d, и будет тем больше, чем больше длина l и чем меньше угол подъема винтовой линии α. Сила сцепления между отдельными волокнами зависит от натяжения волокна, коэф. трения, а также от числа витков на длине волокна; наибольшее натяжение будут испытывать наружные волокна и наименьшее натяжение внутри расположенные волокна, причем волокно в самом центре ленты может совершенно не иметь крутки и сохранить первоначальную длину. Если общую силу сцепления между волокнами в ленте обозначить через $T=\Sigma R$, то м. б. три случая: 1) $P>T$, 2) $P=T$, 3) $P<T$. Первый случай показывает, что сила сцепления между волокнами меньше совокупной их крепости при разрыве. В таком случае при натяжении пряжа будет расползаться, но не разрываться. Этот случай для практических целей пригоден лишь в том случае, если разница между T и P очень невелика. Идеальным был бы случай $T=P$, т. е. когда сила сцепления между волокнами равна совокупной крепости их при разрыве. Практически это равенство осуществить очень трудно. Поэтому во многих случаях предпочитают случай $T>P$, но T должно лишь немногим быть больше P, т. к. большое преувеличение T над P означает, что нити дана излишняя крутка, что нецелесообразно, т. к. увеличивает стоимость продукции. Если взять две нити из однородного материала и одинаково закрученные, т. е. с одним углом подъема винтовой линии, но разного диаметра, то м. б. установлена следующая зависимость числа кручений на единицу длины нити (на 1 дм. или на 1 *см*) от диам. и № пряжи; $\operatorname{tg}\alpha=\frac{1}{\pi dn}=\frac{1}{\pi d_1 n_1}$, откуда $\frac{n}{n_1}=\frac{d_1}{d}$; т. е. число кручений на единицу длины нити обратно пропорционально ее диаметру. Подставляя вместо диаметра № пряжи (см. *Нумерация пряжи*), получаем $\frac{d_1}{d}=\frac{\sqrt{N}}{\sqrt{N_1}}$, или $\frac{n}{\sqrt{N}}=\frac{n_1}{\sqrt{N_1}}\ldots=\alpha$; $n=\alpha\sqrt{N}$. Последняя формула показывает, что крутка пряжи, т. е. число кручений на единицу ее длины прямо пропорционально корню квадратному из № пряжи. α называется коэфициентом крутки и зависит от материала, из которого пряжа сработана, от длины волокна, а также от назначения пряжи (см. *Пряжа*).

Процесс П. в виде ручного процесса известен с глубокой древности. Наиболее старым и первым по времени инструментом для П. является веретено (фиг. 2), представляющее собою слегка коническую деревянную, реже костяную или металлич. палочку, к-рая утолщается к нижней своей части. На нек-ром расстоянии от нижнего конца сделано утолщение или насажено кольцо, к-рое должно служить маховичком. Волокнистый материал, очищенный от примеси и насколько возможно разрыхленный и распрямленный, помещается в виде пучка на деревянной подставке—пряслице, к к-рой привязывается шнурком. Пряха, начиная П., вытягивает пальцами несколько волокон, закручивает их вместе и прикрепляет к концу веретена. Затем пальцами левой руки она равномерно вытягивает волокно из пучка, заботясь о том, чтобы толщина получаемой нити оставалась одинаковой, правой рукой пряха быстро вращает веретено вокруг его оси и закручивает пряжу, придавая ей надлежащую крепость. По мере вытягивания из пучка новых волокон длина вышрядаемой нити увеличивается и веретено все отдаляется от пряслицы, пока рука не вытянется во всю длину. П. приостанавливается, спряденная нить наматывается на веретено, закрепляется на веретене и П. начинается вновь. Встречаются веретена и несколько иной формы, так тосканское веретено имеет утолщение на середине длины.

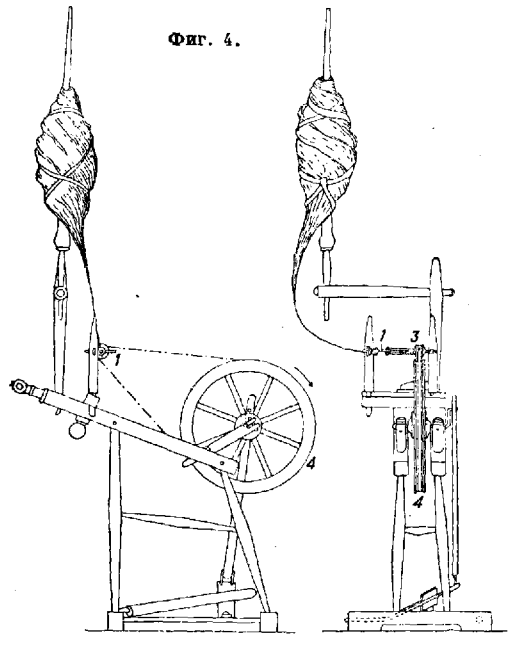

Фиг. 2.

В Сицилии и в Неаполе имело распространение веретено, у к-рого верхняя половина имела вид катушки с двумя заплечиками, между к-рыми наматывалась пряжа.

Первым шагом к усовершенствованию ручного веретена явилась прялка. На показанной на фиг. 3 ручной прялке процесс П. имеет два периода: во время первого — пряха, выпуская левой рукой волокна из пряслины, правой вращает колесо, во время этого периода конец нити д. б. укреплен на веретене и нить д. б. направлена по оси веретена, чтобы она получила все число оборотов последнего. Во время второго периода происходит намотка нити на веретено; в это время нить д. б. направлена перпендикулярно к оси веретена. Самопрялка представляет уже непрерывно действующий механизм, в к-ром оба процесса П. (кручение нити и наматывание ее) совершаются одновременно. Изобретение этого остроумного механизма приписывают Леонардо да-Винчи (1452—1519) и немецк. каменотесу Иоганну Юргенсу, к-рый видимо независимо от Леонардо да-Винчи и в несколько иной вариации предложил в 1530 г. механизм самопрялки. Фиг. 4 показывает ножную самопрялку, а фиг. 5 главную часть ее: привод веретена и катушки. Веретено *1*, с к-рым глухо соединена рогулька *2*, приводится в движение от шкива *4* с помощью шнура и блочка; шкив *4* приводится в движение ножной педалью. На оси веретена свободно насажена катушка *3*, к-рая имеет самостоятельное движение от того же шкива *4* через скрепленный с нею блочек. Диаметр блочка катушки меньше блочка веретена, и потому катушка будет вращаться со скоростью большей, чем веретено и рогулька, т. е. она будет их опережать. Благодаря разности скоростей этих двух механизмов будет происходить намотка пряжи на катушку, причем скорость намотки будет равна разности скоростей вращений катушки и веретена. Форма рогульки позволяет иметь два направления нити по отношению к веретену. Нить до вступления в рогульку направлена по оси веретена и при таком направлении получает все то число оборотов, к-рое имеет веретено; пройдя рогульку, нить меняет направление и поступает на катушку перпендикулярно оси веретена. Это второе направление нити необходимо для правильной ее намотки на катушку. Если обозначить число об/м. катушки через u, веретена через n, диам. катушки через d, то длина нити к-рая будет наматываться в минуту $l=(u-n)\pi d$, крутка же пряжи, т. е. число кручений, к-рое пряжа получит на единицу длины $=\frac{n}{l}$. В первом ур-ии величины u и n являются постоянными, величина же d— диам. катушки с намотанной на нее пряжей будет изменяться: он будет наименьшим в начале намотки (пустая катушка) и будет наибольшим при полной катушке; его величина колеблется от 18 до 54 *мм*. В таких же пределах будет колебаться и величина l, а следовательно и крутка будет изменяться обратно пропорционально величине l. Т. о. механизм самопрялки не может дать постоянной крутки нити.



Фиг. 3.



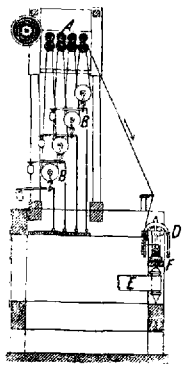
Фиг. 4.



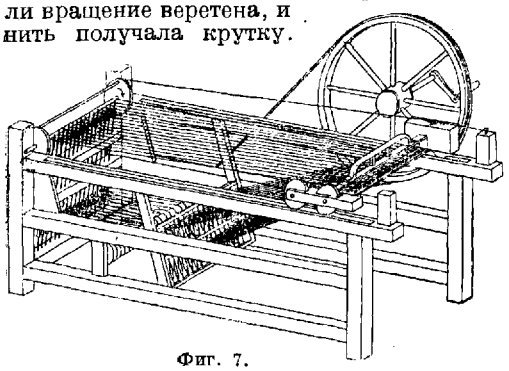
Фиг. 5.

Следующий крупный этап в истории П. относится к середине и к концу 18 в., когда в Англии в весьма краткий срок, в течение двух десятилетий, была разработана и применена на производстве система механич. П., к-рая в основном сохранилась и по настоящее время. Почти одновременно были изобретены обе системы современного П.: непрерывное (ватерное) и периодическое (сельфакторное). Честь изобретения первого обычно приписывается Ричарду Аркрайту (1732—1792), на самом деле эта проблема видимо была всецело разработана предшественником его, а Аркрайт как ловкий предприниматель-делец ввел новую систему прядения в практику производства. Есть историч. указания о том, что автором первой механизированной прядильной машины является Леонардо да-Винчи, к-рый оставил чертежи машины, и будто бы механический прядильный станок Леонардо да-Винчи имел некоторое применение в Италии и Германии. В 1738 г. Пауль (Lewis Paul), знакомый с прядильной машиной, привезенной из Италии в Германию, установил машину в Бирмингеме, которая проработала однако недолго и в 1743 г. была остановлена. Продолжателем явился Аркрайт, который получил в 1769 г. патент, продленный в 1774 г. еще на 10 лет. Машина Аркрайта (фиг. 6) состояла из двух частей: системы вытяжных валиков A (на рисунке 4-х пар),

из к-рых нижние были рифленые, а верхние обтянуты кожей. Каждая последующая пара валиков вращалась быстрее предыдущей, верхние валики нагружались грузами *B* и прижимались к нижним цилиндрам. Обрабатываемое волокно пропускалось между валиками и получало необходимую вытяжку и параллелизацию. Крутильный и наматывающий аппарат представлял собою аппарат самопрялки, причем веретено *D* с прикрепленной на нем рогулькой *F* приводилось во вращение ремнем *E*, а катушка была насажена свободно на веретено и получала вращение благодаря натяжению нити. В 1770 г. ткач из Бленбурна Джеймс Гаргревс изобрел машину (фиг. 7), к-рая явилась родоначальницей современного сельфактора. В машине Гаргревса веретена укреплены на неподвижной станине; материал, из к-рого вырабатывается нить, в виде расчесанной ленты помещался на катушках, причем при переходе с катушки на веретено лента проходит пресс, к-рый помещен на каретке. Зажатая прессом лента волокна при отходе каретки вытягивалась и утонялась. Вращением маховика приводился в движение барабан, от которого получали вращение веретена, и нить получала крутку.



Фиг. 6.



Фиг. 7.

Машина была названа Гаргревсом по имени его дочери—Дженни. В 1772 г. машина «Дженни» была изменена Вудом, который веретена поместил на каретку, а пресс сделал неподвижным. В 1775 г. ткач из окрестностей Болтона Самуэль Кромптон внес следующее усовершенствование в машине «Дженни», поместив на ней вытяжной аппарат Аркрайта в виде системы пар валиков. Вновь полученную комбинированную машину Кромптон назвал мюльджении (от слова мул), получившая впоследствии название мюль-машины или просто мюля. Гаргревсу не удалось при жизни внедрить в производство свою машину. В 1778 г. его машины были разгромлены, и Гаргревсу пришлось бежать из своего дома. Работа Аркрайта по применению своих изобретений была значительно успешнее: в 1775 г. Аркрайт получил патент на чесальную машину со шляпками, назначение к-рой было готовить ленту для прядильной машины; в это же время он изобрел для параллелизации волокон вытяжную машину и наконец усовершенствовал прядильную машину, которая работала 24 веретенами. В 1785 г. Аркрайт проиграл процесс с группой своих сотрудников, и суд лишил его патентов, но на успех его дела это не оказало влияния, т. к., будучи очень ловким коммерсантом, он к тому времени владел 6-ю бумагопрядильными ф-ками и состоянием в 5 000 000 руб. Владение ф-ками помогало Аркрайту совершенствовать машины, проверяя работу их на производстве.

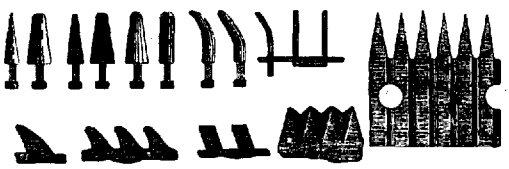
Перечисленные изобретения конца 18 в. в области П. положили основание всем системам современного П. Последующие изобретения касались усовершенствования отдельных деталей, но не процессов в целом. Главнейшими из них являются: 1) изобретение французом Жираром механического П. льна (1811—18 гг.); 2) в 1830 г. Гельманом была изобретена гребнечесальная машина, положившая основание современному гребнечесанию; 3) ремешковый делитель, патент на к-рый в 1857 г. взял Эрнест Гесснер, получивший большое применение в П. хлопка по саксонскому способу, в угарном П. и в аппаратном П. шерсти; 4) наконец в последние два десятилетия предложена система больших вытяжек на прядильных машинах, принадлежащая испанскому инж. Казабланка.

Современное механическое П. В качестве сырого материала в П. применяют естественные волокна, к-рые встречаются во всех трех мирах природы и в самых разнообразных формах (см. *Волокна прядильные*). Это разнообразие, а также разнообразие требований, к-рые предъявляются к текстильному фабрикату, создало разнообразные процессы обработки волокна к.к в целом, так и в деталях, которые однако м. б. сведены в определенные общие группы. Т. о. процесс П. может быть разбит на следующие три основные группы процессов: 1) приготовительный отдел, 2) П. в собственном смысле слова, 3) отделка и уборка пряжи. Первый отдел в свою очередь делится на ряд подотделов: 1) очистка волокна, 2) взрыхление и изолирование волокон, 3) рассортировка волокон по длине, 4) равномерное распределение волокон в продукте и параллелизация их.

Очистка волокон от посторонних примесей производится в зависимости от характера волокна, его засоренности и загрязненности различными способами. 1) Механич. способ: механическая очистка хлопка состоит в том, что волокно или пропускается через выколачивающие машины, или обеспыливание волокна достигается пневматич. путем в процессе пропуска волокна через систему труб, в к-рых тяжелые примеси минерального происхождения оседают вниз и собираются под решеткой трубы, а волокно проносится по трубе током воздуха (см. *Хлопкопрядение*). 2) Волокна животного происхождения—шерсть, шелк—настолько загрязнены посторонними веществами, что одной механич. очистки недостаточно и необходима химическая в виде горячей мойки. Шерсть промывается на соде и мыле с целью удаления жиропота, грязи и других примесей органического происхождения. Шелковое волокно для уда-

ления клея—серицина отваривается на соде и мыле (см. *Шелкопрядение*). Удаление больших количеств жиропота из шерсти и серицина в шелке требует энергичной промывки, последующей отжимки и сушки материала. 3) Еще сложнее отделение от волокна посторонних примесей в волокнах лубяных, у к-рых волокнистый слой прочно склеен со слоем древесным, и для получения первого в чистом виде необходимо предварительно нарушить связь между обоими слоями, привести древесный слой в такое состояние (так измельчить), чтобы он легко мог быть удален из волокна. Процесс осуществляется путем мочки при бактериологич. процессе, или путем варки с химич. реактивами для разрушения клейких веществ; после указанных выше процессов следует мятье тресты, т. е. измельчение древесины, и наконец трепание—удаление из волокна кусочков древесины. В виду сравнительной простоты этих процессов, не требующих сложного машинного оборудования, а также в виду значительного количества отходов, эти процессы обычно проводятся непосредственно на местах заготовки сырья, к-рое на ф-ку поступает уже в очищенном виде (см. *Лен*).

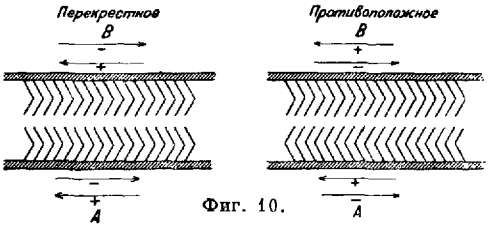
Процесс взрыхления волокон соединяется с дальнейшей очисткой их как и от оставшихся примесей минерального происхождения, так и от коротких волокон. Первой машиной, которая начинает взрыхление волокна, является автоматич. питатель, к-рый применяется в настоящее время как при обработке длинных волокон (шерсть, лен), так и коротких (хлопок), см. *Хлопкопрядение*. Дальнейшее взрыхление производится машинами, к-рые действуют органами в виде барабанов с зубьями или с различными колками (фиг. 8), трепалами с била-



Фиг. 8.

ми в виде планок и одновременно током воздуха, действующим таким образом, что волокно, проходя через машину, по возможности теряет посторонние примеси: тяжелые—через нижние колосниковые решетки, легкие (короткие волокна)—через систему сетчатых барабанов, находящихся под действием вентилятора, засасывающего короткие волокна, подлежащие удалению через сетку барабана. Обработка длинных волокон, понимая под последними лубяные волокна и шерсть, идет иным путем; волокно после варки или мочки и последующей операции удаления древесины у лубяных волокон (мятья и трепания) настолько чисто, что не требует на ф-ке пропуска через ряд взрыхлительных и трепальных машин и м. б. непосредственно пущено в дальнейшую обработку, а в силу структуры волокна, его значительной длины и значительного веса применяемые для коротких волокон способы взрыхления и трепания являются здесь непригодными.

Изолирование волокон, операция, следующая за взрыхлением, осуществляется в процессе кардочесания на машинах, называемых кардочесальными. Главными рабочими органами этих машин являются вращающиеся части, обтянутые кардными поверхностями (барабаны, шляпки, валики, вальяны и пр.). Под кардными поверхностями понимаются две совместно работающие поверхности, покрытые частыми тонкими иглами. Обычно из одного отрезка проволоки выгибают два конца в виде игол, образуя скобочку, пропущенную острыми концами через основание, представляющее собою несколько слоев плотной прорезиненной ткани в виде ленты шириною в 50 *мм*. Достаточно плотное основание получается из 4 слоев ткани: двух внутренних шерстяных и двух наружных хл.-бум., проклеенных между собою резиной. Хл.-бум. ткань дает основанию необходимую крепость, шерстяная—прочное упругое защемление иглам; резина благодаря упругости и мягкости сохраняет эти свойства в готовом основании. Скобочка с двумя иглами, укрепленная в ткани основания, удерживается в нем очень сильно и может с достаточной силой вырывать и прочесывать пучки волокон из общей массы (фиг. 9). Кардные поверхности в зависимости от их расположения и движения могут оказывать действие на обрабатываемый ими материал. На фиг. 10 представлены два расположения кардных поверхностей: противоположное и перекрестное. Обозначим скорость движения нижней поверхности A через v_1 и верхней поверхности B через v_2. При данных расположениях м. б. следующие случаи действия кардных поверхностей на материал. 1) Расположение игол противоположное: а) $v_1=0$; v_2 положительна, т. е. направлена в левую сторону, в таком случае поверхность B, имея движение, будет подводить материал, к-рый будет прочесываться между обеими поверхностями; б) v_1 отрицательна; v_2 положительна, поверхности A и B движутся в разные стороны—будет происходить тот же процесс прочеса, что и в предыдущем случае, но в большей степени; в) v_1 положительна; v_2 тоже положительна, здесь возможны два подслучая:



Фиг. 10.

а) $v_1 < v_2$, поверхность B будет иметь бо́льшую скорость, чем A,—в таком случае будет происходить тот же процесс, что и указанный в п. а, только в меньшей степени; *β*) $v_1>v_2$—прочеса не будет, волокна при движении поверхности будут скатываться; г) $v_2=0$; v_1 положительна—то же действие, что в предыдущем случае (п. в, *β*); д) v_2 отрицательна; v_1 положительна—дей-

ствие, аналогичное предыдущему случаю, но в более сильной степени; е) v_2 и v_1 обе отрицательны—здесь возможны два подслучая: α) $v_2 > v_1$—действие, аналогичное случаю в, β; β) $v_2 < v_1$—прочес между поверхностями A и B.

2) Расположение игол перекрестное: а) $v_1 = 0$, v_2 положительна—волокна захватываются поверхностью B и переносятся с A на B; б) v_1 отрицательна; v_2 положительна, то же действие, только в большей степени; в) v_1 и v_2 обе положительны, м. б. два подслучая: α) $v_1 > v_2$—переход волокон с B на A; β) $v_1 < v_2$—переход волокон с A на B; г) $v_2 = 0$; v_1 положительна—переход волокон с B на A; д) v_2 отрицательна; v_1 положительна, то же, что и в предыдущем случае, но в большей степени; е) v_2 и v_1 обе отрицательны—скатывание волокон.

Кардочесание применяется для подготовки к П. коротких волокон: хлопка, мериносовой шерсти, разнообразных смесок для выработки аппаратной пряжи, оческов льняных, пеньковых, джутовых, шелковых, а также в вигонево-угарном П. В зависимости от свойств сырого материала—его длины, тонины, крепости, загрязненности и т. д. применяют кардные покровы различной частоты игольчатого поля и иглы различной длины и тонины. В хл.-бум. П. частоты игольчатого поля измеряются английским №, под которым понимается количество рядов игол на длине ленты в 4″. Чем выше № обтяжки, тем тоньше игла и тем большее число игол приходится на 1 квадратную единицу поверхности. Наиболее употребительными №№ в хлопкопрядении являются 100, 110, 120, 130.

№ английский	Число скоб (двух игол) на 1 дм.²	Толщина проволоки в *мм*
100	250	0,30
110	275	0,28
120	300	0,26
130	375	0,24

В шерстопрядении (камвольном) применяется франц. система нумерации кардной ленты, причем наиболее употребительными здесь являются №№ 20, 22, 24, 26, 28, 30, к-рые характеризуются следующими данными:

№ французский	Число скоб на 1 *см*²	Толщина проволоки в *мм*
20	30	0,31
22	34	0,28
24	38	0,26
26	42	0,24
28	48	0,22
30	54	0,20

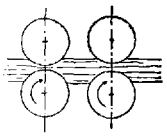
Кардная гарнитура для льняных, пеньковых и джутовых машин применяется более грубая, чем для хлопка и шерсти, иглы ее монтируются или на кожаной ленте или на твердых планках: деревянных, медных и пр. В льнопрядении № иглы изменяется от 6 до 30 № с толщиной ее от 4,8 *мм* до 0,35 *мм*. Наиболее часто применяют средние №№ от 10 до 20 с толщиной иглы от 3,25 *мм* до 0,925 *мм*. Число игол на дм. для такой тонины их колеблется 4÷50 на дм.

В зависимости от свойств волокна определяется и система и размеры кардочесальной машины (см. *Льнопрядение*, *Хлопкопрядение*, *Пенькопрядение*, *Шерстопрядение*, *Шелкопрядение*). Наиболее короткое волокно, как хлопок, обычно пропускается один раз через кардочесальную машину, длинные волокна—шерсть 2, 3 и 4 раза, очески лубяных волокон пропускаются два или три раза. Степень действия кардмашины, т. е. степень разъединения волокон, м. б. выражена степенью прочеса на кардмашине, под которой понимается вытяжка между барабаном и питающим цилиндром; она показывает, во сколько раз слой хлопка распространяется, во сколько раз он утоняется, переходя из-под питающего валика на барабан. Кардочесальные машины в зависимости от формы системы органов, производящих прочес, разделяются на 1) валичные, 2) шляпочные с неподвижными шляпками, 3) шляпочные с движущимися шляпками, или самочесы, 4) смешанные: с валиками и со шляпками. Во всех системах как общее правило одна кардная поверхность покрывает большой барабан, а другая смонтирована или на валиках (валичные машины), или на планках, называемых шляпками, или наконец на обеих системах. Валичные машины являются наиболее старыми и дающими меньший прочес. Они имеют применение в кардочесании длинных волокон: шерсть, очески лубяных волокон. Для кардочесания хлопкового волокна почти исключительно применяют машины с движущимися шляпками—самочесы, как наиболее продуктивные и дающие более высокий прочес. Материал заправляется на кардочесальную машину или в виде холста определенного № (хлопок) или в виде массы (шерсть, лен).

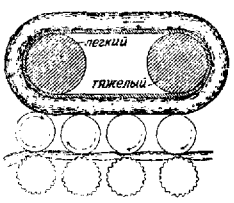
Рассортирование волокон по длине. Большинство волокон дается природой настолько различными по длине, что обработать их на машине при одной заправке ее, рассчитанной на определенную длину волокна или по крайней мере на определенные колебания по длине, не представляется возможным. Наиболее совершенным волокном в этом отношении является хлопковое волокно, но и его штапель показывает значительные колебания по длине (см. *Волокна прядильные*). При более однородном по длине волокне, гл. обр. тонком, с целью наилучшего его использования применяется чесание на гребенных машинах, при котором получается два продукта—чесаная лента и очесок. Угарное и аппаратное П. происходит т. о., что ровница получается на кардмашинах и оттуда передается на прядильные машины. В льнопрядении сохранился еще ручной способ чески льна на гребнях, к-рый в настоящее время часто применяется в виде прочеса, т. е. ручного чесания уже после пропуска материала через машину. Наибольшее применение гребнечесальный процесс получил в прядении длинных волокон: камвольной шерсти, и льна. В хлопкопрядении гребнечесание применяется в П. высоких №№ пряжи; низкие и средние №№ пряжи подготовляются к П. в процессе кардочесания. Несмотря на то, что системы гребнечесальных машин для различных волокон весьма различны, они все построены в сущности на одном принципе: на прочесе гребнями конца пучка волокон, в то время как другой конец пучка зажат. Гребнечесальные машины можно разделить на 2 группы: 1) машин непрерывного действия, к к-рым относятся круглые

системы машин: машины Листера, Нобеля, Холодена (см. *Камвольное прядение*), в которых прочесывающий гребень смонтирован по окружности круга и которые имеют в настоящее время применение только в камвольном П. по английскому способу, и 2) машины прерывного действия, наибольшее распространение среди них имеет машина Гейльмана и ее конструктивные вариации. Эти машины имеют преимущественное применение в камвольном прядении и в хлопкопрядении (см. *Камвольное прядение* и *Хлопкопрядение*). Особняком стоят гребнечесальные машины в льнопрядении—геклинг-машины (см. *Льнопрядение*), а также гребенное чесание шелковых остатков; где применяют циркулярные гребнечесальные машины и плоские (см. *Шелкопрядение*), устроенные на том же принципе, что и машины Гейльмана, но иначе сконструированные и менее автоматизированные. Пройдя гребнечесальную машину, материал разделяется на две части—чесаное волокно и очесок; % каждой части от общего количества волокна *бывает весьма различен*.

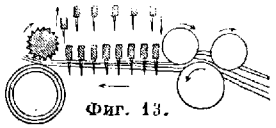
Параллелизация волокон, являющаяся одним из необходимейших условий получения хорошей равномерной пряжи, осуществляется с помощью вытяжных машин, на к-рых помимо вытяжки одновременно применяется и сдваивание лент. В основном вытяжные машины, называемые часто также ленточными, состоят из двух или нескольких пар валиков, из к-рых каждая последующая вращается быстрее предыдущей (фиг. 11) и, вытягивая проходящую ленту волокна, выпрямляет составляющие ее волокна и их параллелизует. Основным условием вытяжного аппарата является определенное расстояние между вытяжными цилиндрами в зависимости от длины волокна. Если это соотношение недостаточно точно выдержано, то в случае слишком малого расстояния между валиками волокна будут одновременно захватываться двумя парами валиков и надрываться, в случае слишком большого расстояния волокна смогут наматываться на передний валик не будучи еще придерживаемы задней парой. Вытяжной аппарат в своем простейшем виде как система пар вытяжных валиков, преломляясь в свете различных требований отдельных волокон, встречается в различных системах П. в весьма разнообразных конструктивных формах. Наибольшей простотой отличаются вытяжные машины, применяемые в хлопкопрядении. Их рабочий орган обычно состоит из трех или четырех пар вытяжных валиков (фиг. 12), из к-рых нижние, называемые цилиндрами делаются стальными рифленными (36 рифлей на 1″) и закаливаются, верхние обычно отягиваются опойком или сукном и с помощью грузов прижимаются к нижним цилиндрам, иногда и верхние валики делают рифленными. Размер нагрузки колеблется от 12 до 18 *кг* на каждый валик, причем первый, т. е. задний, валик нагружается наименее, а выпускной, передний,—наиболее. Диаметры валиков также зависят от длины волокна. Для коротковолокнового хлопка диаметр всех валиков, кроме третьей пары, принимается равным от $1^1/_8$ до $1^3/_{16}$″, 3-я пара $^7/_8$—1″, для хлопка средней длины соответственно $1^1/_4$—$1^3/_8$″ и $1\,^1/_8$—$1^3/_{16}$″ и для хлопков длинных $1\,^1/_2$ и $1^1/_4$″. Число оборотов переднего валика в зависимости от № пряжи колеблется от 400 до 320 в мин. В хлопкопрядении одного пропуска через ленточные машины оказывается недостаточно. Обычно лента пропускается 3 раза через вытяжную систему, причем число сдваиваний и общая вытяжка на каждой из них составляет от 6 до 8. Для особенно тонких №№ пряжи применяются 4 машины; при сокращенных планах П. средних №№ иногда обходятся двумя вытяжными машинами: на фиг. 12 представлена головка цилиндровой ленточной машины с рукавом для *очистки верхних* валиков от пуха. Вытяжные машины для длинных волокон устраивают с игольчатой гарнитурой, к-рая помогает параллелизации волокон, прочесывая и разъединяя их.



Фиг. 11.

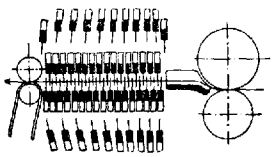


Фиг. 12.



Фиг. 13.

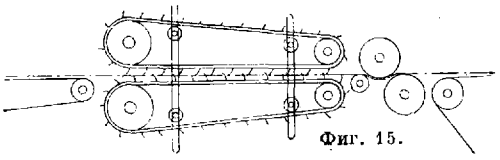
Часто применяют игольчатые системы с плоскими гребнями. Наиболее простой является изображенная на фиг. 13 головка вытяжной машины с одним рядом гребней, называемой гильбоксом. Головка гильбокса состоит из выпускного аппарата, который для лучшего захвата волокон состоит не из пары, а из трех валиков, вытяжной пары валиков, которая имеет скорость, в несколько раз превышающую скорость подающего аппарата; между обеими системами валиков находится движущееся игольчатое поле в виде плоских гребней, к-рые во время своего рабочего периода движутся в направлении движения волокна со скоростью в несколько раз большей, чем скорость подающего аппарата и значительно меньшей, чем скорость вытяжной пары валиков, благодаря чему, когда материал подходит к вытяжной паре, он вырывается ею с большой скоростью, протаскивается сквозь иглы гребней, что в значительной мере увеличивает параллелизацию волокон. Гребни, совершив рабочий цикл, поднимаются и с помощью червяка передаются обратно к началу машины, чем обеспечивается непрерывность процесса. Машины этого типа носят также название машин с падающими гребнями или просто стукалок.



Фиг. 14.

В камвольном П. (см. *Камвольное прядение*) особенное распространение получили машины с двумя игольчатыми полями (фиг. 14), называемые интерсектингами в силу того, что иглы верхнего поля стоят под нек-рым углом к иглам нижнего поля. Интерсектинги дают более сильную обра-

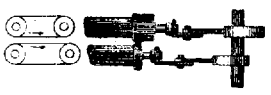
ботку материалу нежели простые гильбоксы. Фиг. 15 показывает головку вытяжной машины с игольчатым полотном. Были предложены другие системы с бесконечным игольчатым полотном. В целях усовершенствования работы игольчатой вытяжной машины,



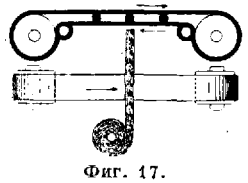
Фиг. 15.

а в особенности сокращения расстояния между вытяжной парой валиков и игольчатым полем, Менье Будри предложил оригинальную систему машин с игольчатым полем. Кроме машин с плоским игольчатым полем применяются также, в особенности в камвольном П. (французская система) и в прядении шелковых остатков, вытяжные машины с игольчатым валиком или несколькими валиками, называемыми эриконами. В зависимости от различных свойств применяются машины различных размеров и с различными скоростями (см. *Камвольное прядение*, *Льнопрядение* и *Шелкопрядение*).

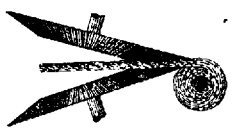
П. разделяется на 2 процесса: 1) предварительное П., или предпрядение, процесс получения ровницы и 2) окончательное, или тонкое, П. Для того чтобы в процессе вытягивания и последовательного кручения нить утонить до желательного № и придать ей в порядке кручения определенную крепость, оказывается недостаточным пропуска материала через одну машину, а требуется несколько переходов. Подготовка ровницы к П. в некоторых случаях, правда достаточно ограниченных (аппаратное П. шерсти, французское П. камвольной шерсти и др.), осуществляется с помощью системы ложной крутки, к-рая состоит в том, что материал скручивается и раскручивается в сучильном аппарате, и в силу цепкости волокон получается более связанная и компактная и на разрыв более крепкая ровница. Наибольшее распространение в настоящее время имеет сучильный аппарат (фиг. 16), состоящий из двух кожаных рукавов, к-рые имеют два движения. Зубчатые колеса вращают валики, на которые одеты рукава, и дают последним движение в направлении следования ровницы, эксцентрики же дают рукавам поступательное движение в направлении, перпендикулярном



Фиг. 16.

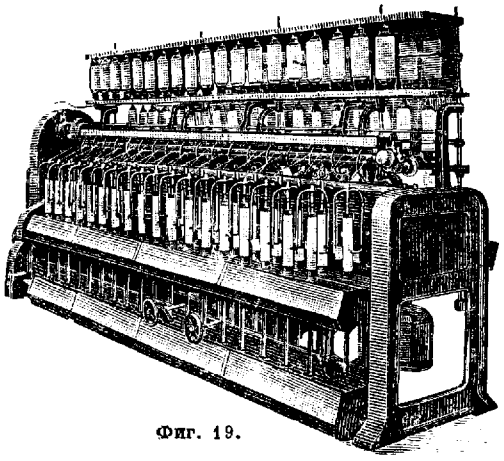


Фиг. 17.



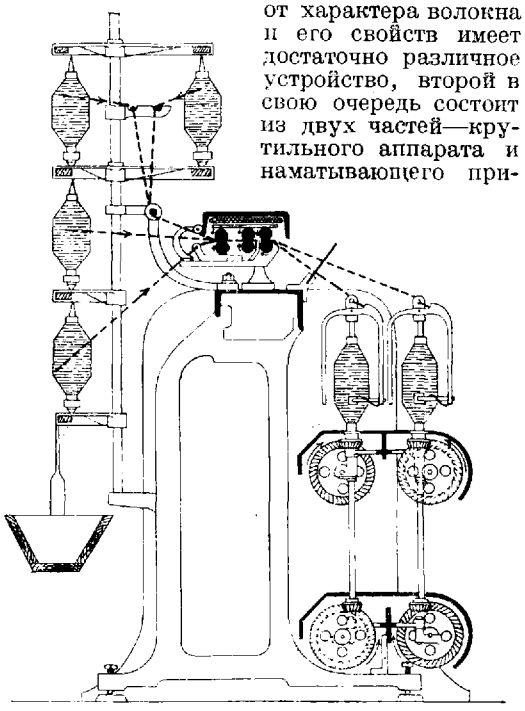
Фиг. 18.

первому, к-рое ссучивает проходящую между рукавами ровницу. Машины этого типа называются сучилами, или фроттерами, иногда в производстве их называют банкаброшами. Кроме приведенной системы для получения ровницы ложной круткой были предложены и другие системы (фиг. 17), где вместо двух рукавов работает один, и ровница, проходя аппарат, получает ссучивание, или аппарат, показанный на фиг. 18, в котором ссучивание осуществляется вращением двух тарелок с конич. поверхностями. Как правило процесс предпрядения осу-



Фиг. 19.

ществляется на банкаброшах (см. *Камвольное прядение*, *Льнопрядение*, *Хлопкопрядение*), на к-рых производится и вытяжка и крутка. Таким образом эта машина состоит из двух частей: вытяжного аппарата и крутильного механизма. Первый в зависимости от характера волокна и его свойств имеет достаточно различное устройство, второй в свою очередь состоит из двух частей—крутильного аппарата и наматывающего при-



Фиг. 20.

бора и в общем для различных волокон б. или м. одинаков. Фиг. 19 представляет собою вид хл.-бум. банкаброша, а на фиг. 20 дан его разрез. Вытяжной аппарат этого типа машин состоит из трех пар вытяжных

валиков, из которых передняя вращается в несколько раз быстрее задней. Над верхними валиками имеется фланелевое полотно для снимания с валиков пуха и сора. Диаметры валиков зависят от длины хлопка и для средних сортов хлопка берутся равными 25—30 *мм*; расстояние между центрами валиков равно длине волокна 1,5÷12 *см*. Крутильный аппарат представляет собой рогульку, в к-рую входит ровница, а именно в отверстие в головке рогульки, и принимает все то число оборотов, которое делает веретено вместе с рогулькой. В крутильный аппарат включен и наматывающий аппарат, состоящий из катушки, сидящей свободно на оси веретена и имеющей самостоятельное вращение. Для правильной и последовательной намотки ровницы катушка имеет поступательное движение вверх и вниз, причем в виду особой формы катушки, оканчивающейся двумя усеченными конусами, подъем катушки не д. б. постоянным, а должен изменяться, будучи наибольшим в начале намотки и уменьшаясь с намоткой ровницы на катушку. Крутка, к-рую получит нить, равна числу оборотов веретен в мин., деленному на скорость выпуска нити передней парой валиков в дм. Обычно крутку вычисляют как число оборотов или кручений нити на 1 дм. В хлопкопрядении для средних №№ применяется не один банкаброш, а ровница последовательно пропускается через три—первый называется толстым, второй перегонным, третий тонким, с каждым переходом ровница вытягивается и утоняется. Поэтому каждый последующий банкаброш имеет меньшие размеры и бо́льшую скорость (табл. 1).

Табл. 2.—Схема Прея прядения пряжи №№ 20—40 из шерсти длиною в 20 см.

Колич. переходов	Название машин	D	v	E г/м	Число об./м. веретен	Выпуск м/мин
1	1 гильбокс в 2 головки	—	—	20	—	34,5
2	1 » » 2 »	8	8	20	—	35
3	1 машина в 2 головки	6	7,1	17	270	42
4	1 » » 4 »	5	7,7	11	270	33
5	1 » » 8 »	5	7,85	7	270	27
6	2 » » 8 »	4	7,4	3,8	300	25
7	3 » » 18 »	2	7,6	1	900	28.5
8	5 » » 24 »	2	5,7	0,35	1 300	36,5

Схема прядения пряжи для № 10 английского дана в табл. 3.

Табл. 3.—Схема прядения пряжи № 10 английского.

Колич. переходов	Название машин	D	v	E г/м	Число об./м. веретен	Выпуск в м/мин	Коэф. крутки
1	1 Тазов. гильбокс в 2 головки	6	5	14,9	—	24	—
2	1 » » » 2 »	5	5	14,9	—	24,2	—
3	2 машины в 2 веретена . . .	4	5,35	11,35	58	12,3	15,9
4	1 » » 4 » . . .	5	7,5	7,57	133	20	18,4
5	1 » » 4 » . . .	4	7,5	4,03	216	34,5	12,5
6	1 » » 8 » . . .	4	7,5	2,15	450	32,5	20,5
7	2 » » 16 » . . .	3	7,5	0,86	640	20,5	29
8	3 » » 34 » . . .	3	7,5	0,344	980	16,2	35,3
9	10 » » 48 » . . .	2	7	0,0971	1 400	12	36,5

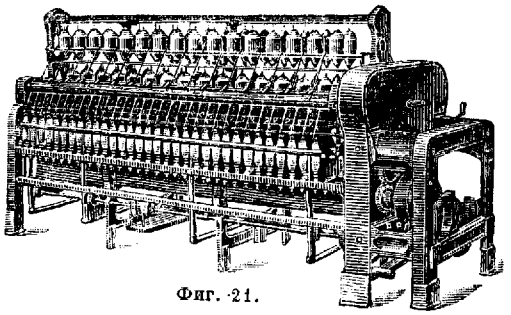
П. имеет целью получение из ровницы пряжи в порядке дальнейшего вытягивания ровницы и крутки ее. Различают две основные системы П.: непрерывное П.—на ватерах и прерывный процесс—на сельфакторах. Наибольшее применение в настоящее время имеет ватер и о е, как наиболее простое и дешевое, но не дающее такой пушистой, ровной пряжи, какую может дать сельфактор. В основном ватер построен по принципу банкаброша и отличается особенностями в конструкции в зависимости от характера волокна и его свойств. Различают три основных типа ватеров: рогульчатый, кольцевой и колпачный. Рогульчатые ватера, в которых крутильным аппаратом является рогулька, применяются еще в П. льняном, пеньковом, джутовом, а также в П. ровных номеров камвольной пряжи (см. *Камвольное прядение*, *Льнопрядение*, *Пенькопрядение*).

Табл. 1.—Характеристика банкаброшей.

Банкаброши	Число веретен	Число оборотов веретен	Диаметр и подъем катушки в *мм*	Крутка на 1 дм.	Вытяжка	Число веретен на 1 HP при числе об/м.
Толстый	40—100	450—600	135/250	$(0{,}873—1{,}3)\sqrt{N}$	4—5	45/600
Перегонный	70—160	650—800	115/200	$(0{,}75—1{,}3)\sqrt{N}$	5—6½	60/800
Тонкий	100—200	900—1 160	95/175	$(0{,}9—1{,}35)\sqrt{N}$	5—8	70/1 100

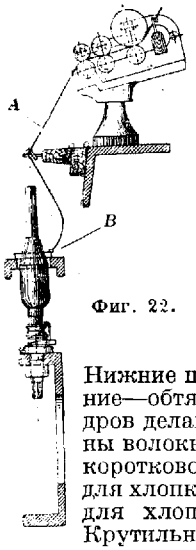
При П. очень тонких №№ вместо 3 переходов на банкаброше применяют 4 и в исключительных случаях 5. Наоборот, в связи с сокращенными планами П. и в целях удешевления процесса П. проводятся опыты по сокращению числа переходов на банкаброшах до 2. Банкароши, применяемые в П. длинных волокон, прежде всего отличаются вытяжным аппаратом, к-рый в П. камвольной шерсти и шелковых остатков, а также в П. лубяных волокон устраивается с гребенным полем или в виде плоских гребней или в виде игольчатого валика. Естественно, что чем грубее волокно, тем и машина грубее и крупнее. Обычно вместо намотки на катушку в виде двух усеченных конусов в П. длинных волокон применяется цилиндрич. форма намотки, что естественно упрощает закон движения катушки. В камвольном П. по англ. системе число банкаброшей доходит до 6 и 7. Так, для П. пряжи №№ 20—40 из шерсти длиной до 20 *см* Прей рекомендует следующую схему (табл. 2).

Рогульчатый ватер—машина более громоздкая и тяжелая, чем кольцевой, и потому применяется только там, где кольцевой ватер благодаря своей легкости не м. б. применен. Наиболее быстроходными, производительными и потребляющими меньше энергии являются кольцевые ватера, которые и имеют исключительное применение в П. коротких тонких волокон как хлопка, так и камвольной пряжи; в льняном деле они не получили еще распространения. Хл.-бум. ватер показан на фиг. 21,

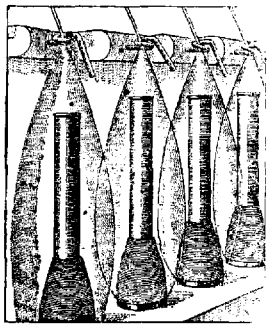


Фиг. 21.

на фиг. 22 дан его поперечный разрез. Вытяжной аппарат состоит из 3 пар вытяжных валиков, расположенных наклонно к горизонтали, угол наклона составляет 20—35°.

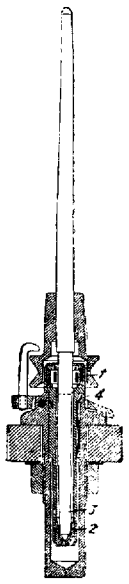


Фиг. 22.



Фиг. 23.

Нижние цилиндры—рифленые, верхние—обтянутые кожей, диам. цилиндров делаются в зависимости от длины волокна и бывают 25—29 *мм* для коротковолосого хлопка, 25—35 *мм* для хлопка средн. длины и 32—38 *мм* для хлопка с длинным волокном. Крутильный аппарат кольцевого ватера представляет собою кольцо, на которое одета проволочная скобочка, называемая бегунком и которая свободно может передвигаться по окружности кольца. Ровница, пройдя вытяжной аппарат, проходит глазок *A* и через бегунок *B* поступает на шпулю, насаженную на веретено и вращающуюся вместе с ним. Крутильный и мотальный аппарат (наматывающий готовую пряжу) имеет одно лишь движение вращения веретена. Кольцо неподвижно, а бегунок не имеет самостоятельного движения и получает таковое благодаря натяжению нити, увлекаемой наматыванием на веретено. Размеры ватера, число веретен, расстояние между веретенами, размеры кольца, размеры и вес бегунков, число оборотов веретен зависят от тонины нити, т. е. от № пряжи (см. *Хлопкопрядение*). Благодаря сильной центробежной силе нить при движении между глазком и шпулей образует тело вращения, называемое баллоном (фиг. 23). Величина баллона зависит от скорости вращения, от веса бегунка, от веса пряжи (№ пряжи и величина отрезка ее) и от сопротивления воздуха. В практич. работе баллон представляет то неудобство, что при слишком близкой посадке веретен возможны случаи зацепления соседних нитей друг о друга, особенно при обрыве одной из них. Для избежания этого явления расстояние между веретенами делают не менее определенной величины, обычно равной диаметру кольца +1″, и устанавливают т. н. сепараторы, представляющие собою щитки или пластинки различной формы, устанавливаемые между веретенами и отделяющие один баллон от другого. Очень большое значение имеет веретено, именно его посадка в подпятнике и его смазка, к-рые позволяли бы машине работать с наибольшими скоростями и с наименьшими расходами энергии. Были многочисленные попытки применения для веретен шариковых подшипников, но в виду крайне небольших размеров веретен они оказались непригодными; на фиг. 24 показан один из (лучших) типов хл.-бум. веретен—веретено Норма на роликовых подшипниках герм. з-да в Штуттгарте. Веретено из закаленной стали укреплено в направляющем роликовом подшипнике *1*, пята веретена покоится в сильно закаленном стальном подпятнике *2*, вставленном также в стальную гильзу *3*, благодаря к-рой конец веретена имеет нек-рую свободу колебания. Колебания гильзы регулируются пружиной *4*, к-рая одновременно не позволяет гильзе вращаться около оси веретена. Произведенные испытания показали, что уд. давление на поверхности подшипника при веретенах с роликовыми подшипниками значительно меньше, чем при веретенах с шариковыми подшипниками, благодаря чему и степень износа меньше. Опыты проф. Иогансена показали, что в то время, как на 1 HP веретен с роликовыми подшипниками приходится 140, веретен с обыкновенными подшипниками скользящего трения только 70.



Фиг. 24.

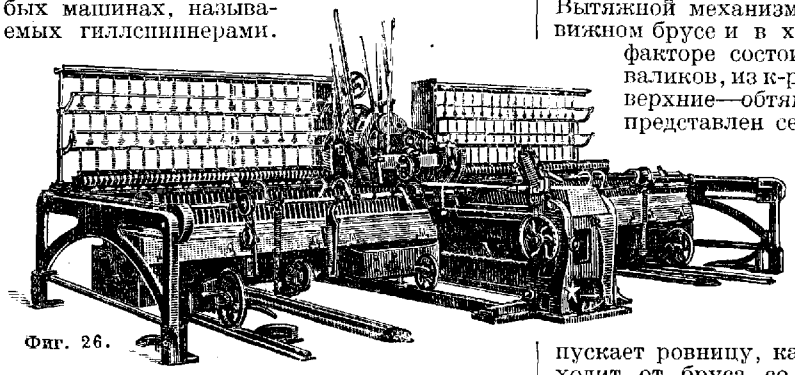


Фиг. 25.

Колпачный ватер (фиг. 25) имеет неподвижное веретено, прикрепленное наглухо к брусу. Катушка *3* имеет вращательное движение при помощи блочка *2* и поступательное вместе с планкой *4*. Органом, направляющим нить на катушку, является колпачок *1*, к-рый укреплен на веретене. Колпачный ватер допускает большое число оборотов веретена, до 7 500. Благодаря сравнительно малому натяжению нити на нем можно выработать тонкие №№ пряжи. Главным его недостатком является очень

небольшой размер катушки, к-рый позволяет наматывать лишь половину того, что может наматывать катушка рогульчатого ватера того же номера пряжи. Колпачные ватера имеют сравнительно ограниченное применение: в Германии они применяются преимущественно для П. шерстяной чулочной пряжи №№ 24—36, в Англии они имеют большее применение, применяются в П. тонкой камвольной пряжи до № 100.

В П. грубых и длинных волокон в качестве тонкопрядильной машины применяется прядильный банкаброш (П. джута). В льняном производстве применяют т. н. гиллевое П., т. е. П. через гребни на особых машинах, называемых гиллспиннерами.

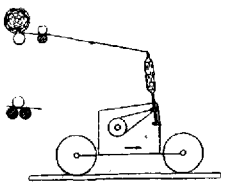


Фиг. 26.

Гиллспиннер представляет собою машину с гребенным вытяжным аппаратом и с рогульчатыми веретенами. Различают следующие два типа гиллспиннеров типа банкаброша: 1) с движением веретен от шестерен и с понудительным движением катушки, как у банкаброша, 2) с движением веретен тесьмой и без понудительного движения катушки, тормозимой грузом. Число оборотов веретен гиллспиннеров невелико: в льняном П. 1 400—4 800 об/м. в зависимости от № пряжи; более высокие №№ пряжи работаются на бо́льших скоростях. В пенькопрядении гиллспиннеры работают с числом 1 200—1 300 об/м., в исключительных случаях до 2 000 об/м. Для П. наиболее грубой пеньковой пряжи применяют еще менее производительные машины, т. н. автоматы с числом веретен от 2 до 6; в наименее механизированных производствах применяют полуавтоматы—машины с одним веретеном и с ручной подачей пеньки.

В П. лубяных волокон как чесаной ленты, так и оческов применяют мокрое П., состоящее в том, что ровница перед поступлением на вытяжные цилиндры и затем на веретено проходит через корыто с горячей или холодной водой или с каким-либо жидким химич. составом, заменяющим действие горячей воды на льняное волокно. Горячая вода растворяет клейкое вещество, соединяющее отдельные элементарные волокна между собой, благодаря чему они получают свободу движения и могут скользить один около другого в процессе вытягивания. В виду неудобств, к-рые представляет П. с горячей водой и сравнительно значительных расходов, связанных с нагревом воды, были предложены различные химич. растворы, могущие заменить действие горячей воды. Из них заслуживает наибольшего внимания раствор хлористого цинка в тепловатой воде и раствор контакта. Мокрое П. позволяет выпрядать пряжу более тонкую и более гладкую. Полусухое П. производится на сухих ватерах с устройством под нижним вытяжным цилиндром корыта с холодной водой. Пряжа, полученная таким способом, отличается большей гладкостью и большей ворсистостью, чем пряжа, выпрядаемая на обыкновенных сухих ватерах (см. *Льнопрядение*).

Машиной, осуществляющей процесс прерывного П., является сельфактор (фиг. 26 и 27). Как и в ватерной машине, сельфактор имеет три основные механизма: вытяжной, крутильный и наматывающий. Вытяжной механизм установлен на неподвижном брусе и в хлопкопрядильном сельфакторе состоит из 3 пар вытяжных валиков, из к-рых нижние—рифленые, верхние—обтянутые кожей. На фиг. 27 представлен сельфактор для аппаратной шерсти без вытяжного аппарата. Веретена установлены наклонно на подвижной каретке. Полный цикл работы сельфактора разбивается на 4 периода. Первый период—вытяжной аппарат выпускает ровницу, каретка с веретенами отходит от бруса со скоростью, несколько большей скорости передней пары вытяжных валиков, благодаря чему получается добавочная вытяжка пропущенной через вытяжной аппарат ровницы, при которой толстые места нити утоняются. Веретена вращаются, и нить получает крутку. Во втором периоде рабочего цикла сельфактора подачи ровницы нет, каретка стоит на месте, веретена продолжают вращаться в том же направлении, производя докрутку. Третий период представляет собою отмотку: каретка продолжает стоять на месте, веретена вращаются в обратную сторону и сматывают нить, намотанную на веретено сельфактора выше початка. Четвертый период—возврат каретки к брусу. Веретена вращаются в ту же сторону, что в первые два периода работы, и наматывают пряжу на веретено.

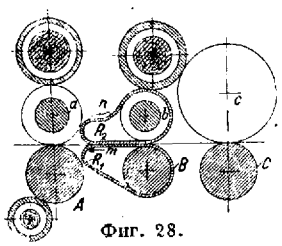


Фиг. 27.

Сравнивая работу двух основных типов прядильных машин,—ватера и сельфактора, приходится констатировать, что ватера имеют ряд существенных преимуществ перед сельфакторами: ватера значительно проще как в устройстве, так и в работе, на них могут работать менее квалифицированные рабочие; ватер занимает почти в 2 раза меньше места, чем сельфактор, что конечно в значительной степени сокращает расходы строительства ф-к; производительность ватеров при одинаковых прочих условиях процентов на 30 выше сельфакторов; благодаря тому что на ватерах каждая нить во все время работы находится под натяжением, тонкие места обрываются, что служит хорошим контролем работы и уменьшает количество тонких мест в готовой пря-

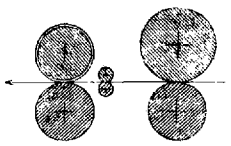
же; уток для автоматич. ткачества может готовиться на ватерах непосредственно на соответствующих шпулях, не требуя перемотки, в то время как уток, полученный на сельфакторах, д. б. перемотан. Ватерный уток дает также меньший процент угара в ткачестве. В свою очередь сельфактор имеет некоторые определенные преимущества перед ватером: он дает более равномерную, пушистую и эластичную застилистую пряжу, к-рая лучше и красивее ложится в ткани; на сельфакторе можно работать непосредственно на голое веретено, без шпуль и патронов, удешевляя транспорт пряжи, наконец сельфактор дает возможность работать более высокие и тонкие №№ пряжи. В виду этого сельфактор сохранился лишь там, где ватер не может его заменить и дать пряжу равного качества. Преимущественное применение сельфактор имеет в П. аппаратной шерстяной пряжи и угарно-вигоневых видов пряжи, к-рые должны отличаться особенной мягкостью и пушистостью, в П. высоких номеров хл.-бум. пряжи, в особенности уточной, и отчасти в П. камвольной пряжи по французской системе. В льнопрядении и в П. лубяных волокон вообще сельфактор применения не имел. За последнее время был сконструирован сельфактор с неподвижной кареткой.

Б о л ь ш и е в ы т я ж к и. Современная система параллелизации волокон: вытяжные машины и вытяжные аппараты предпрядильных и прядильных машин являются достаточно грубыми и мало эластичными в смысле приспособления к требованиям волокна механизмами, которые притом, несмотря на большое число переходов волокна через вытяжные пары, все же не дают вполне удовлетворительной параллелизации волокон в ленте и в ровнице. Причиной является то, что волокно, даже такое совершенное в смысле прядимости, как хлопковое, крайне неоднородно по длине, и потому вытяжной аппарат с жестко установленным расстоянием между вытяжными парами, с одной стороны, не улавливает и не параллелизует волокон определенной длины, и они, как говорят, плавают; с другой стороны, волокна длиннее определенной величины, будучи захвачены одновременно двумя вытяжными парами, могут разрываться. Пионером в вопросе реконструкции процесса параллелизации волокон явился испанский инж. Казабланка.



Фиг. 28.

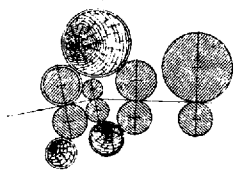
Вытяжной прибор Казабланка (фиг. 28) состоит из трех пар вытяжных валиков: передней *Aa*, средней *Bb* и задней *Cc*. Средняя пара существенным образом отличается от вытяжных пар, применяемых в обычных аппаратах, она состоит из пары кожаных рукавов, к-рые надеты на валики *Bb* благодаря прутку *m*, к-рый поддерживает нижний рукав, и планки *n*, к-рая направляет верхний рукав; рукава R_1 и R_2 очень близко подводятся к передней паре вытяжных валиков. Для лучшего захватывания рукава поверхность цилиндра делается рифленой. Благодаря столь близкой подводке волокон к передней вытяжной паре до 80% волокон захватывается ею. Так, при штапеле хлопкового волокна в 26—27 *мм* % волокон короче 17 *мм* составляет 11,85% и следовательно при растяжении между зажимами равен 17 *мм*; воздействию вытяжного прибора подвергаются и участвуют в правильном движении, вытягивании и распрямлении 88,15% всех волокон штапеля. Длинные волокна штапеля, захваченные передней парой, не разрываются, т. к. зажим рукавами производится очень эластично, и волокно лишь с некоторым трением вытаскивается из-за зажима между рукавами, скользя между ними и распрямляясь, что оказывает особенно хорошее и полное действие на параллелизацию волокон. Пряжа с такого аппарата получается значительно равномернее и крепче, чем на обыкновенном вытяжном аппарате. Кроме этого благодаря эластичности вытяжного аппарата на нем представляется возможным в значительной мере увеличить вытяжку. На обыкновенных вытяжных аппаратах на ватерах применяются вытяжки короткого волокна 5—6, для волокна средней длины 6—8 и для длинного волокна до 10; на приборе Казабланка вытяжки берутся для первой группы хлопка 15—22, для второй 22—30 и для третьей 30—45. Такие большие вытяжки дают аппарату и другое существенное преимущество—возможность уменьшить число переходов на предпрядильных машинах. В аппарате Казабланка каждая пара рукавов обслуживает лишь одно ватерное веретено и работает совершенно самостоятельно. Главные размеры аппарата Казабланка следующие: расстояние между осями первой и второй вытяжных пар, а также между осями второй и третьей составляет 41 *мм*, зажимная длина между первой (передней) и второй (средней) парами 17 *мм*, диам. заднего и переднего цилиндров 1″, диам. среднего цилиндра $^7/_8$″.


Фиг. 29.

Полученный Казабланка патент на вытяжной аппарат с рукавами и желания его обойти заставили многих изобретателей и конструкторов машиностроительных з-дов искать других способов разрешения проблемы рационализации вытяжного аппарата. На фиг. 29 изображен наиболее типичный аппарат этой группы системы инж. Янинка. В этом аппарате передняя и задняя пары представляют собою обычные вытяжные пары, что же касается средней, то диам. его цилиндров делается возможно малым, насколько только позволяет прочность материала (8—9 *мм*), в целях возможного приближения этой пары цилиндров к передней. Верхний валик средней пары делается самогрузящим, т. е. работает без нагрузки, является достаточно легким и при прохождении под ним волокна оказывает то же действие, что и рукава в приборе Казабланка, он слегка зажимает длинные волокна, но с такой силой, что они не разрываются, а вытаскиваются с нек-рой силой передней парой и распрямляются. Однако

средняя пара с ее тонким легким валиком оказалась наиболее слабым местом аппарата Янинка. Благодаря легкости среднего валика он легко увлекался волокнами, к-рые с достаточной силой и значительно большей скоростью протаскивались передней парой валиков, благодаря чему средний верхний валик, увлекаясь движением волокон, вращался с большей скоростью, чем следовало по заправке, притом с постоянными толчками. Предложение проф. Иогансена снабдить валик и нижний цилиндр средней пары треугольными рифлями для того, чтобы валик вращался строго со скоростью цилиндра, оказалось достаточно целесообразным, но усложнило систему и уход за работой ее. Вытяжная система с тонкими средними цилиндрами имеет и другие недостатки: цилиндры благодаря своей тонине довольно легко изгибаются, рифли цилиндров забиваются и требуют частой чистки, благодаря чему аппараты Янинка обыкновенно снабжаются несколькими чистильными валиками. При попадании пуха в шейки среднего валика возможно его торможение и даже останов. Некоторые машиностроительные заводы, как Добсон и Барло, старались избежать эти неудобства тем, что делали диаметр средней вытяжной пары несколько больше, до 15—16 *мм*, но такое изменение, вполне целесообразное с конструктивной стороны, ухудшало производственный процесс, и вытяжной аппарат с таким диам. среднего валика далеко не давал того эффекта, к-рый получался при тонком валике, диам. 8—9 *мм*.

Наиболее радикальным улучшением вытяжных аппаратов со средней легкой вытяжной парой следует считать переход на аппараты с четырьмя вытяжными парами. Фиг. 30 представляет 4-цилиндровый аппарат Янинка с надломленным вытяжным полем (сист. Тениссона), что уменьшает захватывание малого валика движением волокон. На аппарате, представленном на фиг. 30, зажима ровницы между валиками второй пары нет, сила, необходимая для удержания ровницы на нижнем цилиндре при ее дальнейшем вытягивании, получается благодаря трению ровницы о поверхность, оно достаточно велико благодаря углу вытяжного поля и большему углу обхвата цилиндра ровницей. Валик верхний служит только для направления ровницы. Четвертая вытяжная пара дает, во-первых, возможность иметь вытяжку между одной лишней парой, а во-вторых, делает значительно более удобной заправку ровницы при обрыве. Практика все же показала, что наиболее выгодным аппаратом, дающим наибольший эффект, является аппарат Казабланка: он допускает наибольшие вытяжки и является более пригодным для обработки низкосортных пыльных хлопков, которые слишком засоряют 3- и 4-цилиндровые вытяжные аппараты, что затрудняет работу. Система больших вытяжек—бесспорно крупнейшее явление в деле рационализации и даже полного переустройства прядильного процесса. Иваново-Вознесенский меланжевый комбинат был запроектирован с обыкновенными ватерами на 116 360 тонкопрядильных веретен, когда же решено было перепроектировать на ватера Казабланка, то оказалось, что на той же самой площади за счет сокращения одного перехода на банкаброшах, выбросив тонкие банкаброши, можно установить 132 536 тонкопрядильных веретен, т. е. на 14% больше, увеличив соответственно приготовительный отдел. Сметная калькуляция дала при этом снижение стоимости обработки пряжи на 8,64%. Пересчет, сделанный для ф-ки Ивтекстиля «Красная талка», показал, что при установке приборов Казабланка удешевление обработки составит 11,1%. По словам проф. Кованько приборы Казабланка будут особенно пригодны у нас на тех старых фабриках, на которых слабы приготовительные отделы и мало чесальных машин. и что требуемые с установкой приборов Казабланка переделки—удаление тонких банкаброшей и усиление за счет их приготовительного отдела и увеличение числа толстых и перегонных банкаброшей—быстро окупятся и дадут дешевую продукцию. Система Казабланка дает более равномерную пряжу; так, комиссия, обследовавшая этот вопрос в з.-европ. странах в связи с постройкой Иваново-Вознесенского комбината, получила следующие фабричные данные: % неравномерности пряжи при приборе Казабланка—8,6; 14,8; 15,7; 14,1; в то время как при обыкновенных вытяжных приборах—24,1; 34,6; 18,2; 28,4%. Благодаря лучшей параллелизации волокон и более правильному их расположению на приборах Казабланка можно работать пряжу на 4—6% отложе, что повышает производительность. Общая же экономия на зарплате, принимая во внимание сокращение переходов при приборах Казабланка, составляет до 15%. Завод Платта предлагает план прядения для основы № 36, приведенный в табл. 4.



Фиг. 30.

В последние годы герм. з-д Гартмана в Хемнице выпустил прядильный ватер со сверхвысокими вытяжками, где на одном вытяжном аппарате продукту м. б. дана вытяжка до 200. Ватер Гартмана позволяет еще больше сократить приготовительный и прядильный отделы фабрики, пуская на прядильную машину не ровницу, а непосредственно ленту. Эта машина не успела еще войти в производственную практику, но работа ее на опытных установках, в частности на опытной ф-ке хл.-бум. объединения, дала вполне положительные результаты. Прядильные машины с большими вытяжками пока получили значительное распространение в хлопкопрядильном производстве, но бесспорно они найдут огромное применение и в П. других волокон и в значительной мере упростят и удешевят процессы П.

О т д е л к а и у б о р к а. Под отделкой пряжи можно понимать довольно разнообразную группу процессов, включая сюда крутку, с одной стороны, и специальную химич. обработку,—с другой, в пределах же прядильного производства отделка пряжи понимается значительно уже. В зависимости от материала, из к-рого приготовлена пряжа, и в особенности в зависимости от назначения ее применяются различные способы отделки. Наибольшей отделке подвер-

Табл. 4. — План завода Платта для прядения основы № 36.

Оборудование и процессы	Обыкн. прядение без сдваивания на ватерах	Большие вытяжки на ватерах и со сдваиванием	Большие вытяжки на ватерах и без сдваивания
Ватера			
№ пряжи	Основа № 36		
Число веретен	73 926		
» машин по 480 веретен	154	154	154
Вытяжка	7,2	20	20
Число сдваиваний	1	2	1
Тонние банкаброши			
№ ровницы	5	3,6	Тонких банкаброшей нет
Вытяжка	55,5	5,4	
Число сдваиваний	2	2	
» веретен	10 304	5 888	
» машин по 184 веретена	56	32	
Перегонные банкаброши			
№ ровницы	1,8	1,35	1,8
Вытяжка	5	5	5
Число сдваиваний	2	2	3
» веретен	3 456	2 304	3 456
» машин по 144 веретена	24	16	24
Толстые банкаброши			
№ ровницы	0,72	0,54	0,72
Вытяжка	5	4,5	5
Число сдваиваний	1	1	1
» веретен	1 200	900	1 200
» машин по 100 веретен	12	9	12
Ленточные машины			
№ ленты	0,144	0,12	0,144
Число головок	3	3	3
» выпусков машины	8	8	6
Число сложений	6	6	8
» машин	12	3	12
Чесальные машины			
№ ленты	0,14	0,12	0,14
Число машин	144	145	144
» банкаброшей	92	57	36
» ленточных	12	9	22
» чесальных	144	144	144

гается шелковая пряжа бур-де-суа, так как она выходит из прядильной машины наименее гладкой и с наибольшим числом шишек, пуха и других видов сора. Шелковая пряжа всегда пропускается через палильную машину, имеющую ряд газовых горелок, над которыми с определенной скоростью пропускается очищаемая пряжа. Горелки так расположены и нитка пробегает с такой скоростью, что она не может загореться, но пушинки и сор, к-рые находятся на нитке и выступают из-за нее, обгорают. Вслед за опаливанием пряжа проходит чистильную машину. На этой машине опаленная нить огибает целый ряд гладких фарфоровых валиков, к-рые смонтированы на осях, легко вращаются и заключены в коробку, находящуюся под действием сильного вентилятора; проходя около валиков с большой скоростью нить очищается от опаленных частиц пуха и сора, движение воздуха вентилятором ускоряет очистку нити. Нить выходит из машины значительно очищенной и сравнительно гладкой. Для удаления недостатков (пуха и сора), которые остаются на нити после прохождения этих двух машин, применяется контрольная машина, на к-рой очищаемая нить пропускается через узкий, точно калиброванный прорез с такой шириной, что узлы, крупные налеты и сор не проходят и нить обрывается, и работница удаляет недостаток на пряже и связывает нить узлом. Для придания нити мягкости, эластичности применяется запарка пряжи в паровых камерах, в зависимости от характера пряжи, ее природы и назначения. Продолжительность запарки колеблется от нескольких минут до 1 ч. (камвольная пряжа). Для придания пряже гладкости и красивого вида она пропускается через гладильную машину, где промывается специальным аппаратом (этот вид отделки применяется редко для пряжи специального назначения). Уборка и упаковка пряжи производятся в зависимости от № пряжи и системы, по которой пряжа номеруется (см. *Номерация пряжи*, *Пряжа*).

Лит.: Монахов А. Д., Общий курс технологии волокнистых веществ, Л., 1924; Лбов А. Г., Прядение льна, Иваново-Вознесенск, 1927; Кузьмин А. М., Хлопкопрядение, Иваново-Вознесенск, 1930; Раков А. П., Прядение хлопка, ч. 1—2, Иваново-Вознесенск, 1928; Таггарт В. С., Прядение хлопка, пер. с англ., т. 1—3, М., 1923—1931; Федоров С. А., Общая технология волокнистых веществ по Hoyer'у с некоторыми дополнениями и изменениями, М., 1900; Bergmann J., Handbuch der Spinnerei, B., 1927; Colin J. A., Traité complet de la filature du coton, T. 1, P., 1928; Johansen O., Handbuch der Baumwollspinnerei, B. 1—2, 3 Auflage, Leipzig, 1902; Lüdicke A., Die Spinnerei, Technologie der Textilfasern, hrsg. v. R. O. Herzog, B. 2, T. 1, B., 1927; Preu R., Die Kammgarnspinnerei, 2 Aufl., B., 1928; Woodhouse Th. a. Kilgour P., Jute a. Jutospinning, Manchester, 1920; «ИТПТ»; «Известия хлопчатобумажной промышленности», М.; «Текстильные новости», М.; «Leipzige Monatsschrift für Textilindustrie», Lpz.; «Revue Textil», P.; «Textil Manufacturen», Manchester. **В. Линде.**

ПРЯДЕНИЕ ШЕЛКА, прядение остатков и отбросов шелководства, шелкомотания и шелкокручения и получение пряденого шелка, известного также под названием бур-де-суа и шапна. В П. ш. нашел большое применение шелк диких шелкопрядов. П. ш. как производство, утилизирующее отбросы, имеет большое экономическое значение. См. *Шелкопрядение*.

ПРЯЖА, непрерывная нить, получаемая в процессе прядения и составленная из равномерно и параллельно расположенных и совместно скрученных волокон. В производственной практике понятие П. распространяется иногда и на те виды нитей, к-рые получаются и не в процессе прядения, как стеклянная П., металлич. П., шелк-сырец (грежа) и т. д. Видов П. очень много, и она может быть классифицирована по различным признакам.

1) По материалу, из к-рого она приготовлена (хл.-бум., льняная, шерстяная, шелковая и т. д.), причем здесь м. б. и более детальное подразделение, в зависимости от сорта и класса материала, из к-рого П. изготовлена, напр.: хл.-бум. египетская П., т. е. из египетского хлопка (Macogarn), мериносовая П., т. е. шерстяная П. из мериносовой шерсти, и т. д.

2) По способу обработки в целом и по отдельным процессам ее. Так, в отношении полной обработки отдельные виды

П. могут быть разделены на следующие группы: хлопчатобумажная П.— англ. и сакс. прядения; льняная и пеньковая П.— ручного прядения, машинного прядения, сухого прядения, мокрого прядения, очесочного мокрого прядения и очесочного сухого прядения; П. джутовая—из чесаной ленты и очесочная; П. из рами—сухого прядения и мокрого прядения; шерстяная П.— аппаратного и камвольного прядения: а) англійск., б) франц. и полукамвольного прядения. Шелковая П.—прядение бур-десуа и буретное. В отношении отдельных процессов П. разделяется:

Хл.-бум. П.	Кардного прядения	Различие в процессе чесания
	Гребенного	
	Мюльная	Различие в процессе прядения
	Ватерная	
Льняная П.	Из ленты ровницы	Прядение с гребней
Шерстяная аппаратная П.	В 2 прочеса	Различие в процессе чесания
	В 3 »	
	В 4 » (аппарат Малли)	
Камвольная	Спряденная на сельфакторе	Различие в процессе прядения
	Спряденная на ватерах	

Во многих случаях способ обработки определяется и названием П. и ее применением. Так, хл.-бум. ватерная, как более крепкая П., находит преимущественное применение как основа; мюльная П.—медио, средней крутки, применяется как основа, более пологая—как уток; шерстяная аппаратного прядения—для суконных валяных товаров, камвольного прядения—преимущественно для тканей с ясно выраженным рисунком и т. д.

3) По характеру применения. П.: а) для ткачества, б) для крутильно-ниточного производства, в) для трикотажа, г) для вышивального производства, д) кружевного, е) басонного, причем отдельные отрасли производства, потребляющие П., выпуская самые разнообразные изделия по назначению, виду и сорту, требуют и различных видов П. Так, ткацкое производство в большинстве случаев требует для основы более крепкой и гладкой П., для утка более отлогой по крутке, пушистой и застилистой. Для тонких тканей обычно требуется П. более тонкая, для толстых тканей — наоборот, хотя бывают исключения. Для тканей более ответственных, где тот или другой вид нитей (основа или уток) особенно сильно выступает на поверхности их, напр. в тканях саржевого и сатинового переплетения, требуется наиболее равномерная, чистая П. Лучшая П. требуется для выработки тканей из пряжи, окрашенной в разные цвета (пестроткань), и для тканей, идущих в гладкое крашение и в особенности в светлые тона; в этих тканях все дефекты П. выявляются значительно более рельефно, чем в тканях с набивным рисунком. Требования к пряже крутильно-ниточного производства в виду его разнообразия также очень различны. Главными требованиями являются крепость П., особенно для изготовления ниток для рыболовных сетей, шпагата, канатов и т. д., затем гладкость, гибкость, округлость. Для чулочно-трикотажного производства требуется хорошая, равномерная, правильная, отлогая и с внешней стороны возможно полного вида нить. Для вышивального и кружевного производства—мягкая, равномерная, с хорошим застилом П., в то время как крепость П. для этих производств может и не стоять на первом месте.

4) По способу отделки П. бывает: а) суровая (без отделки), б) беленая, в) крашеная, г) газированная (пропущенная через опалку), д) мерсеризованная и др.

5) По способу намотки и уборки П. бывает в мотках, на шпулях, на катушках, на початках и на бобинах.

Различные виды П. Хлопчато-бумажная и угарная П. Кроме хл.-бум. П. англ. прядения, имеющей наибольшее распространение и встречающейся в №№ 4—130, имеют применение следующие виды П.: П. из короткого хлопкового волокна и из угаров, полученная в процессе аппаратного прядения, пряжа с небольшой круткой, отличающаяся мягкостью, пушистостью, напоминающая своим видом шерстяную аппаратную пряжу и имеющая применение в тканях, имитирующих шерстяные ткани, а также в трикотаже. Вигоневая П., которая работается также по аппаратному способу прядения или из чистого хлопка и его угаров или из смеси хлопка с шерстью. Меланжевая П. вырабатывается из хлопка, окрашенного в различные цвета. Жаспе крученая П., окрашенная в различные цвета П. Онде фасонная П., полученная кручением толстой нити, скрученной из нескольких, с более тонкой нитью, придающей П. винтообразный эффект. Мерсеризованная П., обработанная раствором едкого натра по способу Мерсера (см. *Мерсеризация*) и отличающаяся шелковистым блеском. Нитро П., мерсеризованная пряжа, подвергнутая до мерсеризации обработке раствором азотной к-ты крепостью 40° Bé. Фильдеперсовая П., высокого качества с отлогой круткой П. с сильным блеском, полученным в процессе пропуска П. через гладильные машины. Креп из сильно крученой пряжи с числом кручений 25—50 на 1″. Ремизная П. из №№ 30/9—150/9 (в процессе двойной крутки) с числом кручений 14—32 на 1″. П. для рыболовных сетей из №№ 20/15—30/15 с круткой 10—14 на 1″. Швейная нитка вырабатывается из различных №№ П. 55/2—100/6 с круткой 20—300 на 1″.

Фасонная хлопчатобумажная П. П. мушками, когда 2 нити скручиваются с третьей, покрытой мушками. Применяются и 2 нити с мушками, в таком случае П. называется двойной П. мушками. П. пучочками состоит из 2 основных нитей и 1 или 2 стращиваемых с ними нитей с пучочками. П. петлями образуется скручиванием 2 основных нитей с третьей, имеющей слабое натяжение и подающейся валиками быстрее, чем подаются основные нити, в силу чего она образует петли. Пряжа Кроше получается в процессе двухкратной крутки: 1-я крутка—одиночной нити, 2-я крутка—трощеной из предварительно скрученных одиночных нитей. П. Кроше применяется для вязания и вышивания.

Льняная П. Мерсеризованная П., обработанная раствором едкого натра

по способу Мерсера, отличающаяся большим блеском. Люстрированная П., отбеленная или крашеная П., пропущенная через гладильную машину и отличающаяся высоким блеском. Швейная нитка из П. различных №№ и крученая в разное число концов. Кроме того различают П. для кружев, гл. обр. тонких №№, П. для ремиз.

Шерстяная П. а) Камвольная П. разделяется на 2 главные группы: мягкую камвольную (мериносовая) П. и жесткую (шевиотовая и люстриновая). Мягкая П. идет на тонкие гладкие, а также и костюмные мужские слегка валяные ткани; жесткая—на шевиотовые и люстриновые ткани, подкладочные саржи, шали, мебельные ткани, плюш, а также для вышивания и для позументного производства. По степени тонины камвольную П. различают: тонкую №№ 51—125, среднетонкую №№ 21—50, толстую №№ 1—20. Из специальных видов камвольной пряжи различают следующие: меланжевая П., представляющая собою соединение различно окрашенных в ленте (топсе) или волокне шерстей, после пропуска их через особую смесовую вытяжную машину. Меланжевая набивная П. (способ Vigoureux) представляет имитацию меланжевой П., причем меланжевый эффект получается путем печатания поперечными полосами, в процессе пропуска ленты через особую вытяжную машину. Жаспе—пестро крученая П., получается прядением 2 различно окрашенных ровниц. Мулине—крученая пряжа, состоящая из 2 различно окрашенных нитей. Уни—одноцветная П., окрашенная в чесаной ленте или готовой П. Зефирная П.—слабо скрученная П. из очень тонкой мериносовой шерсти. Вуаль—сильно крученая П. из мериносовой шерсти, пропущенная через опалку. Женап—сильно крученая в 2—3 конца П. из англ. блестящей жесткой шерсти и опаленная. Креп—очень сильно скрученная пряжа, прядется на сельфакторе и затем получает сильную дополнительную крутку на ватере. Жесткая камвольная П. может быть разделена на следующие виды П. Шевиотовая—из шевиотовой шерсти, жесткая и шероховатая на ощупь, с большим числом выступающих кончиков волокон. Уточная П. (вефтовая П.)—из английской более или менее блестящей шерсти, менее шероховатая и с меньшим числом выступающих волокон, чем шевиотовая. Шотландская вефтовая П. отмечается низким качеством, груба, содержит значительное количество мертвого волоса. Люстровая (люстриновая) П.—из гладкой, длинной, блестящей англ. шерсти, П. гладкая, блестящая, с небольшим числом кончиков волокон. По цвету и блеску люстриновая П. разделяется на 1) полулюстровую П. наиболее низкого качества, с матовым блеском и грязножелтым оттенком; 2) люстровую—среднего качества с чистым цветом и с лучшим блеском, чем первая; 3) супер-люстровую—высшего качества, с хорошим блеском и с наиболее чистым цветом. Могеровая П.—из шерсти ангорской козы, мягкая, шелковистая, гладкая, блестящая. Трикотажная П.—с круткой средней между круткой основы и утка. Спиралеобразная пряжа (corkscrew)—сильно крученая. Толстая нить шевиотовой, вефтовой или люстровой П. скручивается с слабо натянутой, значительно более тонкой нитью того же материала. На полученной нити ясно видна винтовая линия тонкой нити. Онде—П., полученная как и предыдущая, но толстая нить состоит из нескольких концов и скручена очень сильно. Муслин—сильно крученая нить в один конец. Гренадин—сильно крученая П., полученная из одиночных нитей сильной крутки. Полукамвольная П., полученная в процессе полукамвольного прядения, имеет вид камвольной П., но менее гладкая, более мшистая, с бо́льшим числом торчащих кончиков, чем камвольная.

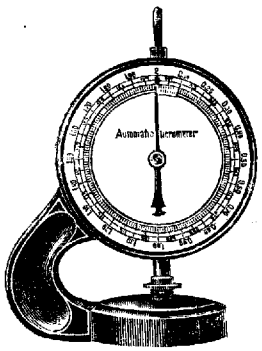
Аппаратная П. Из специальных видов аппаратной П. различаются: меланжевая—составленная из окрашенной в различные цвета шерсти. Часто меланжевая П. делается смешанной с другими волокнами: хлопком, искусственным волокном и др. Жаспе и Уни характеризуются тем же, чем соответствующие виды камвольной П. Ковровая П.—толстая, грубая, из наиболее низких сортов шерсти. Смирнская П.—крученая в 2 нитки, очень толстая, но мягкая П. Буклековровая П. из грубой шерсти и волоса. Бриллиантин, зибелин—суровая или цветная П. с примесью могеровой шерсти, рами или искусственного волокна. Узелковая П.—крученая в 2 конца П., скручивается с 3-й ниткой, причем так, что в определенных местах 3-я нитка может, не получая движения вперед, закручивать около крученой нити утолщения, напоминающие собою узлы. Фасонная П. с петлями получается в процессе крутки крученой П. с нитью (обычно люстровой), имеющей слабое натяжение, благодаря чему она образовывает петли. Фасонная переслежистая П. получается в процессе особой работы вальяна на последней чесальной машине; вальян работает с перерывами, благодаря чему в единицу времени им снимается различное количество материала, и получается неодинаковая тонина ровницы. П., спряденная из такой ровницы, получается различной тонины: местами толще, местами тоньше. Такая фасонная П. скручивается, причем эффект неравномерности усиливается. Фасонная П. с мушками, прочно заработанными в П. Предварительно приготовляются из шерсти небольшие комочки, к-рые разбрасываются по материалу при проходе его на последней чесальной машине и при последующих процессах прочно в нем зарабатываются. Валяная П.—аппаратная ровница увлажняется и затем сваливается. Полученная нить применяется в качестве утка для грубых тканей и ковров (см. вкл. лист).

Шелковая П. (пряжа бур-де-суа). Шапп—П. из хорошего сырья. З.-европ. рынки различают следующие сорта шаппа: элекга, экстра, супер-экстра, сублим, прима. Коконная пряжа (galette garn)—П., полученная из коконного отброса П., низкого качества, значительно засоренная. Различают шапп из остат-

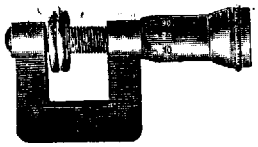
ков желтого и белого цвета, а также и тюссы. Каннетт—уточная некрученая П. Ассамбле—трощеная крученая пряжа. Далее различают пряденый шелк для ткачества обычно №№ 100/1, 140/1, 200/2, 300/2, для трикотажа—№№ 70/3—200/3, для вышивания—№№ 45/3—100/3, для производства швейных ниток—№№ 20—150.

Свойства П. и их определение. Для того чтобы удовлетворять требованиям отдельных производств, П. должна обладать определенными свойствами, которые определяются 1) природой, видом, сортом и качеством сырья, из к-рого сработана П.; 2) способом обработки; 3) назначением П. Главнейшие свойства П. нижеследующие.

Тонина П. имеет большое значение в текстильном производстве. Все тонкие изделия: ткани, трикотаж, кружева и т. д. могут быть получены лишь из П. соответствующей тонины. Крученая П. получается крепче, если она скручена из большего числа, но более тонких нитей. Тонина пряжи находится в полной зависимости от тонины исходного материала и способа обработки. Тонина может быть

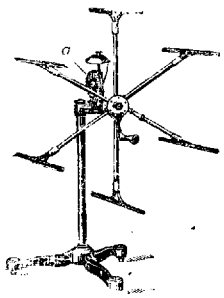


Фиг. 1.



Фиг. 2.

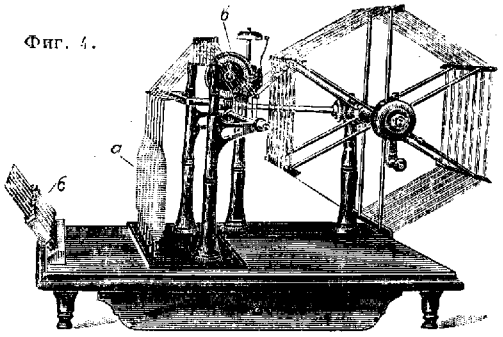
определена различными способами, наиболее точно она определяется с помощью микроскопа непосредственным измерением в *μ*. Тонина толстой пряжи: мешочной, шпагатной и т. д. может быть достаточно точно измерена с помощью толстомера, состоящего из одной неподвижной площадки и одной подвижной. Толстомеры фирмы Шоппер в Лейпциге (фиг. 1 и 2) показывают толщину измеряемого предмета с точностью до 0,01 *мм*. Для предварительного и грубого определения тонины П. может служить способ простого сравнения 2 образцов. Наиболее же часто в производственной практике определение тонины П. заменяется определением номера П. (см. *Нумерация пряжи*), к-рый получается взвешиванием мотка определен. длины на специальных весах (см. *Весы для пряжи*). По тонине наиболее ходовыми, часто употребляемыми №№ П. являются для: хл.-бумажн. №№ 10—60 по англ. нумерации, льнян. пряжи №№ 8—30 по англ. нумерации, шерстяной камвольной №№ 26—72 по метрическ. нумерации, шелковой бур-де-суа №№ 80—300 по метрич. нумерации.



Фиг. 3.

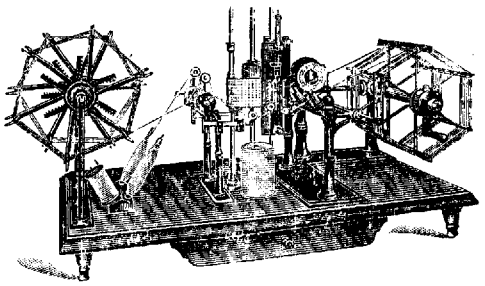
Длина П. Для определения длины П. в лабораторной практике применяют мотовила. Наиболее характерные типы мотовил Шоппера: на фиг. 3—простое мотовило со счетчиком *a*, на фиг. 4—мотовило, смонтированное на доске, со стойками для початков *а* и для катушек *б*, со счетчиком *в*, и на фиг. 5—мотовило для точных измерений

Фиг. 4.



с особым прибором, дающим нити определенное натяжение, причем последнее регистрируется; экспериментатор всегда может видеть изменение натяжения при намотке нити на мотовило. Периметр мотовила определяется системой номерации: для метрич. номерации периметр мотовила равен 1 *м*, для англ. хл.-бум. 1,5 ярда, для англ. льняной и джутовой 1,5—3,0 ярдов, для шелка 1,125 *м*. Счетчик показывает определенную длину намотки. В настоящее время большинство мотовил строится не с ручным приводом, а с механическим.

Крутка П. зависит от 1) характера применения П., 2) номера П. материала, из к-рого П. вырабатывается. Между круткой и № существует следующая зависимость: крутка $= \alpha \sqrt{N}$ (см. *Прядение*), где α—коэф. крутки. Крутка хл.-бум. и льняной П. опре-



Фиг. 5.

деляется числом кручений на 1″, для шерстяной и шелковой — на 10 *см*. Для наиболее употребительных видов П. применяются крутки и коэф. круток, указанные ниже.

Хлопчатобумажная П. (нетрощеная)*	Кручений на 1 англ. дм.
Особо крутая креповая П.	$(5{,}5 \div 7{,}5)\sqrt{N}$
Крутая » »	$(4{,}5 \div 5{,}5)\sqrt{N}$
Ватерная основа из америк. хлопка	$4{,}0\sqrt{N}$
» » » египетск. » .	$(3{,}6 \div 3{,}75)\sqrt{N}$
Мюльная » » америк. » .	$3{,}75\sqrt{N}$
» » » египетск. » .	$3{,}60\sqrt{N}$
Уточная пряжа » америк. » .	$3{,}25\sqrt{N}$
» » » египетск. » .	$3{,}18\sqrt{N}$
Чулочная » лучших сортов . . .	$2{,}5\sqrt{N}$

Кроме нормальной крутки применяются еще: крутка круче обыкновенной $1{,}02\frac{6}{n}\sqrt{N}$,

* По Demuth.

круче полуотлогой $0{,}98\sqrt[6]{n}\sqrt{N}$, полуотлогая $0{,}96\frac{6}{n}\sqrt{N}$, отлогая $0{,}94\sqrt[6]{n}\sqrt{N}$.

Хлопчатобумажная (тропеная) П.	Кручений на 1 англ. дм.
Для ткачества	$5\sqrt{N}$
» кромок	$4{,}5\sqrt{N}$
» швейных ниток (1-я крутка)	$5\sqrt{N}$
» » » (2-я крутка)	$7\sqrt{N}$
» рыболовных сетей	$5\sqrt{N}$
Льняная П. (нетрощеная)	$(1{,}5\div3{,}0)\sqrt{N}$
» » (нитка) нормальн. крутки	$\frac{6}{n}\sqrt{N}$ *

Пеньковая П.	линная пенька	Пакля и очес
Шпагатная	$2{,}25\sqrt{N}$	$2{,}75\sqrt{N}$
Дратвенная	$2{,}125\sqrt{N}$	$2{,}50\sqrt{N}$
Ткацкая основа	$2{,}00\sqrt{N}$	$2{,}50\sqrt{N}$
Ткацкая уток	$1{,}85\sqrt{N}$	$2{,}25\sqrt{N}$

Камвольная П. Крутка определяется по ф-ле $a\sqrt{N}$ на длину отрезка нити в 10 *см*. Значения коэф. a для различных видов П. приведены в табл. 1—4.

Табл. 1. — Коэфициент крутки a для мягкой мериносовой пряжи.

№ метрический	a	$\frac{1}{c}$ *1	$\frac{0{,}5}{c}$ *2	Уток $a+0{,}3$	Муслин круч. $a+1{,}3$	Основа медио $a+1{,}8$	Основа $a+2{,}3$
10—20	5,1	4,1	4,6	5,4	6,4	6,9	7,4
20—40	5,7	4,7	5,2	6,0	7,0	7,5	8,0
40—60	6,2	5,2	5,7	6,5	7,5	8,0	8,5
60—80	6,6	5,6	6,1	6,9	7,9	8,4	8,9
80—100	7,1	6,1	6,6	7,4	8,4	8,9	9,4

*1 Для рыхлой трикотажной пряжи. *2 для трикотажной пряжи.

Табл. 2. — Коэфициент крутки a Для шелковой пряжи.

№ метрический	Уток	Основа	№ метрический	Уток	Основа
10	7,80	8,50	22	8,64	8.95
12	7,94	8.575	24	8,78	9,025
14	8,08	8,65	26	8,92	9,10
16	8.22	8.725	28	9,06	9,17
18	8.36	8,80	30	9,20	9,25
20	8.50	8,875			

Табл. 3. — Коэфициент крутки a для крученой пряжи.

Виды пряжи	I цуг*	II цуг*	III цуг	IV цуг
Уток очень отлогий	2,75	3,0	3,2	3,5
Уток обыкновенный	3,5	3,8	4,2	4,6
Полуоснова	4.5	4,8	5,2	5,8
Основа обыкновенная	5,5	6.0	6,5	7,3
Основа очень крутая	7,0	7,5	8.4	9,3
Ворсовая основа и П. для кружев	3,75	4,0	4.5	5,0
Швейный шелк для ручного шитья	8,0	8,5	9,5	10,5
Швейный шелк для машин. шитья	10,0	11,0	12,0	13,0

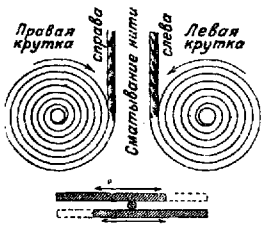
*1 Цуг—прочесанная бородка волокна; I цуг—самое длинное волокно, II цуг—самое короткое (см. *Шелкопрядение*).

* n—число скручиваемых ниток.

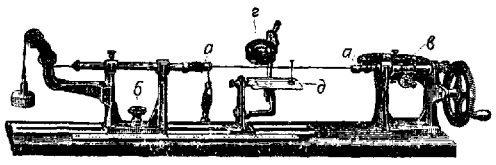
Табл. 4. — Коэфициент крутки a для некрученой пряжи.

Виды пряжи	I цуг	II цуг	III цуг	IV цуг
Чулочная в 3 конца	2,4	2,6	2,8	3,2
Чулочная в 2 конца	6,0	6,5	7,1	8,0
Ткацкая основа в 2 конца	7,5	8,1	8.9	9,9
Трикотажная в 2 конца	8,0	8,7	9,5	10,6
Петельный шелк в 3 конца	9,5	10.5	11,3	12,6
Кордоне в 2 и 3 конца	9.5	10,5	11,3	12,6
Швейный шелк в 2 конца	11,0	11,8	13,0	14,5
Швейный шелк в 3 конца для машины	12,6	13,6	15,0	16,5

Крутку различают правую и левую. При первой (фиг. 6) виток имеет направление слева направо, при второй—обратное направление. Крутка измеряется с помощью особого прибора, называемого круткомером (фиг. 7), к-рый состоит из 2 зажимов a и a_1, укрепленных на общей доске, из к-рых a_1 укреплен наглухо, а второй a может передвигаться в пазу доски и закрепляться в определенном положении с помощью винта $б$. Испытуемый образец П. заправляется в зажимы, поставленные на определенном расстоянии один от другого (обычно на расстоянии 500 *мм*); с помощью рукоятки образец начинает раскручиваться. Число оборотов рукоятки, а следовательно и число раскручиваний определяется с помощью счетчика $в$, помещенного на стойке



Фиг. 6.



Фиг. 7.

неподвижного зажима. Для того чтобы при раскручивании нить всегда оставалась в натянутом состоянии и не ослабевала бы, что необходимо для удобства и точности испытания, подвижной зажим нагружен, под действием зажима при раскручивании образца он может несколько подаваться влево. Процесс раскручивания определяется с помощью иглы, которая заправляется между скрученными концами и позволяет очень точно определить, когда процесс раскручивания закончен. Для удобства наблюдения за раскручиванием нити на передвижной стойке смонтирована лупа $г$, а под испытуемым образцом имеется фон в виде пластинки $д$, одна сторона к-рой окрашена в черный цвет для испытания суровой П. и П. светлых тонов, вторая сторона пластинки окрашена в белый цвет для испытания П., окрашенной в темные цвета.

Крепость П. при разрыве является очень важным свойством П., особенно в тех случаях, когда характер и способ приготовления фабриката требуют от П. повышенной крепости, как напр. основная П. в ткачестве, различные технич. нити и изделия из П. и т. д. Крепость П. при разрыве м. б. определена: 1) в *кг* на *мм*^{2} сечения, 2) в *м* разрывной длины, 3) в *г* обычной нити определенного №, 4) в *г* или в *кг* определенного мотка. С крепостью П. тесно связана добротность П., под которой разумеется произведение крепости (P) на номер N, т. е. $D=P:N$.

Табл. 5.—Крепость хлопчатобумажной пряжи и различных №№ (в *г*).

№ англ.	Слабая	Средняя	Хорошая	Очень хорошая	№ англ.	Слабая	Средняя	Хорошая	Очень хорошая
4	880	1 000	1 250	—	38	105	140	170	200
8	500	690	810	1 000	40	100	135	160	190
12	330	460	540	660	50	—	110	130	140
16	250	340	400	500	60	—	90	110	125
20	200	280	320	400	80	—	70	80	95
24	170	230	270	330	100	—	55	65	80
32	125	170	200	250					

П. должна не только иметь определенную среднюю крепость, но и обладать определенною равномерностью по крепости. Для определения последней обычно пользуются ф-лой $\frac{P_{ср.}-P_{ср.\ наим.}}{P_{ср.}}$%, где $P_{ср.}$—средняя крепость из всего числа испытаний, $P_{ср.\ наим.}$—средняя крепость тех значений испытания, к-рые ниже значения средней крепости. Вычисленная по указанной формуле неравномерность крепости в % по Johansen'у не должна превышать: для очень ровной пряжи 5%, ровной П.—8%, недостаточно ровной П.—12%. П., имеющая неравномерность по крепости свыше 12%, считается неровной. Добротность, под к-рой понимается произведение крепости на №, составляет для хлопчатобумажной П.: для утка—4 000, для мюльной основы—5 500, для ватерной основы—6 500, для сильно крученой и для ватерной основы—8 000 *г*.

Табл. 6.—Крепость льняной пряжи (в *г*).

№англ.	Оческовая *1		Льняная *1	Оческовая *2		Льняная *2
	средн.	высок.	средн.	средн.	высок.	высок.
4	3 250	4 400	5 250	5 000	5 250	6 750
6	2 170	2 670	3 500	3 320	3 500	4 500
8	1 625	2 000	2 630	2 500	2 630	3 375
10	1 300	1 600	2 100	2 000	2 100	2 700
12	1 080	1 330	1 750	1 665	1 750	2 250
16	815	1 000	1 310	1 250	1 310	1 688
20	—	—	—	1 000	1 050	1 350
24	—	—	—	835	875	1 125
30	—	—	—	—	—	900
40	—	—	—	—	—	675

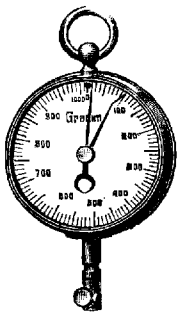
*1 Сухое прядение. *2 Мокрое прядение.

При % неравномерности меньше 10% П. считается очень ровной, меньше 15% ровной и свыше 15% неровной. Добротность льняной пряжи: сухая пряжа оческовая—уток — 13 000, высокая — 16 000, льняная—21 000; мокрая—обыкновенная—20 000, высокая—21 000, льняная—27 000.

Табл. 7.—Крепость камвольной пряжи (в *г*).

Некрученая пряжа				Крученая пряжа			
№	г	№	г	№	г	№	г
32	113	56	76	32/2	350	56/2	200
36	104	64	68	36/2	305	64/2	172
40	96	72	55	40/2	275	72/2	160
48	86	78	47	48/2	242	78/2	150
52	82	96	32	52/2	220	96/2	124

По неравномерности П. считается: очень равномерной, если % неравномерности до 10%, равномерной до 15% и выше 15 П. неравномерная.

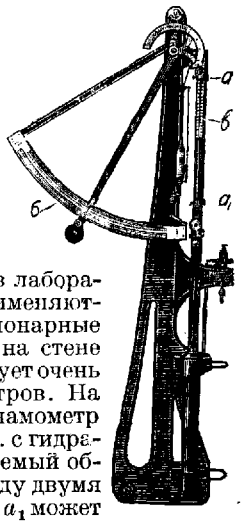


Фиг. 8.

Удлинение при разрыве, т. е. та длина, на к-рую П. удлиняется в момент разрыва, является также очень существенным свойством, благодаря к-рому П. при различных механич. процессах и при напряжениях, как в ткачестве при действии ремизок, может давать определенную вытяжку, не разрываясь. Удлинение обычно измеряется в % к первоначальной длине. П. наиболее ходовых №№ имеет следующее удлинение: хл.-бум. П. (по Herzfeld'у).

№№ пряжи	Удлинение в %	№№ пряжи	Удлинение в %
20—30	4,5—5	60—80	3,5—3,8
30—40	4,0—4,5	80—120	3,0—3,5
40—60	3,8—4,0	120—140	2,5—3,0

Некрученая П. имеет среднее удлинение 16—10% для №№ 32—96 и крученая 15—19% для тех же №№. Крепость и удлинение при разрыве определяются с помощью особых динамометров, разрывающих нить и показывающих и силу и удлинение при разрыве. Простейшими приборами этого типа являются (фиг. 8) ручные динамометры, напр. с циферблатом в виде часов. Испытуемый образец заправляется у первого прибора в зажим, у второго одевается на крючок, разрыв в обоих случаях производится рукою, движением свободного конца нити вниз. Эти приборы показывают лишь крепость при разрыве, они недостаточно точны и в лабораторной практике не применяются, где имеются стационарные приборы, укрепляемые на стене или на стойках. Существует очень много систем динамометров. На фиг. 9 изображен динамометр Шоппера для разрыва П. с гидравлич. приводом. Испытаемый образец заправляется между двумя зажимами a и a_1, из к-рых a_1 может переставляться и т. о. изменять расстояние между зажимами; он получает движение от поршня, находящегося под давлением воды (от водопровода). Прибор снабжен приспособлением для регулирования скорости движения нижнего

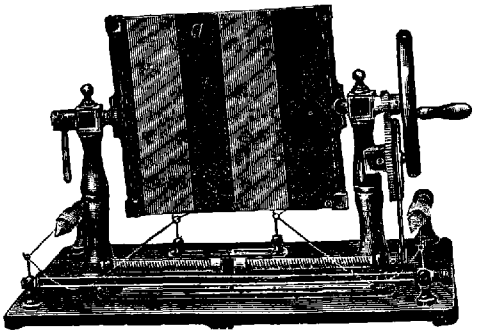


Фиг. 9.

зажима. Шкала на дуге *б* дает отсчеты нагрузок, а вертикально стоящая шкала *в* показывает удлинение нити при соответствующих нагрузках ее. При обрыве обе стрелки, как показывающие нагрузку, так и удлинение, немедленно и автоматически останавливаются. Кроме гидравлическ. привода, к-рый считается одним из наилучших, фирма строит динамометры с ручным, с механическим от трансмиссии, а также электрич. приводами. Динамометры строятся для различных предельных нагрузок:

	Нагрузка в *г*	Точность отсчета в *г*		Нагрузка в *кг*	Точность отсчета в *г*
а)	0— 250	до 0,5	в)	0— 5	до 10
а)	0—1 000	» 2	в)	0— 30	» 100
б)	0—1 000	» 2	г)	0— 20	» 50
б)	0—5 000	» 10	г)	0—100	» 200

Для наиболее точных и полных испытаний динамометры снабжаются регистрирующими приборами, к-рые дают возможность по диаграмме определять нагрузку и удлинение в любой момент. Ровнота П. представляет собою равномерность ее тонины по длине, отсутствие тонких и толстых мест в П.; близко связана с ровнотой и чистота, т. е. отсутствие в П. сора, налетов и т. п. Ровнота П. м. б. определена: 1) с помощью наматывания на черную доску *а* (фиг. 10)



Фиг. 10.

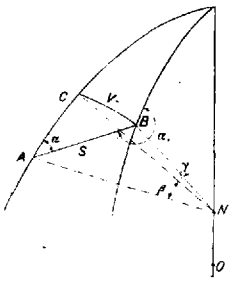
и подсчета числа утолщений и утонений, или путем простого сличения испытуемого образца с другими; 2) с помощью прибора Герцога, измеряющего число неровностей П. и дающего при помощи диаграммы характер неровностей; 3) путем определения неравномерности крепости П., т. к. последняя прямо пропорциональна толщине П.

Большое значение для дальнейшей переработки П. имеют такие свойства ее, как мягкость, гибкость, нежность, пушистость. Эти свойства определяются на-глаз, и технич. методов для определения их не существует. Для прочности текстильных изделий имеют большое значение и упругие свойства П., т.е. способность ее восстанавливать после деформации первоначальную форму, но в виду сложности этих испытаний и недостаточной выработанности их, они не входят в круг обычных испытаний П. Главными недостатками П. являются: 1) п е р е с л е ж и н ы — тонкие места в пряже; 2) ш и ш к и—заработанный в П. сор, пух; 3) недостаточная крутка; 4) неправильная крутка (с у к р у т и н ы); 5) масляные пятна на пряже; 6) неправильная намотка на початок; 7) п р и с у ч к а внахлестку, без узла; 8) п р и к р у т к а к о н ц а н и т и с соседнего веретена.

Подготовка П. для упаковки. К у ф т а, скрученный и особо сложенный пополам моток П., представляющий собою соединение нескольких фабричных мотков. Куфта представляет собою наиболее удобную форму мотка для упаковки П. Определенное число куфт составляет п а ч к у. Пачки упаковываются в к и п ы. В хл.-бум. производстве куфта состоит из 10 мотков, длиною каждый по 840 ярдов. Число куфт в пачке равняется номеру пряжи. Вес пачки постоянен для всех номеров П. и составляет 10 англ. фн., в кипе—36 пачек. Куфта в льняном и пеньковом производствах состоит из четырех мотков по 3 600 ярдов каждый. Длина П. в куфте 14 400 ярдов. В камвольном производстве куфта некрученой П. имеет 10 мотков по 1 000 *м* каждый. Куфта крученой П. имеет 10 мотков по 500 *м* каждый. В обоих случаях число куфт в пачке равняется номеру П. При упаковке куфты в пачки последние прессуются на особых прессовых машинах и перевязываются бечевкой. Кипы также прессуются па больших прессах (0,1—0,2 *m*).

Лит.: А р х а н г е л ь с к и й А. Г., Руководство по товароведным исследованиям, ч. 1, 3 изд., М.—Л., 1929; М е й е р О. и Ц е г е т н е р И., Камвольное прядение, пер. с нем., Л., 1930; К о р о б а н о в А., Н а с е к и н Н. и С м и р н о в К., Крутильное и ниточное производство, Ив.-Вознесенск, 1927; H e e r m a n n P., Mechanisch- u. physikalischtechnische Textiluntersuchungen, 2 Aufl., Berlin, 1928; Handbuch der gesamten Textilindustrie, B. 1—2, Lpz., 1913. **В. Линде.**

ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА. Прямая геодезич. задача заключается в том, что, имея географич. широту φ_a и долготу L_a точки A на местности и длину линии S и азимут ее α на другую точку B местности, по этим данным вычисляют географич. широту φ_b, долготу L_b точки B и обратный азимут α_1 с точки B на точку A местности. Эта задача применяется в практике геодезич. работ при вычислении пунктов *триангуляции* (см.) для съемки и составления карт больших площадей. Т. к. земной шар представляет собой сложное тело вращения—геоид, весьма близкое к эллипсоиду вращения, то в зависимости от расстояния между точками A и B приходится применять те или иные ф-лы, принимая при малых расстояниях между точками A и B поверхность земли за шаровую или при больших расстояниях за поверхность эллипсоида, причем существуют различные поправочные члены и видоизменения основных ф-л для весьма больших расстояний. Способов решения этой задачи имеется несколько; из них следует отметить формулы, предложенные Шрейбером, Кларком, Гауссом и Бесселем. Ниже приводятся способ и ф-лы Шрейбера, как наиболее употребительные для практич. целей вычисления пунктов триангуляции при расстояниях, не превышающих 60 *км*.



Даны φ_a, L_a, α и S. Найти: φ_b, L_b, α_1.
Формулы в окончательном виде следующие (см. фиг.):

$$U = S\cos\alpha, \qquad v = S\sin\alpha,$$
$$\beta = (1)_\alpha U, \qquad \gamma = (2)_\alpha v$$

$\lg b = \lg \beta - (4)\,U + (5)\,v^2$; $\lg c = \lg \gamma - \frac{1}{2}(5)\,U^2$;

$$\tau = c \operatorname{tg}(\varphi_a + b),$$
$$\lambda = c \sec(\varphi_a + b),$$
$$\delta = (3)_c\, c\tau,$$
$$\varepsilon = \frac{bc}{2\varrho};$$
$$\lg l = \lg \tau - \frac{1}{2}\nu\tau^2 - \frac{1}{2}\nu\lambda^2,$$
$$\lg l = \lg \lambda - \nu\tau^2,$$
$$\lg d = \lg \delta - \frac{1}{2}\nu\tau^2 - \frac{1}{4}\nu\lambda^2.$$

В результате найдем:

$$\varphi_b = \varphi_a + b - d, \quad (1)$$
$$\alpha_1 = 180^\circ + \alpha + l - \varepsilon, \quad (2)$$
$$L_b = L_a + l. \quad (3)$$

Коэф-ты (1), (2), (3); (4), (5) зависят от географической широты места и берутся из специальных таблиц, также и величина ν. Таких таблиц имеется несколько и они основываются на различных размерах земного эллипсоида, определенных в разное время отдельными учеными. В производстве в СССР применяются таблицы Шарнгорста, вычисленные по размерам земли, определенным Бесселем.

Обратная геодезич. задача заключается в определении длины S и ее прямого α и обратного α_1 азимутов по данным географич. координатам ее концов φ_a, L_a точки A и φ_b, L_b точки B. Задача решается по тем же ф-лам, но в обратном порядке при тех же обозначениях:

$$l = L_b - L_a, \qquad \varphi_c = \varphi_a + b = \varphi_b + d,$$
$$\tau = l \sin \varphi_b, \qquad c = \lambda \cos(\varphi_a + b),$$
$$\lg \lambda = \lg l + \nu\tau^2, \qquad b = (\varphi_a + b) - \varphi_a,$$
$$\delta = (3)_b l^2 \sin \varphi_b \cos \varphi_b, \qquad U = \frac{\beta}{(1)_a},$$
$$\lg d = \lg \delta - \frac{1}{2}\nu\tau^2 - \frac{1}{4}\nu\lambda^2,$$
$$\lg a = \frac{n}{U}, \quad (4) \qquad v = \frac{c}{(2)_c};$$
$$\tau = c \operatorname{tg}(\varphi_a + b),$$
$$\lg l = \lg \tau - \frac{1}{2}\nu\tau^2 - \frac{1}{2}\nu\lambda^2; \quad S = \frac{U}{\cos a} = \frac{v}{\sin a}, \quad (6)$$
$$\alpha_1 = \alpha + 180^\circ + l - \varepsilon, \quad (5)$$
$$\lg \beta = \lg b + (4)_a\, U - (5)_a\, v^2,$$
$$\varepsilon = \frac{b \cdot c}{2\varrho}; \text{ величина } \frac{1}{\varrho} = \sin 1''.$$

ϱ—радиус круга, выраженный в секундах дуги.

Лит.: Иордан, Руководство высшей геодезии, пер. с нем., М., 1881; Кларк А., Геодезия, СПБ, 1890; Витковский В., Практич. геодезия, 2 изд., СПБ, 1911; Иверонов И. А., Руководство по высшей геодезии, ч. 1, 2 изд., М., 1926; Цингер Н., Курс высшей геодезии, СПБ, 1898; Филоненко А. С., Практич. руководство для производства триангуляции, М., 1927; Шарнгорст К., Таблицы для вычисления широт, долгот и азимутов тригонометрических пунктов 1-го класса насфероиде Бесселя, изд. 3, М., 1927. **Н. Весловский.**

ПСЕВДОКИСЛОТЫ И ПСЕВДООСНОВАНИЯ, см. *Таутомерия.*

ПСЕВДОМОРФОЗЫ, ложные кристаллы, минеральные тела, получившиеся в результате химич. изменения или только перегруппировки кристаллич. вещества минерала с сохранением первоначальной кристаллографич. формы. Изменение химич. состава минерала может итти или путем одновременного растворения прежнего и отложения нового вещества (П. превращения при частично сохранившемся прежнем веществе и П. вытеснения, если прежнее вещество целиком вытеснено) или путем позднейшего заполнения новым веществом ранее выщелоченных пространств в минерале (П. заполнения). П., образовавшаяся при переходе вещества из одной полиморфич. модификации в другую (без изменения валового состава), называется парамор фозой, а образовавшаяся путем обволакивания одного вещества другим и вымывания последнего называется П. обволакивания, или перимор фозой. Как примеры П. можно указать на ангидрит (ромбич. система), переходящий в гипс (моноклинная система), серный колчедан—в бурый железняк; гипс образует П. по каменной соли (кубич. система), лейцит, образовавшийся при высокой t° (кубич. система), обнаруживает при низкой t° оптич. свойства кристаллов ромбич. системы и т. д.

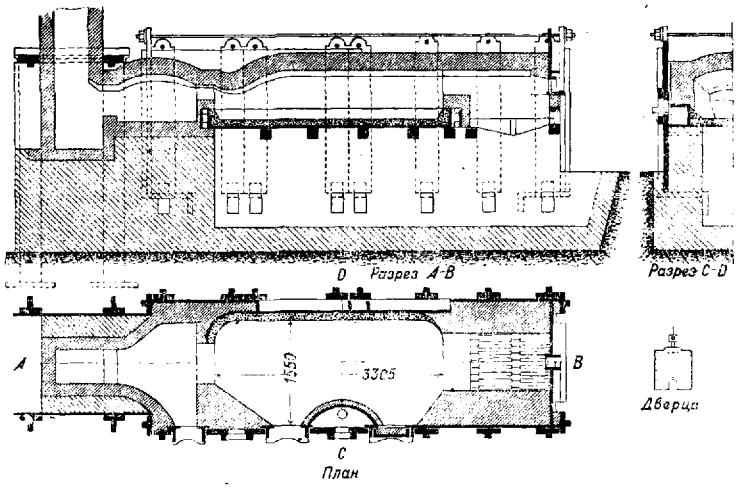
Изучение П. дает возможность делать заключения о последовательности образования минералов в данном месторождении, о его генезисе.

ПСИХРОМЕТР, см. *Гигрометр.*

ПУДЛИНГОВАНИЕ, металлургич. процесс передела чугуна в пудлинговое железо, изобретенный в 1784 г. англичанином Кортом. П. ведется на поду пламенной *печи* (см.). Топливом для П. служат дрова, длиннопламенный каменный уголь, бурый уголь, нефть, распыливаемая в рабочее пространство печи. В настоящее время производство пудлингового железа ведется в незначительном размере; это железо в виду его хорошей свариваемости идет на изготовление сцепных устройств, тяг для переводных стрелок, для заклепок, цепей и других изделий. Подробно о пудлинговом процессе см. *Железо,* железо в металлургии.

ПУДЛИНГОВАЯ ПЕЧЬ, отражательная печь, в к-рой ведется процесс передела чугуна в сварочное железо пудлингованием (см. *Железо*). В виду различия в отдельных металлургич. районах свойств наиболее доступного по экономич. условиям топлива, П. п. отличались большим разнообразием в конструкции и размерах; напр. у нас работали на каменном угле и сушеных дровах с обыкновенными колосниковыми решетками, на самосушных дровах с полугазовыми топками Боэциуса, тип к-рых был самостоятельно разработан на Урале; здесь же впервые были применены регенеративные печи Сименса с генераторами, работавшими на сырых дровах, торфе, отбросах дровяной заготовки; в Центрально-промышленном районе и бассейне Камы П. п. работали на нефтяных остатках. Ко времени войны (1914—1918 гг.) в России остались П. п. только в б. Вятском горном округе, на Омутнинском з-де,—обыкновенные, работавшие на сушеных дровах и дававшие высококачественное железо из древесноугольного чугуна. За границей теперь ведут пудлингование в простых (не газовых) печах, отапливаемых каменным углем, обыкновенным или пылевидным, т. к. нефтяное топливо везде малодоступно, а газовые печи не позволяют быстро менять темп-ру в печи и следовательно управлять ходом процесса как следует, принуждая вместе с тем работать большими садками, дающими неоднородный продукт, к-рый не может конкурировать по качеству с лучшим железом, получаемым переделом хорошего (по составу) чугуна в обыкновенных печах. Хвойные сушеные (10—12% влаги) дрова дают длинное пламя и требуют для лучшего использования их тепловой

энергии устройства печей с длинным рабочим пространством, в к-ром можно при обычной ширине перерабатывать садки чугуна в 500—550 *кг*. На фиг. изображена одна из таких печей с размерами, выработанными на Омутнинском з-де, где теперь возрождается



после длительного перерыва пудлинговый процесс. Ванну печи образуют уложенные горизонтально чугунные плиты пода и установленные на них по краям ванны вертикально чугунные доски, охлаждаемые снаружи свободно притекающим воздухом и предохраняемые изнутри наварным слоем молотобоины, представляющей смесь вытекающего при обжатии крицы под молотом спелого (т. е. трудноплавкого) шлака с окалиной, осыпающейся с куска железа при его проковке. Толщина чугунных плит ок. 40 *мм*; более значительная—мешает хорошему охлаждению, а меньшая—недостаточно надежна. Толщина наварного пода делается 75—100 *мм*, но она постепенно уменьшается в процессе работы, а затем восстанавливается остуживанием жидкого шлака на поду водой. От топки и дымового борова ванна отделяется 2 порогами (перевалами) из 2 плит, установленных параллельно с промежутком, в к-ром свободно циркулирует воздух. Высота порога под пламенным окном 0,44 *м*, что представляет почти максимум (0,45), а порога под дымовым пролетом 0,4 *м* (обыкновенно в каменноугольных печах задний порог на 50 *мм* ниже переднего). Глубина ванны, измеряемая расстоянием между порогом рабочего окна и чугунным подом (а не горизонтом шлакового—величиной переменной), равна 0,267 *м*. Более значительная глубина (0,3—0,35 *м* максимум) затрудняет работу на поду, но ее приходится применять при переделе кремнистых чугунов (коксовой плавки), дающих много шлака; обратно, малая глубина ванны (до 0,22 *м*) удобна для работы на поду, но способствует переливанию большого количества шлака через порог в период кипения. Длина ванны—3,305 *м*—сообразована с качеством топлива (смесь сосновых, еловых и осиновых дров); лишь чистые сосновые дрова позволяют делать ее несколько больше—до 3,5 *м*. Работа на каменном угле принуждает ограничивать длину ванны до 1,7 и самое большее—1,85 *м*. Указанная на фиг. ширина ванны 1,55 *м* является наибольшей; незначительное увеличение ее делает очень тяжелой работу ломком, как рычагом, имеющим опорой порог рабочего окна. Меньшая ширина (1,45—1,35 *м*) делает работу более легкой, но уменьшает площадь пода, а следовательно вес садки и производительность печи; такая ширина применяется только в малых печах, работающих садками в 250—300 *кг*. Площадь пода 4,5 $м^2$, что является нормой для печей, перерабатывающих сразу 550 *кг* чугуна (как в данном случае); толщина слоя чугуна при таких размерах (не считая откосов из шлака) 18 *мм*. В печах, работающих на минеральн. топливе, при максимальной длине пода 1,85 *м* (часто 1,7 *м*) уширяют печь до 2 или 2,2 *м* максимум, располагая одно рабочее окно против другого, чтобы рабочие могли обрабатывать всю ширину печи; двойная ширина, т. е. 2,6 *м*, недопустима, т. к. при ней нельзя добиться равномерной температуры по ширине печи. Высота свода над подом в середине (как и у пламенного окна) 0,8 *м*—нормальная для двойных печей; к заднему порогу она уменьшается, т. к. высоко расположенный пролет отвлекает пламя от пода в задней половине печи. В ординарных печах (т. е. с 1 рабочим окном и садкой до 300 *кг*) высота свода посредине ванны обыкновенно 0,75 *м*, но она повышается по направлению к пламенному окну и понижается к пролету. Поверхность колосниковой решетки 0,97 $м^2$, отношение ее к площади пода имеет большое значение для правильной и экономичной работы печи; в данном случае оно составляет 0,22, что характерно для печи, работающей на сухих дровах; в каменноугольных топках это отношение почти в $1^1/_2$ раза больше (0,3—0,33). Разница объясняется тем, что дрова оказывают гораздо меньшее сопротивление для прохода воздуха и газов, чем каменный уголь, и то же количество засасываемого воздуха можно получить при дровах на меньшем живом сечении решетки. Преувеличение поверхности решетки против указанных норм дает увеличение расхода горючего, а преуменьшение—понижает производительность печи (в особенности если тяга трубы недостаточна). Дрова д. б. мелко колотыми, что ускоряет их сушку и понижает в них % влажности; по высоте слой дров на колосниках для достижения полного горения без очень большого избытка воздуха д. б. около 0,45 *м*; глубина топки — всего 0,35 *м*, — это единственный неправильный размер в печи, его нужно увеличить на 100 — 125 *мм*. Сечение пламенного окна—0,297 $м^2$—составляет 0,3 поверхности решетки, как и должно быть в правильно сконструированной печи. Высота окна делается от 0,3 до 0,4 *м*; в данном случае принята средняя. Дымовой пролет имеет сечение 0,12 $м^2$, т. е. $^1/_8$ поверхности решетки, что тоже правильно для двой-

ной печи (в обыкновенных печах это отношение часто бывает $^1/_6$). Чтобы понизить в надлежащей мере свод, высота пролета сделана наименьшей (она доходит до 0,25 *м*). Для обеспечения надлежащей тяги при таких печах устанавливаются дымовые трубы высотой ок. 15 *м*, сечение их д. б. равно $^1/_4$ поверхности решетки, что в данном случае выполнено (сечение трубы квадратное, 0,5×0,5 *м*); у устья трубы установлен клапан-крышка, подъемом к-рой регулируется тяга. За рабочим пространством находится т. н. чугунник, т. е. камера, в к-рой отходящими газами нагревается чугун перед посадкой его в печь; этим несколько сокращается длительность его расплавления и понижается расход горючего. Все же продукты горения, выходя из печи при темп-ре сварочного жара (1 300—1 350°), несмотря на охлаждение в чугуннике уносят много тепла и, с целью использовать часть его, между трубой и печью почти всегда помещают паровой котел (теперь—водотрубный, как занимающий меньше места); на одну двойную печь можно установить котел в 75 $м^2$ поверхности нагрева. Кладка П. п. выполняется из обыкновенного огнеупорного кирпича; снаружи она обставляется прочной чугунной арматурой из досок и стоек, стягиваемых железными болтами. **М. Павлов.**

Лит.: см. *Печи.*

ПУЛЕГОН, см. *Терпены.*

ПУЛЕМЕТ, огнестрельное оружие, обладающее большой скорострельностью. Высокая скорострельность П. достигается путем использования газов для быстрого перезаряжения П. и производства следующего выстрела. В последнем случае П. относят к типу автоматич. оружия. В зависимости от боевого применения тактич. и технич. свойств П. делят на ручные, станковые, авиационные, танковые, зенитные, крупнокалиберные и пистолеты-пулеметы. Конструкция, расчет и теория—см. *Автоматическое оружие* и *Тех. ника ружейного производства.*

ПУЛЬСАЦИЯ, наблюдаемое в реках беспрерывное изменение скорости течения воды в каждой данной точке водотока. По одной и той же вертикали П. имеет свой минимум у поверхности воды и свой максимум у дна водоема. При равных глубинах П. увеличивается от стрежня реки в сторону берегов и уменьшается в одном и том же поперечном (живом) сечении реки с увеличением скорости. На величину П. влияет также шероховатость ложа реки, увеличивающая ее. П. м. б. обнаружена вертушкой Вольтмана по переменной скорости вращения ее или при помощи трубок Дарси по колебаниям столба жидкости. По Базену эти колебания изменяются в одном и том же поперечном сечении реки, от одной точки к другой: в открытых водотоках пропорционально

$$\left(\frac{u_{max}-U}{U}+0{,}3\,\frac{u_{max}-u}{U}\right)u,$$

в закрытых водотоках пропорционально

$$\left(\frac{u_{max}-U}{U}+\frac{u_{max}-u}{U}\right)u;$$

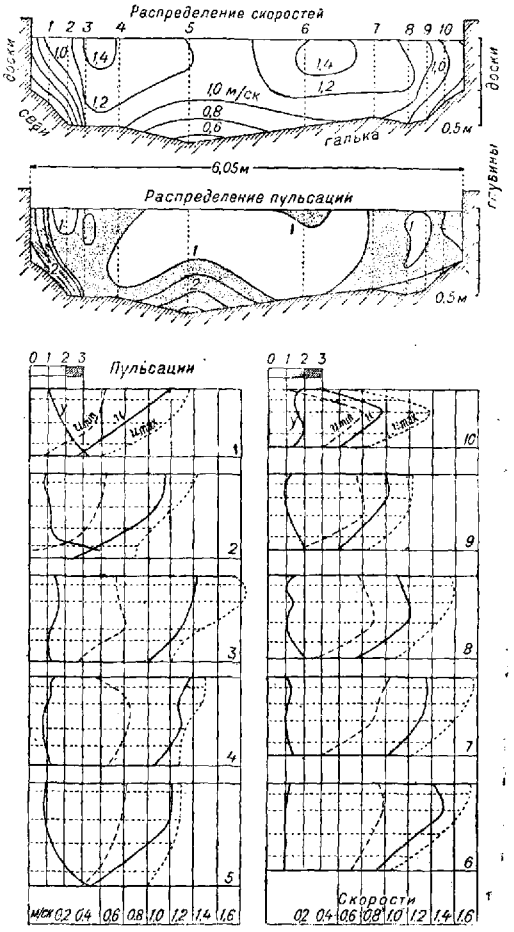
при этом Базен принимает, что если в определенной точке скорость пульсирует в пределах от u_{max} до u_{min}, то уровень воды колеблется пропорционально величине

$$u(u_{max}-u_{min}).$$

В приведенных выше математических выражениях u_{max}—максимальная, u_{min}—минимальная, u—средняя скорость в какой-либо точке одного поперечного (живого) сечения водотока и U—средняя скорость сечения водотока. По Форхгеймеру П. в общем увеличивается с увеличением разности скоростей двух соседних точек. За мерило пульсации Шоклич принимает величину

$$y=\frac{u^2_{max}-u^2_{min}}{u^2}.$$

Распределение скоростей в живом сечении водотока м. б. представлено линиями равных средних скоростей сечения, или изотахами, а распределение в этом сечении величин П.—линиями равновеликих П. y. На диаграммах, соответствующих местам *1*, *2*, *3*



и т. д. произведенных измерений сечения водотока, нанесены кривые предельных и средних скоростей и меры пульсации y для каждой точки по глубине.

Лит.: Harlacher A. R., Die Messungen in der Elbe u. Donau, Lpz., 1881; Murphy E. C., Geological Survey, Water-Supply a. Irrigation Paper, Wsh., 1904, *95*; Burgers J. M., «K. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam, Proceedings», 1926, v. 29, *4*; «Annales des ponts et chaussées», P., 1887, p. 195; Schoklitsch A., Beiträge zur Hydrographie Österreichs, W., 1899, Beilage, Taf. 18; Forchheimer Ph., Hydraulik, 3 Aufl., Lpz.—B., 1930; Schoklitsch A., Die Bewegungsweise des Wassers in offenen Gerinnen, «Schweizerische Bauzeitung», Zürich,

1922, B. 80, p. 47; Schoklitsch A., Ueber die Bewegungsweise des Wassers in offenen Gerinnen, «Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaften in Wien», W., 1920, B. 129, H. 9 u. 10; Rehbock Th., Betrachtung über Abfluss-, Stau- u. Walzenbildung bei fliessenden Gewässern, B., 1917. **С. Брилинг.**

ПУЛЬСОМЕТР, см. *Монтежю, Насосы.*

ПУНКТ ТИПОГРАФСКИЙ, принятая в типографском деле единица линейных измерений наборного материала, не связанная ни с одной из существующих измерительных систем, в том числе и с метрической, по которой размер П. т. определен при температуре, равной 20° в 0,376 *мм* или 2 660 П. т. в 1 *м*. Определение это было сделано в 1927 г. Физико-техническим институтом в Шарлоттенбурге и принято нашей Главной палатой мер и весов (см. *Набор типографский*). **С. Михайлов.**

ПУНЦОВОЕ КРАШЕНИЕ, см. *Крашение.*

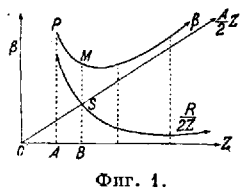
ПУПИНИЗАЦИЯ, искусственное увеличение самоиндукции линии (воздушной или кабельной) посредством специальных катушек самоиндукции (катушек Пупина), включаемых в линию через регулярные промежутки последовательно с проводами.

В 1893 году Хивисайд (O. Heaviside) в своих исследованиях о значении самоиндукции при распространении разговорных токов по проводам обратил внимание на то, что затухание, вызываемое линией, м. б. уменьшено путем искусственного увеличения самоиндукции линии. Он указал, что увеличение самоиндукции м. б. произведено при помощи катушек, включаемых в линию на определенном расстоянии. Эта идея получила практич. осуществление в 1900 г. благодаря Пупину, который, исходя из аналогичной механич. проблемы Лагранжа (колебания натянутой струны, масса которой увеличивалась с помощью шаров, подвешиваемых к струне на определенных расстояниях), вывел ур-ие для определения расстояния между катушками и дал расчет катушек.

Возможность уменьшения затухания β (см. *Бета*) путем увеличения самоиндукции L объясняется тем, что в уравнении

$$\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{A}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{R}{2Z} + \frac{A}{2}Z$$

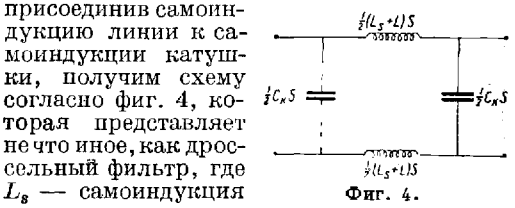
для телефонных линий первый член значительно больше второго. Если бы было наоборот, то пришлось бы для уменьшения β увеличивать емкость C. Кривая первого члена $\frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{R}{2}$ представляет гиперболу; второй же член $\frac{A}{2}Z$ выражается прямой линией, проходящей через начало координат. Сумма ординат дает кривую затухания β в зависимости от Z; она имеет минимум в точке M, соответствующей точке пересечения S (см. фиг. 1). Если волновое сопротивление какой-либо линии равно отрезку OA, то затухание ее будет равно отрезку AP. Увеличивая волновое сопротивление Z этой линии до величины, соответствующей отрезку OB, мы достигнем минимального затухания β. Увеличить же $Z=\sqrt{\frac{L}{C}}$ мы можем или путем увеличения L или уменьшения C,



Фиг. 1.

но уменьшение емкости C м. б. достигнуто лишь в весьма незначительных пределах; следовательно остается одно средство для уменьшения β—увеличение самоиндукций. Если это увеличение самоиндукции производится при помощи катушек, включаемых в линию, то линия в честь Пупина называется пупинизированной и катушки—пупиковскими.

Пупинизированная линия состоит из ряда последовательно соединенных звеньев. Каждое из звеньев содержит отрезок однородной линии длиной S, причем либо в середине этого участка (фиг. 2) включена пупиновская катушка с кажущимся сопротивлением $\overline{R'_s} = R'_s + i\omega L'_s$ либо по концам его включены две половины катушки с кажущимся сопротивлением $\frac{\overline{R'_s}}{2}$ (см. фиг. 3). Нетрудно убедиться, что пупинизированная линия представляет собой дроссельный *фильтрующий контур* (см.) или 1-го рода (фиг. 2) или 2-го рода (фиг. 3). Заменяя например на фиг. 2 каждую половину участка линии конденсатором соответствующей емкости и присоединив самоиндукцию линии к самоиндукции катушки, получим схему согласно фиг. 4, которая представляет не что иное, как дроссельный фильтр, где L_s — самоиндукция катушки, отнесенная на 1 *км* линии, L—самоиндукция 1 *км* линии, S—расстояние между пупиновскими катушками, C_k—емкость 1 км линии. Тогда собственная частота одного звена пупинизированной линии будет равна:



Фиг. 4.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(L_s+L)S\frac{C_kS}{4}}} = \frac{2}{\sqrt{(L_s+L)C_kS^2}} = \frac{2}{S\sqrt{(L_s+L)C_k}}.$$

Известно, что дроссельный фильтрующий контур пропускает с ничтожным затуханием лишь частоты, лежащие ниже собственной частоты звена контура. Следовательно для ω_0 пупинизированной линии мы должны выбрать величину возможно бо́льшую по сравнению с высшими разговорными частотами; в противном случае некоторые разговорные частоты не будут переданы, и речь будет воспринята в б. или м. искаженном виде. В настоящее время пупинизируются исключительно кабельные линии; П. воздушных линий, имевшая прежде широкое применение в целях уменьшения сечения проводов, в настоящее время, с введе-

нием в эксплоатацию усилителей, потеряла свое практическое значение. П. воздушных проводов имела сомнительную ценность вследствие того, что затухание пупинизированной линии в сильной степени зависит от проводимости изоляции, колеблющейся в воздушных линиях в больших пределах.

Затухание пупинизированной линии. Исходным ур-ием, служащим для определения затухания пупинизированной линии b, служит следующее:

$$\operatorname{ch} g = \operatorname{ch}\gamma S + \frac{\overline{R'_s}}{2Z}\operatorname{sh}\gamma S, \qquad (1)$$

где $g=(b+ia)$—постоянная распространения пупинизированной линии; $\gamma=(\beta+i\alpha)$—постоянная распространения однородной линии на участке S между пупиновскими катушками; Z—волновое сопротивление однородной линии на том же участке; $\overline{R'_s}$—кажущееся сопротивление пупиновской катушки. После ряда соответствующих преобразований получим:

$$b=\left[\frac{R_k}{2}\left(1-\frac{2}{3}\eta^2\right)\sqrt{\frac{C_{л.}}{L_s}}+\frac{R_s}{2}\sqrt{\frac{C_{л.}}{L_s}}+\frac{A_{л.}}{2}\sqrt{\frac{L_s}{C_{л.}}}\right]\frac{kS}{\sqrt{1-\eta^2}},$$

где R_k—омич. сопротивление 1 *км* кабельной линии; $C_{л.}=C_k+C_s$—емкость 1 *км* линии, состоящая из емкости кабеля C_k и емкости C_s между обмотками пупиновской катушки, отнесенной на 1 *км* линии; L_s—самоиндукция катушки, отнесенная на 1 *км* линии; $A_{л.}=A_k+A_s$—проводимость изоляции линии, состоящая из проводимости изоляции кабеля и пупиновской катушки, отнесенной на 1 *км* линии; $\eta=\frac{\omega}{\omega_0}$, где ω_0—собственная круговая частота пупинизированной линии; k — коэф., причем

$$k=\left[\frac{2x}{x+\sqrt{x^2+1}}\right]^{\frac{1}{2}};\quad x=\frac{\eta(1-\eta^2)}{b_0};$$

$$b_0=S\left[\frac{R_k}{2}\left(1-\frac{2}{3}\eta^2\right)\sqrt{\frac{C_{л.}}{L_s}}+\frac{R_s}{2}\sqrt{\frac{C_{л.}}{L_s}}+\frac{A_{л.}}{2}\sqrt{\frac{L_s}{C_{л.}}}\right]. \qquad (2)$$

Для определения k, зная x, можно пользоваться табл. 1.

Табл. 1.—Данные для определения коэфициента k.

x	k	x	k	x	k	x	k	x	k
0,00	0,000	0,30	0,668	0,70	0,854	1,60	0,958	6,0	0,997
0,05	0,308	0,35	0,705	0,80	0,877	1,80	0,966	7,0	0,998
0,10	0,425	0,40	0,736	0,90	0,896	2,00	0,972	8,0	0,998
0,15	0,508	0,45	0,763	1,00	0,911	3,0	0,986	9,0	0,998
0,20	0,573	0,50	0,789	1,20	0,932	4,0	0,992	10,0	0,999
0,25	0,625	0,60	0,824	1,40	0,947	5,0	0,996	20,0	1,000

Величина b_0 по уравнению (2) нуждается в нек-рой детализации. Во-первых, величина $R'_s=S\cdot R_s$, т. е. омич. сопротивление пупиновской катушки не является постоянной величиной, ибо зависит от частоты переменного тока. Величину R'_s можно подразделить на две части: R'_n—сопротивление постоянному и R'_p—сопротивление переменному току. Результаты измерений величины R'_p в зависимости от круговой частоты для катушек, самоиндукция L'_s которых равна: 0,20; 0,19; 0,07; 0,14; 0,056 Н, приведены в табл. 2. Во-вторых, проводимость изоляции A_k кабеля обусловливается почти исключительно (принимая во внимание весьма высокое сопротивление изоляции постоянному току) диэлектрич. потерями и выражается следующим образом:

$$A_k=\omega C_k \operatorname{tg}\delta_k,$$

где δ_k—угол диэлектрич. потерь. Так как для спектра разговорных частот C_k и $\operatorname{tg}\delta_k$ м. б. приняты постоянными величинами, то проводимость изоляции A_k пропорциональна круговой частоте ω. Для междугородных кабелей $\operatorname{tg}\delta_k\cong 4{,}8\cdot 10^{-3}$. В третьих, проводимость изоляции между обмотками пупиновской катушки

$$A'_s=\omega C'_s \operatorname{tg}\delta_s,$$

причем для пупиновской катушки из эмалированных проволок можем принять: $C'_s=0{,}0025\cdot 10^{-6}$ F и $\operatorname{tg}\delta_s=0{,}015$; поэтому $C'_s\operatorname{tg}\delta_s=37{,}5\cdot 10^{-12}$. Следовательно

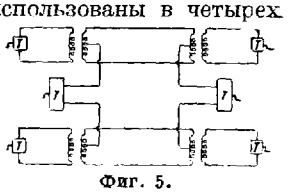
$$b=S\left[\frac{R_k}{2}\left(1-\frac{2}{3}\eta^2\right)\sqrt{\frac{C_{л.}}{L_s}}+\frac{R_n+R_p}{2}\sqrt{\frac{C_{л.}}{L_s}}+\frac{A^k+A_s}{2}\sqrt{\frac{L_s}{C_{л.}}}\right]\frac{k}{\sqrt{1-\eta^2}} \qquad (3)$$

Километрическое же затухание β будет:

$$\beta=\frac{b}{S}.$$

Ур-ие (3) будет справедливо, если жилы кабеля используются только для образования двухпроводных линий. Если же жилы кабеля используются также иными способами, то в ур-ие (3) надо ввести добавления.

Для образования разговорных цепей жилы кабеля м. б. использованы в четырех комбинациях.1) Одна пара жил кабеля образует двухпроводн. основную линию. 2) Каждые две основные двухпроводные линии образуют четырехпроводную *искусственную линию* (см.), которая следовательно не занимает специальных жил кабеля (фиг. 5, T — телефонный аппарат), причем одна основная двухпроводная линия служит прямым, а другая основ-

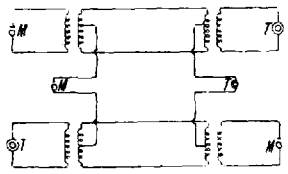


Фиг. 5.

Табл. 2.—Значения величин R'_p.

	ω	R'_p		ω	R'_p		ω	R'_p		ω	R'_p		ω	R'_p
	1 000	0,39		1 000	0,37		1 000	0,13		1 000	0,26		1 000	0,104
$L'_s=0{,}2$ $R'_n=15{,}8$	3 000	1,28	$L'_s=0{,}19$ $R'_n=10{,}8$	3 000	1,21	$L'_s=0{,}07$ $R'_n=5{,}40$	3 000	0,43	$L'_s=0{,}14$ $R'_n=9{,}0$	3 000	0,86	$L'_s=0{,}056$ $R'_n=5{,}0$	3 000	0,341
	4 000	1,78		4 000	1,69		4 000	0,58		4 000	1,16		4 000	0,465
	5 000	2,32		5 000	2,20		5 000	0,77		5 000	1,54		5 000	0,62
	7 000	3,51		7 000	3,34		7 000	1,16		7 000	2,34		7 000	0,93
	8 000	4,16		8 000	3,95		8 000	1,38		8 000	2,76		8 000	1,10
	10 000	5,60		10 000	5,25		10 000	1,95		10 000	3,90		10 000	1,56
	12 000	7,15		12 000	6,80		12 000	2,50		12 000	5,04		12 000	2,03
	15 000	9,70		15 000	9,25		15 000	3,41		15 000	6,83		15 000	2,75

ная двухпроводная линия—обратным проводом. 3) Две пары жил кабеля (т. е. четыре жилы) образуют четырехпроводную основную линию, причем разговор в одну сторону проходит по одной паре, а в другую сторону—по другой (фиг. 6, *Т*—телефон, *М*—микрофон). 4) Каждые две четырехпроводные основные линии образуют искусственную восьмипроводную линию, к-рая следовательно не занимает специальных жил кабеля, причем одна основная четырехпроводная линия служит прямым, а другая—обратным проводом. На фиг. 7А показано включение пупиновской катушки как в двухпроводную основную, так и в четырехпроводную искусственную линии.

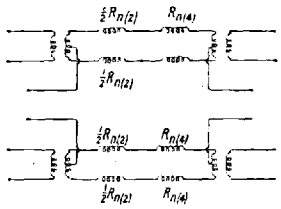


Фиг. 6.

Если принять, что катушки S_t служат для увеличения самоиндукции основных (двухпроводных) линий, а катушки *V*—для искусственной линии, то катушки *V* надо так включить, чтобы для основных линий они представляли собой только омическое сопротивление, и наоборот, для искусственной линии катушки S_t должны являться только омич. сопротивлением. Из фиг. 7А и 7Б видно, что поставленная задача о включении катушек в основную и искусственную линии м. б. решена двумя путями: 1) в искусственную линию включаются две катушки (способ Сименса) и 2) в искусственную линию включается одна катушка (способ Вестерн Электрик К°). Обозначим буквой $R_{n(2)}$ омич. сопротивление постоянному току катушки основной линии, т. е. сопротивление катушки при последовательном соединении обеих обмоток (фиг. 8), отнесенное к 1 *км* линии; таким образом сопротивление каждой обмотки равно $^1/_2 R_{n(2)}$. После этого обозначим через $^1/_2 R_{n(4)}$ омическое сопротивление постоянному току каждой катушки искусственной линии при параллельном включении ее обмоток; следовательно сопротивление каждой обмотки одной катушки равно $R_{n(4)}$. Так. сбр. в искусственной линии две катушки основной линии увеличивают омич. сопротивление на $2 \cdot \frac{1}{4} R_{n(2)} = \frac{1}{2} R_{n(2)}$ Ω/*км*; а в основной линии—катушки искусственной линии увеличивают сопротивление на $2\,R_{n(4)}$ Ω/*км*. Поэтому километрич. затухание двухпроводной линии будет:



Фиг. 7.



Фиг. 8.

для искусственной же линии:

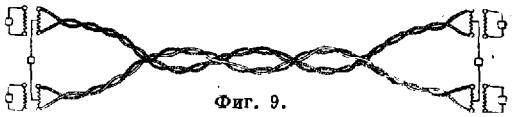
$$\beta_{(4)} = \left[\frac{R_{k(4)}\left(1-\frac{2}{3}\eta^2_{(4)}\right)+R_{n(4)}+\frac{1}{2}R_{n(2)}+R_{p(4)}}{2}\cdot\sqrt{\frac{C_{л.(4)}}{L_{s(4)}}}+\frac{A_{л.(4)}}{2}\sqrt{\frac{L_{s(4)}}{C_{л.(4)}}}\right]\frac{k}{\sqrt{1-\eta^2_{(4)}}},$$

где $L_{s(2)}$—самоиндукция катушки основной линии (на 1 *км*) при последовательном соединении обмоток; $L_{s(4)}$—самоиндукция, отнесенная на 1 *км* и вносимая в искусственную линию двумя последовательно соединенными катушками *V* (фиг. 7А); $C_{л.(2)}$—емкость двухпроводной основной линии на 1 *км*; $C_{л.(4)}$—емкость искусственной четырехпроводной линии на 1 *км*; $\eta_{(2)} = \frac{\omega}{\omega_{0(2)}}$—для основной двухпроводной линии; $\eta_{(4)} = \frac{\omega}{\omega_{0(4)}}$—для искусственной четырехпроводной линии;

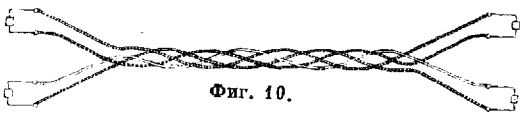
$$\omega_{0(2)} = \frac{1}{S\sqrt{L_{s(2)}\cdot C_{л.(2)}}},$$

$$\omega_{0(4)} = \frac{1}{S\sqrt{L_{s(4)}\cdot C_{л.(4)}}}.$$

Зависимость между $\omega_{0(2)}$ и $\omega_{0(4)}$ определяется: 1) способом свивания жил кабеля и 2) тем требованием, по которому километрич.


Фиг. 9.

затухание для средних разговорных частот ($\omega \cong 5\,000$) как искусственной, так и основной линий должны быть между собой равны. Существуют три способа свивания жил междугородного кабеля, к-рые получили распространение в настоящее время: 1) способ Дизельхорст-Мартина (фиг. 9), сокращенно «Д. М.»; 2) способ «звездочки» (фиг. 10),


Фиг. 10.

сокращенно «Зв.»; 3) способ «двойной звездочки» (фиг. 11), сокращенно «Д. Зв.». Способ «Д. М.» заключается в том, что две жилы, образующие пару, перевиваются между собой в виде винтообразной линии, а каждые две пары, образуя четверку, перевиваются в свою очередь между собой также в виде винтообразной линии, причем шаги винтовой линии пары и четверки должны отличаться друг от друга. Способ «Зв.» состоит в том, что не две, а четыре жилы перевиваются между собой по винтообразной линии, образуя четверку. Способ «Д. Зв.» состоит в том, что сперва две жилы, образующие пару, перевиваются между собой по винтообразной линии; затем такие четыре пары перевиваются между собой по винтообразной


Фиг. 11.

$$\beta_{(2)} = \left[\frac{R_{k(2)}\left(1-\frac{2}{3}\eta^2_{(2)}\right)+R_{n(2)}+2R_{n(4)}+R_{p(2)}}{2}\sqrt{\frac{C_{л.(2)}}{L_{s(2)}}}+\frac{A_{л.(2)}}{2}\sqrt{\frac{L_{s(2)}}{C_{л.(2)}}}\right]\frac{k}{\sqrt{1-\eta^2_{(2)}}};$$

линии, образуя восьмерку (двойную четверку), причем искусственные линии образуются из двух пар, лежащих по диагоналям. Отсюда видно, что расположение жил в кабеле в зависимости от способа свивания различно; это различие обусловливает определенное соотношение между емкостью $C_{k(2)}$ двухпроводной и емкостью $C_{k(4)}$ четырехпроводной линии. Согласно измерениям имеем:

1) для «Д. М.»: $\frac{C_{k(4)}}{C_{k(2)}}=1{,}63$,

2) для «Зв.»: $\frac{C_{k(4)}}{C_{k(2)}}=2{,}8$,

3) для «Д. Зв.»: $\frac{C_{k(4)}}{C_{k(2)}}=1{,}2$.

Поэтому, принимая во внимание, что $\beta_{(2)}$ равно $\beta_{(4)}$, приближенно можем положить:

для «Д. М.»

$$\beta_{(2)}=\frac{R_{(2)}}{2}\sqrt{\frac{C_{k(2)}}{L_{s(2)}}} \text{ и } \beta_{(4)}=\frac{R_{(2)}}{4}\sqrt{\frac{1{,}63\,C_{k(2)}}{L_{s(4)}}},$$

откуда

$$\frac{R_{(2)}}{2}\sqrt{\frac{C_{k(2)}}{L_{s(2)}}}=\frac{R_{(2)}}{4}\sqrt{\frac{1{,}63\,C_{k(2)}}{L_{s(4)}}}$$

и

$$L_{s(4)}=0{,}406\,L_{s(2)};$$

следовательно

$$\omega_{0(4)}=\frac{2}{S\sqrt{0{,}406\,L_{s(2)}\cdot 1{,}63\,C_{k(2)}}}=$$

$$=\frac{2}{S\sqrt{L_{s(2)}C_{k(2)}}\sqrt{0{,}406\cdot 1{,}63}}=1{,}24\,\frac{2}{S\sqrt{L_{s(2)}C_{k(2)}}}.$$

Т. к. $\omega_{0(2)}=\frac{2}{S\sqrt{L_{s(2)}C_{k(2)}}}$, то $\omega_{0(4)}=1{,}24\,\omega_{0(2)}$.

Аналогично:

для «Зв.»:

$$L_{s(4)}=0{,}7\,L_{s(2)} \text{ и } \omega_{0(4)}=0{,}71\,\omega_{0(2)};$$

для «Д. Зв.»:

$$L_{s(4)}=0{,}3\,L_{s(2)} \text{ и } \omega_{0(4)}=1{,}63\,\omega_{0(2)}.$$

Теоретически наивыгоднейшей величиной самоиндукции пупиновской катушки назовем ту ее величину, к-рая обусловливает минимальное значение затухания пупинизированной линии. Исходя из уравнения (1), обозначая через τ постоянную времени катушки, т. е. $\tau=\frac{L'_s}{R'_s}$, и отделяя в уравнении (1) действительную часть от мнимой, получим:

$$\operatorname{ch} b\cos a=\operatorname{ch}\beta S\cos\alpha S-$$
$$-\frac{\omega L'_s}{2Z}(m\operatorname{sh}\beta S\cos\alpha S+n\operatorname{ch}\beta S\sin\alpha S)=M,$$
$$\operatorname{sh} b\sin a=\operatorname{sh}\beta S\sin\alpha S-$$
$$-\frac{\omega L'_s}{2Z}(m\operatorname{ch}\beta S\sin\alpha S-n\operatorname{sh}\beta S\cos\alpha S)=N,$$

где

$$m=-\sin\varphi-\frac{1}{\omega\tau}\cos\varphi;$$
$$n=\cos\varphi-\frac{1}{\omega\tau}\sin\varphi;\ \overline{Z}=Ze^{i\varphi},$$

откуда

$$\operatorname{ch} 2b=M^2+N^2+\sqrt{(M^2+N^2+1)^2-4M^2}.$$

Диференцируя это ур-ие по L'_s, найдем наивыгоднейшее значение L'_s. Из ур-ия

$$\left(M\frac{\partial M}{\partial L'_s}+N\frac{\partial N}{\partial L'_s}\right)\left(N\frac{\partial M}{\partial L'_s}-M\frac{\partial N}{\partial L'_s}\right)+\frac{\partial M}{\partial L'_s}\cdot\frac{\partial N}{\partial L'_s}=1$$

получим искомую величину самоиндукции:

$$L'_s=\frac{2Z}{\omega}\cdot\frac{m\cdot n}{m^2+n^2}\cdot\frac{\operatorname{ch} 2\beta S-\cos 2\alpha S}{n\operatorname{sh} 2\beta S-m\sin 2\alpha S}$$

и соответствующую минимальную величину затухания:

$$\operatorname{ch} 2b=\frac{n^2\operatorname{ch} 2\beta S+m^2\cos 2\alpha S}{m^2+n^2}.$$

Выражая α и β через R_k, L_k, C_k и A_k и разлагая гиперболические и круговые функции в ряды, получим:

$$\left.\begin{aligned}L_s=\frac{L'_s}{S}&=\frac{\left[(R_kC_k-A_kL_k)\left(1-\frac{1}{\omega^2\tau^2}\right)-2\frac{C_kL_k}{\tau}-2\frac{A_kR_k}{\omega^2\tau}\right]\left[1+\frac{S^2}{3}(A_kR_k-\omega^2L_kC_k)\right]}{\left(1+\frac{1}{\omega^2\tau^2}\right)\left\{A_k+\frac{C_k}{\tau}+\frac{S^2}{3}\left[\frac{1}{\tau}\left(R_k-\frac{L_k}{\tau}\right)(A_k^2+\omega^2C_k)+\left(\frac{A_k}{\tau}-\omega^2C_k\right)(R_kC_k+A_kL_k)\right]\right\}};\\ \operatorname{ch} 2b=1+\frac{2S^2}{1+\frac{1}{\omega^2\tau^2}}&\left\{\left(A_k+\frac{C_k}{\tau}\right)\left(R_k-\frac{L_k}{\tau}\right)+\frac{S^2}{3}\left[\left(A_k+\frac{C_k}{\tau}\right)\left(R_k-\frac{L_k}{\tau}\right)(A_kR_k-\omega^2L_kC_k)+\right.\right.\\ &\left.\left.+\frac{\omega^2(R_kC_k+A_kL_k)^2}{4}\left(1+\frac{1}{\omega^2\tau^2}\right)\right]\right\}.\end{aligned}\right\}\quad(4)$$

Ур-ие (4) показывает, что кривая затухания не имеет ярко выраженного, острого минимума, так что довольно значительное отклонение от наивыгоднейшей величины самоиндукции мало сказывается на величине затухания. Но, с другой стороны, из этого уравнения следует, что наивыгоднейшая величина L'_s зависит от круговой частоты переменного тока. Как пример в табл. 3 приведены результаты вычислений L'_s при $\omega=5\,000$ ($R_k=11{,}5\ \Omega$; $L_k=7\cdot10^{-4}$ H; $A_k=1\cdot10^{-6}$ сименс, $C_k=41\cdot10^{-9}$ F) и при $\omega=10\,000$ ($A_k=2\cdot10^{-6}$) для различных S.

Табл. 3.—Значения L'_s.

S	L'_s при $\omega=5\,000$	L'_s при $\omega=10\,000$
2	0,162	0,0777
5	0,069	0,027

Волновое сопротивление пупинизированной линии. Исходя из ур-ия для волнового сопротивления фильтрующего контура 1-го рода

$$\overline{Z}=\sqrt{\frac{\overline{R}}{G}}\cdot\frac{1}{\sqrt{1+\frac{RG}{4}}}=Ze^{-i\varphi}=Z\cos\varphi-iZ\sin\varphi,$$

получим:

$$Z\cos\varphi=\frac{1}{k}\sqrt{\frac{L_s}{C_k}}\cdot\frac{1}{\sqrt{1-\eta^2}};\qquad(5)$$

$$Z\sin\varphi=\sqrt{\frac{L_s}{C_k}}\cdot\frac{\frac{b}{2}}{\eta(1-\eta^2)},\qquad(6)$$

к-рыми надлежит пользоваться в том случае, если первая пупиновская катушка расположена на расстоянии $\frac{S}{2}$, равном половине расстояния между катушками (выражения для величин k и b см. выше).

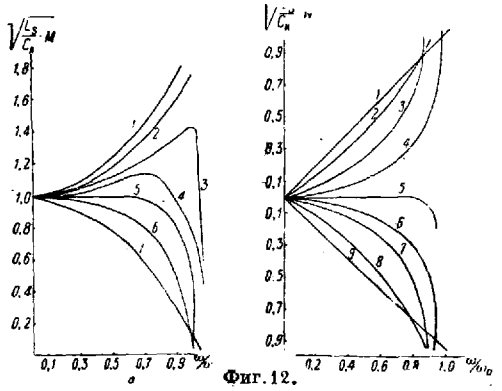
Если же первая пупиновская катушка расположена на каком-либо расстоянии X, то для волнового сопротивления служит следующее выражение:

$$\bar{Z} = \sqrt{\frac{L_s}{C_k}}(M + N), \qquad (7)$$

где

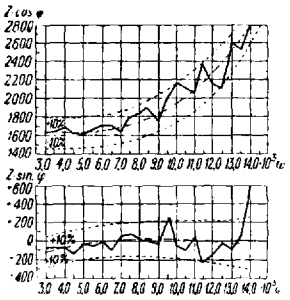
$$M = \frac{\sqrt{1-\eta^2}}{1-4\eta^2\frac{X}{S}\left(1-\frac{X}{S}\right)}, \text{ а } N = i\eta\frac{1-2\frac{X}{S}}{1-4\eta^2\frac{X}{S}\left(1-\frac{X}{S}\right)}.$$

На фиг. 12а и 12б построены действительные и мнимые части волнового сопротивления пупинизированной линии в зависимости



Фиг. 12.

от η для различных X. Значения X для кривых фиг. 12а: 0,5 S для *1*, 0,4 S или 0,6 S для *2*, 0,3 S или 0,7 S для *3*, 0,2 S или 0,8 S для *4*, 0,17 S или 0,83 S для *5*, 0,1 S или 0,9 S для *6*, 0,0 или 0,1 S для *7*. Для кривых фиг. 12б: 0,0 для *1*, 0,17 S для *2*, 0,3 S для *3*, 0,4 S для *4*, 0,5 S для *5*, 0,6 S для *6*, 0,7 S для *7*, 0,83 S для *8*, 1,0 S для *9*. Ур-ия волнового сопротивления пупинизированной линии (4), (5) и (6) показывают однообразное изменение в зависимости от частоты, т. е. эти ур-ия м. б. построены в виде кривых, имеющих нек-рую плавную закономерную форму. В действительности же волновое сопротивление пупинизированной линии очень неравномерно, и кривая его, построенная на основании результатов измерений, имеет неправильную волнистую форму и колеблется около некоторой средней линии, совпадающей с теоретической (вычисленной) кривой. Для примера на фиг. 13 представлены теоретическая и действительная кривые волнового сопротивления пупинизирован. кабеля. Так как форма кривой волнового сопротивления линии имеет весьма важн. значение для настройки промежуточных усилителей, а также и для безискаженной передачи речи, то вопрос об уменьшении или уничтожении волнистости кривой волнового сопротивления и о приближении ее к теоретич. кривой имеет весьма важное значение. Подробные исследования этого вопроса показали, что эта волнистость обусловливается погрешностью как в изготовлении кабеля (неодинаковая величина емкости во всех звеньях пупинизированной линии), так и пупиновских катушек (неодинаковая самоиндукция катушек), что вызывает изменение собственной частоты звена пупинизированной линии. Погрешность эта выражается соответственно следующими величинами: для кабеля



Фиг. 13.

$$n_k = \frac{\Delta C_k}{C_k}\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2-1}}e^{-2b}$$

и для катушек

$$n_n = \frac{\Delta L'_s}{L'_s}\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2-1}}e^{-2b}.$$

Следовательно погрешность обусловливается: 1) величиной относительной погрешности емкостей $\frac{\Delta C_k}{C_k}$ и самоиндукций $\frac{\Delta L'_s}{L_s}$, 2) расстоянием неоднородного звена от начала линии (затухание b) и 3) отношением $\frac{1}{\eta} = \frac{\omega_0}{\omega}$. При прочих равных условиях волнистость кривой волнового сопротивления имеет наибольшее значение, когда неоднородно первое звено пупинизированной линии. Ф-ия $\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2-1}}$, определяющая зависимость погрешности от частоты, изменяется с возрастанием частоты от 0 (при $\omega = 0$) сначала очень медленно, а затем, приближаясь к собственной частоте, достигает больших значений. Из этих соображений видно, что чем выше собственная частота ω_0, тем меньшее значение имеет емкостная и индуктивная погрешности. Согласно техническим требованиям погрешности самоиндукции катушек и емкости участков П. (на длину S) не должны превышать ±1,5% от нормальных значений.

Искажения, вызываемые пупинизированной линией (об искажениях формы кривой разговорного тока см. *Телефонная передача*). а) Искажение первого рода пупинизированной линии весьма значительно; оно возрастает с увеличением числа звеньев, т. е. с увеличением длины линии. Вследствие выравнивающего действия усилителей это искажение практически устраняется. б) Мерой искажения второго рода принимается разность $t = t_2 - t_1$, где t_1 — время, потребное для пробега вдоль линии группе волн самых низких частот, а t_2 — время, за которое к концу линии подойдут все группы волн, частоты которых образуют передаваемую волну сложной формы. Для пупинизированной линии длиной l *км*

$$t = \frac{2l}{S\omega_0}\left[\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}-1\right]. \qquad (8)$$

Преобразуем это ур-ие, разложив знаменатель дроби в скобках в ряд. Тогда

$$t \cong \frac{2l}{S\omega_0}\left[\frac{1}{1-\frac{1}{2}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^3}-1\right] \cong \frac{l}{S}\frac{\omega^3}{\omega_0^3} \text{ ск.}$$

По постановлению Консультативного международного комитета по дальней телефонной связи для всего спектра частот 300—2 400 пер/ск. величина t не должна превышать $30\cdot10^{-3}$ ск.

Поэтому

$$30\cdot10^{-3} \leqslant \frac{l}{S}\frac{(2\pi\,2\,400)^2}{\omega_0^3}$$

и

$$\omega_0^3\frac{S}{l} = 7{,}5\cdot10^9 = k,$$

откуда

$$l \leqslant \frac{\omega_0^3 S}{k}. \qquad (9)$$

Ур-ие (9) говорит, что при заданных S и k дальность телефонирования по пупинизированной линии обусловливается собственной частотой линии и при желании увеличить дальность телефонирования (т. е. длину линии l) д. б. увеличена собственная частота линии ω_0, иными словами, самоиндукция линии (катушек) должна быть уменьшена. В табл. 4 указана численная зависимость (по уравнению 9) между l_{max} и ω_0 при различных величинах S.

Таб л. 4.—Зависимость между l_{max} и ω_0 при различных величинах S.

$S = 2$ км		$S = 1{,}7$ км	
l_{max} в км	ω_0	l_{max} в км	ω_0
700	13 800	600	13 800
900	15 000	760	15 000
1 730	18 200	1 360	18 200
2 600	21 400	2 200	21 400
3 200	23 000	2 700	23 000
4 150	25 000	3 500	25 000
5 200	27 000	4 500	27 000
7 200	30 000	6 100	30 000

Итак, для устранения искажений 2-го рода в пупинизированной линии требуется повысить ее собственную частоту ω_0, что достигается путем уменьшения ее самоиндукции L_s'. Но это средство имеет тот недостаток, что обусловливает собой увеличение затухания, благодаря чему потребуется или укрупнять диаметр жил кабеля или увеличить усиление телефонных токов путем увеличения числа усилителей. Не говоря уже о том, что оба приведенные мероприятия вызовут повышение стоимости первоначального оборудования, они вызывают совершенно невозможное положение в эксплоатации, так как при дальнейшем увеличении длины линии придется увеличивать число усилителей в существующей линии, иными словами, учащать число пунктов, в которых расположены усилители. Поэтому необходимо иметь такое средство, устраняющее искажение 2-го рода, к-рое позволило бы производить увеличение длины линии без каких-либо переделок существующих линий. Очевидно, что в линию д. б. включены какие-то добавочные контуры, к-рые уравновешивали бы скорости распространения по кабелю различных частот разговорного тока. Такими контурами являются т. н. скрещенные контуры (см. *Фильтрующие контуры*). в) Искажение 3-го рода (нелинейное искажение). Если в начале пупинизированной линии действует синусоидальное напряжение V_1, то на конце линии, замкнутом даже на свое волновое сопротивление, вместе с основной частотой появляются также и ее гармоники, из к-рых 3-я гармоника имеет наибольшую амплитуду. Если через пупиновскую катушку проходит ток $|\bar{I}| \sin(\omega t - \varphi)$, то на зажимах катушки возникает напряжение, содержащее 3-ю гармонику, равную

$$E = 0{,}6\, h |\bar{I}|^2 \sin(3\omega t - 3\varphi),$$

где

$$h = \frac{R_p}{|I|}.$$

Напряжения E_1, возникающие на клеммах каждой пупиновской катушки, обусловливают в конце линии токи одной и той же частоты, которые складываются между собой. Принимая во внимание, что сила тока в n-м звене пупинизированной линии равна

$$I_n = \frac{V_1}{Z_0} e^{-\gamma_1(n-0{,}5)},$$

где $\gamma_1 = \beta_1 + i\alpha_1$—постоянная распространения основной частоты на участке линии S между пупиновскими катушками, получим для напряжения в конце линии благодаря третьей гармонике перед n-й катушкой следующее выражение:

$$E_{S_n} = 0{,}6\, h \left|\frac{V_1}{Z_0}\right|^2 \frac{e^{(-2\beta_1 - 3i\alpha_1)(n-0{,}5) - \gamma_3(N-n)}}{1 + e^{\gamma_3}},$$

где $\gamma_3 = \beta_3 + i\alpha_3$—постоянная распространения третьей гармоники, а N—число звеньев пупинизированной линии. Приближенно можем положить: $\beta_3 = \beta_1$ и $\alpha_3 = 3\alpha_1$; тогда после суммирования от $n=1$ до $n=N$ получим:

$$E_3 = 0{,}3\, h \frac{V^2}{|Z_0|^2} \frac{e^{-\beta_1 N}}{\beta_1}(1 - e^{-\beta_1 N}).$$

Принимая во внимание, что $\beta_1 N$ равно всему затуханию b пупинизированной линии, получим т. н. коэф. «дребезжания» F (Klirrfaktor), т. е. отношение амплитуд третьей и основной гармоники

$$F = 0{,}3\, h \frac{V_1}{|Z_0|^2} \frac{N}{b}(1 - e^{-b}).$$

Для пупинизирования линии в среднем имеем: $h \leqslant 1\,000$ Ω/A; $Z_0 = 1\,600$; $b = 1{,}3$; $N = 70$ (для участка линии между усилителями); $V_{1_{max}} = 5$ V; тогда

$$F \leqslant 2{,}3\%.$$

Выбор собственной частоты $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$ пупинизированной линии. Для определения собственной частоты f_0 пупинизированной линии обратимся к ур-ию для километрич. затухания:

$$\beta = \left[\frac{R_k}{2}\left(1 - \frac{2}{3}\eta^2\right)\sqrt{\frac{C_s}{L_s}} + \frac{R_p + R_p}{2}\sqrt{\frac{C_s}{L_s}} + \frac{A_s}{2}\sqrt{\frac{L_s}{C_s}}\right]\frac{k}{\sqrt{1-\eta^2}}.$$

Перепишем это ур-ие следующим образом:

$$\beta = \frac{R_s}{2Z}\cdot\frac{k}{\sqrt{1-\eta^2}} + \frac{R_k}{2Z}\cdot\frac{1 - \frac{2}{3}\eta^2}{\sqrt{1-\eta^2}}k + \frac{A_s}{2}\cdot Z\frac{k}{\sqrt{1-\eta^2}}. \qquad (10)$$

В спектре передаваемых частот желательно чтобы затухание как можно меньше зависело от частоты. Выясним, в какой мере может пупинизированный кабель удовлетворить этому требованию. Первый и третий члены ур-ия (10) увеличиваются при увеличении частоты; что же касается второго члена, то он имеет минимум при $\eta = 0{,}7$; следовательно, если например $\eta = \frac{2\,400}{f_0} = 0{,}7$, то вплоть до $f = 2\,400$ пер/ск. второй член уменьшается и компенсирует в возможной степени увеличение затухания, вызываемое первым и третьим членами. Т. к. для коммерческого телефонного разговора спектр частот сверху может быть ограничен $f = 2\,400$, то $f_0 = \frac{2\,400}{0{,}7} = 3\,410$ пер/ск., или $\omega_0 = 21\,400$; если эту величину для ω_0 принять для основной двухпроводной линии, то для четырехпроводной искусственной линии:

при «Д. М.»: $\omega_{0(4)} = 1{,}24 \times 21\,400 = 27\,500$;
при «Д. Зв.»: $\omega_{0(4)} = 1{,}66 \times 21\,400 = 35\,500$.

Из табл. 4 видно, что напр. при $S = 1{,}7$ *км* телефонирование по двухпроводной линии ограничено искажением второго рода до 2 200 *км*, а по искусственной—до 4 500 *км* («Д. М.») и 6 000 *км* («Д. Зв.»); фактически эти расстояния приходится уменьшать вследствие обратной связи в усилителях и явления подслушивания (см. *Телефонная передача* и *Усилитель*). Если желательно дальность телефонирования увеличить, то можно или применить скрещенные контуры или же увеличить собственную частоту пупинизированной линии; в последнем случае линия называется слабопупинизированной в отличие от среднепупинизированной линии, для к-рой собственная круговая частота двухпроводной линии равна в среднем $\omega_0 = 20\,000$. В настоящее время применяются следующие «степени» П.

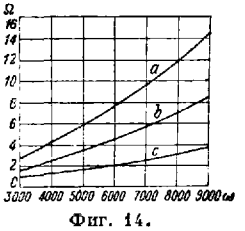
1) средняя П.: $\omega_{0(2)} = 20\,000 \div 21\,400$
2) слабая П.: $\omega_{0(2)} = 33\,000 \div 48\,000$
3) весьма слабая П.: $\omega_{0(2)} = 63\,000 \div 82\,000$

(для передачи широковещания). В табл. 5 приведены примеры П. кабельной линии.

Табл. 5.—Способы П. кабельных линий.

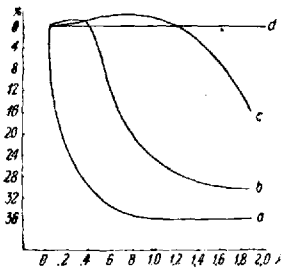
Наименование линий	Диам. жил, *мм*	ω_0	Затухание на 1 км при $\omega = 5\,000$	Волновое сопротивление	Расстояние между катушками S	Самоинд. катушки L'_s	Примечание
Рейнский кабель	3	19 000	0,00314	1 340	1,7	0,15	
» »	2	16 500	0,0050	2 150	1,7	0,24	
Норм. нем. кабель, двухпроводная линия	1,4	16 700	0,0096	1 600	2	0,19	Средняя пупинизация
Искусственная линия	1,4	21 600	0,0097	760	2	0,07	
Двухпроводная линия	0,9	16 800	0,0189	1 680	2	0,20	
Искусственная линия	0,9	22 200	0,0196	790	2	0,07	
Двухпроводная линия	0,9	33 500	0,033	860	2	0,05	Слабая пупинизация
Искусственная линия	0,9	43 000	0,032	440	2	0,02	
Двухпроводная линия	1,4	21 400	0,0093	1 520	1,7	0,14	Средняя пупинизация
Искусственная линия	1,4	27 000	0,0093	760	1,7	0,056	
Двухпроводная линия	0,9	22 500	0,0195	1 570	1,7	0,14	
Искусственная линия	0,9	28 000	0,0190	780	1,7	0,056	

Пупиновские катушки со времени их введения в эксплоатацию претерпели до настоящего времени целый ряд видоизменений. При конструировании первоначальных образцов все усилия были обращены к тому, чтобы уменьшить омич. сопротивление обмоток, иначе говоря—повысить постоянную времени τ, т. к., особенно при кабельных жилах большого диаметра, введение омич. сопротивления в линию может свести на-нет уменьшение затухания, достигаемое увеличением самоиндукции, причем сразу же стало ясно, что наиболее подходящей формой сердечника катушки является тороидальная форма. Материалом для сердечника сперва предназначалось мягкое железо в виде тонких пластин. Но вследствие больших потерь, обусловливаемых такой конструкцией сердечника, от него пришлось отказаться. После долгих испытаний остановились на сплаве железа с силицием при толщине пластин 0,03 *мм*, достигнув такими сердечниками удовлетворительных результатов. Каждая катушка имела две обмотки для включения в оба провода линии. Такими катушками была оборудована в 1908 г. первая подземная кабельная линия в Германии между Берлином и Потсдамом (40 *км*). Т. о. первый тип сердечника пупиновской катушки был сердечником из пластин. Но скоро были предъявлены новые требования к катушкам, именно когда в 1909 г. Эбелинг указал путь для более рационального использования жил кабеля в виде четырехпроводной искусственной линии. Катушка с сердечником из пластин оказалась неподходящей для включения в искусственную и основные линии, т. к. потребовалась бо́льшая магнитная стабильность; поэтому остановились на проволоке диам. 0,15 *мм* из следующего сплава: 3,7% Si; 0,06% C; 0,31% Mn; 0,013% P; 0,14% S; 0,065% Cu. Катушка с таким сердечником при пропускании через ее обмотки тока силою 200 mA изменяла свою самоиндукцию не более, чем на 2%, в то время как катушка первого типа при пропускании через ее обмотку тока силой 50 mA изменяла свою самоиндукцию более, чем на 5%. Кроме того потери в железе благодаря большему подразделению его по сравнению с пластинчатым сердечником значительно снизились. Такими катушками (2-го типа) оборудована кабельная линия между Берлином и Рейнской областью. С введением промежуточных усилителей благодаря возможности применения кабельных жил более тонкого диам. пришлось в третий раз изменить тип сердечника пупиновской катушки. С одной стороны, стало возможным несколько снизить постоянную времени катушки (с $\tau = 0{,}03$ до $\tau = 0{,}014$), но, с другой стороны, возросли требования к сердечнику. Мы уже знаем, как влияет изменение самоиндукции кабеля на волновое сопротивление линии, и знаем те требования, какие д. б. предъявлены к равномерности самоиндукции катушек. Этим требованиям катушки с проволочными сердечниками не удовлетворяют. Необходимо иметь катушки, самоиндукция которых отличается еще бо́льшим постоянством. Для этой цели был применен сердечник из прессованного порошкообразного железа, зерна к-рого имеют такой размер, что проходят через сито, имеющее 10 000 отверстий на 1 $см^2$. Этот порошок перемешивается с изолирующей массой, благодаря чему каждое зерно железа обволакивается изолирующим слоем; затем этой тестообразной



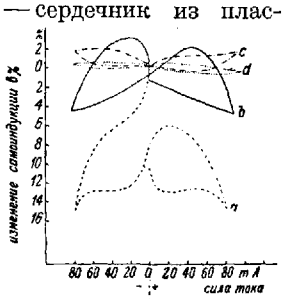
Фиг. 14.

массе придают желаемую форму под прессом. Изготовленные таким образом сердечники выдерживают на изгиб 2 *кг/мм*². На фиг. 14, 15 и 16 даны сравнительные данные, характеризующие пупиновские катушки с различными сердечниками. (На фиг. 14 дана зависимость потерь в железе от ω для различных типов сердечника: *a*—из пластин, *b*—из проволок, *c*—из прессованного порошка. На фиг. 15—

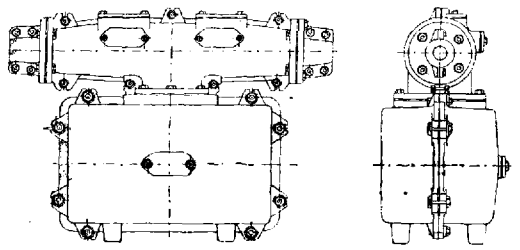


Фиг. 15.

изменение самоиндукции в зависимости от постоянного тока после предварительного намагничивания: *a* — сердечник из пластин, *b*—из железной проволоки, *c*—из проволоки, представляющей сплав железа с силицием, *d*—из прессованного порошка. Фиг. 16 — изменение самоиндукции в зависимости от силы тока: значения *a*, *b*, *c*, *d* те же, что и на фиг. 15; измерение самоиндукции производится при наличии тока в катушке.) Катушки помещаются в специальном ящике (фиг. 17), размеры которого конечно различны и зависят от числа катушек,



Фиг. 16.


Фиг. 17.

требуемых той или иной конструкцией кабеля. Перед помещением в ящик катушки заключаются в цинковую, наглухо запаянную коробку. В табл. 2 приведены электрич. данные употребляемых катушек.

Лит.: Юрьев М. Ю., Телефонирование по кабелю на далекое расстояние, М., 1927; его же, Первый пупинизированный кабель в СССР, «Научно-технический сборник НКПиТ», М., 1929, *4—5*; его же, Теория телефонной передачи, М., 1931; его же, Теория телефонных цепей, Москва, 1925; его же, О выборе типа пупинизированного кабеля для СССР, «Научно-технический сборник НКПиТ», М., 1928, *1*; Breisig F., The retische Telegraphie, 2 Aufl., Brschw., 1924; Campbell A., «The Philosophical Magazine», L., 1903, series 6; Dechmen K., Fernkabel u. Spulen im deutschen Fernkabelnetz, «Das Fernkabel», B., H. 7, p. 28; Dolezalek F. und Ebeling, Untersuchungen über telephonische Fernleitungen Pupinschen Systems, «ETZ», 1910, p. 1059; Ebeling, Fernkabel u. Verstärkung, ibid., 1921, p. 873; Engelhardt V., Fernkabeltelephonie, Berlin, 1927; Lüschen P., Berechnung von Fernsprechleitungen, «Telegraphen- u. Fernsprechtechnik», B., 1919, p. 81; Lüschen P., Ueber die Berechnung v. Pupin-, Doppel- und Viererleitungen, ibid., 1918, p. 185; «ETZ», 1923, p. 35; Fondiller W. u. Martin W. H., Hysteresis Effects with Varying Superposed Magnetising Forces, «JAIEE», 1921, p. 443; Speed and Elmen G. W., Magnetic Properties of Compressed Powdered, ibid., 1921, p. 596; Ehlers W., Pupinspulen mit Massekernen, «Elektrische Nachrichtentechnik», B., 1925, H. 5, p. 121; Ehlers W. u. Falkenberg F., Ueber die Wirkung des Pressdrucks auf die Eigenschaften von Massekernen für Pupinspulen, ibid., 1926, p. 281; Heaviside O., Electromagnetic Theory, v. 1, p. 445, L., 1922; Pupin M. K., «Transactions of the American Institute of Electric. Eng.», v. 17, p. 445; Campbell A., «The Philosophical Magazine», 1903, v. 5, series 6, p. 313; Ebeling, «ETZ», 1907; Gherardi, «Trans. of the American Institute of Electric. Eng.», 1911, v. 30, p. 1743; Jordan, «ETZ», 1918, p. 61; Wagner K. W., «Archiv für Elektr.», B., 1919, v. 8, p. 62; Carson J., «Trans. of the American Institute of Electric. Eng.», N. Y., 1918, p. 345; Meyer, «Ztschr. für techn. Physik», Lpz., 1921, v. 2, p. 306; Küpfmüller K., «Telegraphen Fernsprechtechnik», B., 1922, p. 45; Lüschen F. u. Küpfmüller K., «Eur. päischer Fernsprechdienst», B., 1927, v. 4, p. 10; Klein M., Kabeltechnik. Die Theorie, Berechnung u. Herstellung d. elektrischen Kabels, 1929; Compte rendu des travaux de l'assemblée plénière du Comité Consultatif International des communications téléphoniques a grande distance, P., 1910, t. 4; Winzheimer R., Ueber Tragungstechnik, Mch., 1929; Hil J. C., La transmission téléphonique, P., 1924.

М. Юрьев.

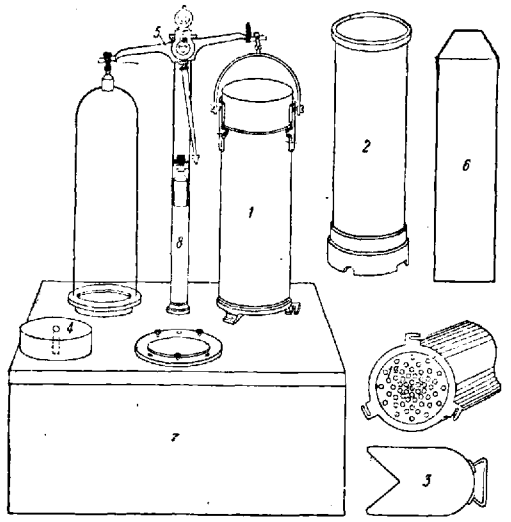
ПУРКА, хлебные весы, прибор для определения натуры (Qualität) зерна, семян. П. состоит из весового прибора, мерки, в объеме которой определяется вес испытуемого зерна, воронки с подвижным дном, через которую производится насыпка зерна в мерку, и гребла, или ножа, для удаления излишка зерна в мерке (горки). Чем больший вес получен при испытании зерна, насыпанного в одну и ту же мерку определенного объема (вместимости), тем выше следовательно натура такого зерна, а это означает, что в испытанном зерне содержится большее количество питательных веществ. Т. о. натуру зерна узнают, определив вес его в определенном установленном законом объеме. В СССР натура зерна определяется метрич. П. и выражается числом *г* зерна чистой пшеницы, ржи и т. д., вмещающейся в мерку, объем которой равен 1 *л*. Согласно утвержденным техническим правилам допущены в СССР к применению П., изготовляемые по образцу берлинскому, вместимость мерок к-рых 1 *л*, 0,25 *л* и 20 *л*. При пользовании П. $^1/_4$-*л* или 20-*л* следует полученные показания их в *кг* (20-*л*) и в *г* ($^1/_4$-*л*) переводить на законные показания литровой П. по специальным переводным таблицам, издаваемым Главной палатой мер и весов по согласованию с Гос. хлебной инспекцией.

П. литровая и $^1/_4$-*л* имеют следующие основные части (фиг.): мерку *1*, дно которой имеет ряд отверстий для удаления воздуха, вытесняемого падающим грузом и зерном; для прочной установки мерки она снабжается на дне тремя крючками-захватами; цилиндрич. формы наполнитель *2*, надеваемый на верхний край мерки; нож *3*; падающий груз *4* в форме цилиндрич. коробки; весы точные *5* подъемной силы до 5 *кг* (для 1-*л*) и до 1 *кг* (для $^1/_4$-*л*) с чашкой и комплектами точных гирь; цилиндр *6* для насыпания зерна, закрывающийся воронкой с отверстием; укладочный ящик *7* с завинчиваемой в него подставкой *8*, на которой подвешивается коромысло весов. См. ОСТ 281.

Определение натуры зерна—см. ОСТ 282.

П. 20-*л* состоит из следующих частей: 1) меры в 20 *л*, 2) наполнителя, 3) воронки

с регулятором и заслонкой, закрепленной на раме, 4) ножа, 5) коромысла весов до 50 *кг*, установленного на колонке, связанной с рамой и 6) разновеса от 10 *кг* до 1 *г*. При поверке 20-*л* П. должны удовлетворять сле-



дующему: а) среднее показание из 5 определений веса чистой пшеницы, натура к-рой определена 20-*л* П. поверочного учреждения, не должно отличаться от этой натуры более чем на 20 *г*; б) отдельные показания данной П. не отличаются от среднего из 5 определений более чем на 40 *г*.

Определение натуры зерна 20-*л* П. состоит из следующихопераций: 1) поверка установки прибора, 2) насыпание зерна, 3) удаление излишка зерна, 4) взвешивание зерна.

Герм. модель П. системы Шоппера 1928 г. вводит высокую степень автоматизации и размеренности. Показания таких П. в лабораторных условиях весьма точны и однообразны. В СССР пурки берлинского образца 1-*л* и $^1/_4$-*л* изготовляются з-дом «Метрон» треста Точной механики в Москве и харьковским Металлопромкомбинатом. В 1930 г. было выпущено в обращение метрич. П. более 14 000 шт. В 1931 г. таких П. было в работе более 35 000 шт. Трудности применения П. указанного образца (прибора лабораторного): большая затрата времени на определение натуры с помощью П., отсутствие навыка в пользовании ею, высокая ее стоимость, тяжелые метеорологич. условия при эксплоатации П. в первичной заготовительной сети (холод на сев. Европ. части СССР и жара на юге) не позволяют остановиться на берлинской П. как на стандарте при заготовке хлеба. Это особенно сказывается, когда необходимо произвести определение веса обмолоченного зерна и его качества—«натуры»—здесь же, на месте обмолота. С 1929 г. (в СССР) идет проработка вопроса и ведутся опыты по установлению упрощенной П. с тем однако, чтобы наряду с упрощенной П. имела официальное применение и вышеописанная 20-*л* П. Берлинская П. явилась видоизменением голландской П., называемой также амстердамской, гамбургской, рижской. Раньше р и ж с к а я П. имела большое распространение в Союзе, но т. к. удаление излишка зерна в мерке рижской П. было не механизировано и давало широкий простор усмотрению приемщика при определении с помощью ее натуры испытуемого зерна, то рижская П. к настоящему времени повсюду изъята из употребления. Лучшей по сравнению с последней была П. в е н с к а я (по Габерланду). В ней воронка для засыпки зерна в мерку и гребло помещены на общей стойке, а объем мерки 1 *л*. Более удобной в обращении была г е р м а н с к а я к о м б и н и р о в а н н а я П.; эта П. имела взамен равноплечего коромысла циферблатные весы (квадрант): на дугообразной шкале их легко и скоро отсчитывается объемный вес испытуемого зерна.

В северной Германии, как и в СССР, натура выражается весом 1 *л* зерна в *г*. В ряде европ. стран (Австрия, Италия, Франция, Бельгия и др.) о натуре зерна судят по весу 1 *гл* зерна в *кг*, в Англии—по весу бушеля в англ. фн., в США—по весу америк. бушеля зерна в англ. фн.—применяют так наз. а м е р и к а н с к у ю П. двух типов: п е р е н о с н у ю, с ручным безменом, весьма просто сконструированную, и с т а ц и о н а р н у ю, со штативом, на котором подвешивается безмен и укрепляется воронка для засыпки зерна в мерку. Объем мерки 1 кварта (~1,14 *л*). Деления безмена (шкала) указывают вес испытуемого образца зерна, вес зерна в объеме бушеля и потери зерна (в %) при его очистке от подмесей. Стационарная америк. П. применяется зерновыми элеваторами, зерновыми биржами и отвечает установленным министерством агрикультуры США требованиям. По заключению специалистов америк. П. дает возможность производить каждое определение натуры зерна при однообразных условиях. Аналогично мнение специалистов Гос. хлебной инспекции СССР. Надо отметить, что многочисленные опыты по определению натуры зерна показали, что для установления натуры данной культуры зерна (основной или второстепенной) с помощью П. следует произвести не менее двух определений этой натуры.

Менделеев правильно рассматривал определение П. натуры зерна, его качества, как несовершенный способ. В особенности это очевидно, когда мерка П. вмещает малое количество испытуемого зерна, например в $^1/_4$-*л* П. Близкое к действительности суждение о качестве зерна (хлебных культур) может дать только подробный анализ зерна, показывающий не только количество посторонних подмесей в зерне и их качество, но также и степень влажности испытуемого зерна, и указывающий содержание в зерне питательных начал (белковых и крахмалистых), ибо лишь эти последние определяют истинное качество зерна и его ценность с нужной точностью. Чем в большем объеме взято взвешиваемое в мерке зерно, тем бо́льшая вероятность наиболее правильного определения натуры. При быстрой засыпке зерна в мерку отдельные зерна укладываются неправильно, образуются пустоты, которые в дальнейшем м. б. заполнены в случае толчков, но могут и не быть заполненными—все зависит от случайных обстоятельств.

У д а л е н и е и з б ы т к а з е р н а в м е р к е. Эта операция производится в достаточно однообразных условиях в П. берлинско-

го образца и в различных условиях в П. рижской и американской. Заметно отражается на плотности укладки зерен степень их влажности. Набухшие от влаги зерна занимают больший объем, и плотность укладки их уменьшается; при этом увеличение объема зерен сказывается в большей степени, нежели накопление в них влаги. Чем более тяжеловесно зерно, тем плотнее его укладка. Удельная масса зерна растет по мере увеличения содержания в нем азотистых веществ. И самый надежный способ определения качества зерна мог бы состоять в разрешении вопроса об его удельной массе.

А. К. Семенов (1928 г.) сконструировал П., в к-рой о натуре зерна можно заключать по объему, занимаемому зерном, взятым в количестве 1 *кг*. Для определения качества зерна выдвигалось большое число способов, но всеобщее распространение получил способ, основанный на определении веса зерна в определенном, сравнительно небольшом объеме. Но назначение пурки не в том, чтобы переходить от счета на вес к счету на объем или обратно, а в том, чтобы судить до нек-рой степени точности о качестве зерна. Неравномерность партий зерна не дает возможности применения здесь точных приемов анализа. В то же время потребность в однообразной классификации по сортам разных родов зерна всего проще м. б. достигнута и достигается установлением повсюду определения объемного веса зерна—натуры—прибором, рационально построенным и одинаковым для контрагентов. Таким прибором до настоящего времени и являются П. (литровая и 20-*л* берлинского образца для большинства европ. стран и П. американская, применяемая в США).

Имеются еще до наст. времени предложения определять качество зерна путем установления веса 1 000 зерен, взятых из испытуемой партии зерна, т. н. определение «веса абсолютного», или путем счета числа зерен, содержащихся в определенном числе *г* зерна.

В СССР изготовление П. неустановленных систем и ввоз из-за границы неметрич. П. воспрещены. Начиная с 1931 г. и применение бывших ранее в обращении неметрич. П. прекращено. Для исчисления б о н и ф и к а ц и й и р е ф а к ц и й в качестве измерительной единицы установлены 5 *г* зерна по литровой П. описанного образца. Расценочной на зерно единицей указан 1 метрич. *ц*.

Лит.: Д о б р о х о т о в А. Н., Пурка, «Энцикл. словарь Брокгауза и Эфрона», полутм 50, СПБ, 1898; С о л о н е н к о М., Полная энциклопедия русск. сел. х-ва, т. 7, СПБ, 1902; С е м е н о в А. К., «Поверочное дело», Л., 1929, *26*; 1929—1930, *2—3*; Д о б р о х о т о в А. Н., Определение качеств зерна, «Вестник стандартизации», М., 1928, *5—6*; е г о ж е, Исследование пурок (хлебных весов), «Временник Главной палаты мер и весов», СПБ, 1906, ч. 4, 1910, ч. 8; М е н д е л е е в Д. И., Исследование пурки (хлебных весов), там же, СПБ, 1899, вып. 4, стр. 38; ВСНХ СССР, Приказ № 587, 16/III 1925, «Поверочное дело», Л., 1925, *2(3)*; ВСНХ СССР, Приказ № 447, 5/III 1926, Об изменении понятия «натура», ОСТ 281 и 282; Проект ОСТ'а на 1-*л* и 1/4-*л* пурки; ВСНХ СССР, Приказ № 654, 19/IV 1927, «Поверочное дело», Ленинград, 1927, *3(10)*, стр. 23; Ф е р б е н к с, Зерновые и мучные весы, Каталог амер. ик. фирмы Фербенкс; Табл. для взаимного перевода показаний пур к литровой, 1/4-*л*, 20-*л* и золотниковой, 3 изд., М.—Л., 1930; Таблицы иллюстрированные. Пурки 1-*л* и 1/4-*л*, М., 1930; S e m e n o v A. K., Quelques considérations sur la methode des comparaisons des indications des balances à grains à verifier avec celles de balance à grains étalon, «Revue de métrologie pratique, poids et mesures», 1930, *8*.

А. Власов.

ПУСТОТНЫЕ ПРИБОРЫ, приборы, к-рые в процессе их изготовления требуют освобождения их от воздуха; по удалении из них воздуха они иногда наполняются каким-либо газом или паром.

Техника получения высокого вакуума. В виду высоких требований, которые современная техника предъявляет к П. п., получение высокого вакуума является весьма сложной задачей, которая не ограничивается только удалением воздуха с помощью насоса из П. п., но состоит также в удалении газов со стенок прибора, из находящихся в нем металлич. частей и в удалении остатков газа не только с помощью насоса, но химическими и другими методами. Таким образом удается в конце концов получить вакуум порядка 10^{-8}—10^{-9} *мм* Hg. Следующие основные методы применяются для получения высокого вакуума.

1) О т к а ч к а с п о м о щ ь ю н а с о с а. Эффект, даваемый этим процессом зависит от качества насоса (см. *Вакуум*). Водоструйные насосы дают разрежение, соответствующее давлению водяного пара при той $t°$, при к-рой происходит откачка, а при применении осушающих средств и несколько большее. Так, при комнатной $t°$ и достаточном напоре воды получается вакуум порядка 20—15 *мм* Hg, к-рый удается, конденсируя водяной пар, повысить до 10 и даже 5 *мм* Hg. Масляные насосы дают разрежение, отвечающее плотности паров масла при данной $t°$, поэтому при применении масла хорошего качества с малым давлением паров возможно получить разрежение до 0,001 *мм* Hg. Практически масляные насосы дают легко разрежение около 0,1—0,01 *мм* и в этом случае они вполне пригодны как насосы предварительного разрежения для получения форвакуума для других насосов, дающих более совершенное разрежение. При применении двойных и тройных насосов, как они строятся различными фирмами, и в практич. работе (даже после длительного употребления) можно от масляных насосов иметь разрежение до 0,001 *мм* Hg. Улучшение их работы происходит в этом случае потому, что при последовательном соединении насосов второй и третий насосы выталкивают откаченный воздух не в атмосферу, а в форвакуум, созданный работою предшествующего насоса. Наконец наиболее совершенное разрежение дают ртутные насосы, имеющие весьма большое количество систем, разработанных за долгое время существования ртутных насосов. Из них в настоящее время почти исключительно применяются конденсационные ртутные насосы Лангмюра и Геде, в к-рых м. б. получено теоретически какое угодно высокое разрежение. Однако ряд побочных обстоятельств (окклюдированные на стенках сосудов газы и нек-рые другие) ставят предел для высоты разрежения, к-рый в настоящее время м. б. доведен до 10^{-6}—10^{-7} *мм* Hg. Получение высоких разрежений такого порядка возможно также и без ртути с помощью молекулярных насосов, работающих на принципе увлечения газа быстро двигающейся поверхностью вращающегося барабана. Эти насосы, разработанные Геде и Гольвегом, особенно пригодны в тех случаях, когда нельзя вводить пары ртути в откачиваемый сосуд. Т. к. насосы, дающие наиболее высокий вакуум, могут работать

только от форвакуума, т. е. откачивать газ не в атмосферу, а только в пространство, уже предварительно разреженное (форвакуум), то для получения высокого вакуума обычно применяют цепь насосов, из к-рых первый создает только форвакуум, и лишь последующие насосы, пользуясь этим форвакуумом, создают окончательное разрежение. В качестве форвакуумных насосов обычно применяют масляные насосы, а в качестве дающих высокий вакуум—ртутные конденсационные насосы или молекулярные.

2) Освобождение от газа при помощи нагревания. а) Обезгаживание стекла. Тот высокий вакуум, который способны давать современные насосы и другие методы откачки, не будет сохраняться в П. п. после отпайки его с насоса, если стенки прибора и находящиеся внутри его части не будут также подвергнуты специальной обработке, имеющей целью освободить от газов как стенки, так и внутренние части П. п. Этот процесс, к-рый на технич. языке носит название обезгаживания прибора, необходим потому, что все предметы, находившиеся нек-рое время в атмосфере, покрываются плотным слоем поглощенного (окклюдированного) ими газа. Этот слой в виде тонкой и весьма плотной пленки очень прочно пристает к поверхности тела; даже если поверхность тела, покрытая окклюдированным газом, находится в вакууме, то газ очень медленно (и следовательно весьма продолжительное время) будет с поверхности диффундировать в вакуум и портить полученное разрежение. Т. к. количество газа, к-рое бывает поглощено стеклом и металлами на их поверхности и растворено внутри их, весьма велико, то без предварительного обезгаживания всех частей П. п. сохранение в нем высокого вакуума совершенно невозможно. Основным методом обработки П. п. с целью его обезгаживания является его прогрев до 450° т. к. при этой $t°$ стеклянные стенки П. п. почти полностью отдают свой газ, окклюдированный ими во время пребывания при атмосферном давлении. Этот прогрев производится при помощи печей газовых или электрических, в к-рые помещается П. п. во время откачки. Повышение $t°$ выше 450° нецелесообразно, т. к. выше этой $t°$ может происходить постоянное выделение газа из стекла вследствие его разложения. Однако эта $t°$ является далеко не достаточной для выделения всех газов, окклюдированных металлич. частями прибора. Металлы поглощают газы в весьма большом количестве, причем эти газы не только окклюдируются на поверхности, но и очень значительно растворяются внутри металла. Обратная отдача газа металлами происходит только при $t°$ красного и желтого каления, т. е. 600—1 000°. Т. к. стекло не выдерживает таких высоких $t°$ без размягчения, то прогрев металлич. частей приходится вести другими способами.

б) Обезгаживание металлов. Для прогрева металлич. частей применяются такие методы, к-рые дают возможность вести местное нагревание только одних металлич. частей, не разогревая оболочки П. п. Прежде всего, металлич. части до запайки или заделки их в П. п. довольно часто подвергаются предварительной обработке прокаливанием их в атмосфере водорода в водородных печах и прокаливанием их в вакууме в вакуумных печах. Первая операция имеет то значение, что при прокалке в водороде поверхность металла восстанавливается от окиси, обычно ее покрывающей, а также такая обработка облегчает дальнейшее освобождение от газа, т. к. водород большинством металлов отдается легче, чем другие газы. Вторая операция позволяет произвести предварительное освобождение металла от газа, вследствие чего окончательное освобождение от газа, когда металлич. части находятся в П. п., происходит значительно скорее, т. к. в промежуток времени, к-рый проходит между первым обезгаживанием и вторым, металлич. части не успевают поглотить большое количество газа. Окончательное обезгаживание металлич. частей происходит во время откачки путем их нагревания, к-рое может вестись несколькими способами. Один из наиболее употребительных методов есть метод индукционной печи высокой частоты (см. *Электрические печи*). П. п., напр. электронная лампа, вставляется в катушку самоиндукции, сделанную из плоской толстой ленты, по к-рой проходит сильный высокочастотный ток. Сама катушка вследствие малого сопротивления греется сравнительно слабо, но в находящихся внутри ее металлич. частях возбуждаются сильные индукционные токи, к-рые могут разогреть металлич. части добела, что дает возможность в короткое время произвести полное обезгаживание накаленного металла. Другой метод состоит в нагреве металлич. частей электронной бомбардировкой. Он значительно менее универсален, так как м. б. применен только в тех приборах, где имеется накаленный катод, к-рый м. б. использован как источник электронов, необходимый для бомбардировки металлич. частей, служащих в этом случае анодом.

3) Химические методы откачки. После обезгаживания всего П. п. и откачки его до предельного разрежения, к-рое дается насосом данного типа, процесс откачки все-таки еще не может считаться законченным, если требуется получить в приборе наиболее совершенную пустоту. В таком случае приходится применять т. н. химич. методы откачки, к-рые дают возможность связать остатки газа с каким-либо твердым телом, называемым геттером. В качестве геттера могут применяться фосфор и щелочные и щелочноземельные металлы, которые имеют весьма большое сродство к кислороду и азоту. Практически обычно используют магний как металл, к-рый в холодном состоянии не окисляется и обращение с к-рым поэтому особенно просто по сравнению с натрием, калием или кальцием. Самый процесс поглощения газа производится обычно следующим способом. Небольшой кусочек ленты магния ок. 0,01 г прикрепляют к металлич. части прибора, к-рая м. б. при помощи индукционной печи или электронной бомбардировкой нагрета до $t°$ испарения магния. Эту часть прибора во время откачки не отжигают и прибор сначала отпаивают от насоса. После этого магний одним из указанных методов доводится до испарения. Пары магния при этом соединяются с остатками газа в приборе и с теми газами, к-рые выделяются из нагретого металла, к к-рому был прикреплен магний. Это поглощение газов магнием идет

интенсивно только тогда, когда газ находится в состоянии ионизации, для чего следует между электродами, впаянными в прибор, наложить разность потенциалов, достаточную для ионизации остатков газа (порядка нескольких десятков или ста V). Парообразный магний осаждается на холодных частях прибора в виде зеркального налета, связывая весь газ, бывший в приборе. Еще более интенсивно поглощает газ распыленный кальций, а также щелочные металлы, но обращение с ними менее удобно. Наконец очень большим сродством к азоту обладают металлы группы редких земель, напр. церий, торий и цирконий, и потому нагретые до красного каления они служат прекрасными поглотителями азота внутри П. п. Там, где не требуется чрезмерно высокого вакуума, напр. в лампах накаливания, и где зеркальный налет магния не может быть допущен, применяется геттер, содержащий фосфор.

4) Поглощение газов адсорбирующими средствами при низких $t°$. Одним из методов получения весьма высокого вакуума является поглощение остатков газа древесным углем при низких $t°$. Благодаря пористости угля его активная поверхность очень велика, и количество поглощенных им газов может в несколько сот раз превосходить объем самого угля. Для того чтобы это поглощение действительно происходило, необходимо сначала уголь определенным образом обработать, или активировать. Для этой цели достаточно нагревать уголь в вакууме до $t°$ ок. 500° столько времени, пока не прекратится заметное выделение ранее поглощенных им газов. Обычно небольшая пробирка с углем припаивается к прибору, в к-ром необходимо получить высокий вакуум, и уголь активируется путем предварительного прогрева. После этого прибор отпаивают от насоса. Пробирку с углем погружают в жидкий воздух, вследствие чего уголь адсорбирует остатки газа, находившегося в приборе. После этого пробирку с углем отпаивают от прибора. Этим методом можно получить вакуум не менее высокий, чем другими способами, описанными выше. Особенно хорошей адсорбирующей способностью обладает уголь кокосового ореха. Все указанные средства обезгаживания применяются не только при производстве собственно П. п., но и при производстве приборов, к-рые затем будут наполнены каким-либо разреженным газом. Это необходимо потому, что для наполнения их применяют почти исключительно инертные газы (аргон, неон, гелий, криптон и ксенон), электрич. свойства к-рых могут весьма сильно меняться от ничтожных примесей активных газов—кислорода, азота, углекислоты и др., даже если они подмешаны в количестве 0,01—0,1%. Поэтому тщательное обезгаживание бывает иногда еще более необходимо при изготовлении газонаполненного прибора, чем пустотного.

Классификация и области применения П. п. В настоящее время П. п. используются в самых разнообразных областях техники, сообразно с чем их конструкция, а также цели и задачи, для к-рых они строятся, настолько разнообразны, что трудно установить какую-нибудь единую классификацию для всех П. п. в целом. Поэтому прежде всего П. п. целесообразно распределить по тем областям техники, которые ими обслуживаются. В этом отношении можно наметить три больших раздела, которые охватывают собою все разнообразие П. п. и в то же время проводят между ними достаточно четкие грани. Первая область—П. п. электротехнические, включая сюда и П. п. радиотехнические. Цель этих П. п. давать тот или иной эффект в области электрич. тока или напряжения, напр. преобразовывать постоянный ток в переменный, генерировать токи высокой частоты, преобразовывать световую энергию в электрический ток, управлять с помощью малых мощностей большими мощностями и т. д. Вторая область—П. п. светотехнические; их за ача давать свет для освещения, для сигнализации, для декоративных целей и т. п. Наконец третья область—П. п. медицинские и биологические, цель которых—воздействовать на организм человека, животных или растений или вызывать химич. реакции также и в неорганич. веществе. Правда, в последнюю рубрику входят нек-рые П. п., к-рые используются как в электротехнике, так и в светотехнике, напр. трубки Рентгена или нек-рые источники света, однако конструкции их в этих случаях часто бывает различной. Существуют еще П. п., к-рые находят свое применение только в научных исследованиях, однако таких приборов сравнительно немного, и чаще всего они не представляют чего-либо неизменного, строго зафиксированного; с другой стороны, т. к. для научных исследований применяются все П. п., то этот признак не представляет чего-либо характерного с точки зрения конструкции П. п. В электро- и радиотехнике находят широкое применение пустотные *выпрямители* (см.) ртутные, газовые и собственно пустотные, или *кенотроны* (см.). При этом ртутные выпрямители строятся от самых малых мощностей до десятков тысяч kW. Их назначение выпрямлять переменный ток, т. е. преобразовывать его в пульсирующий ток одного направления. Особенно широко П. п. пользуется радиотехника, к-рая применяет электронные (катодные) лампы (см. *Лампа электронная*) для целей приема (детекторные лампы), усиления (усилительные лампы) и генерации токов высокой частоты (генераторные лампы). В электро- и радиотехнике находит большое применение П. п., называемые *реле* (см.). Их цель реагировать на очень слабые токи или напряжения и замыкать или размыкать ток в другой цепи, в которой течет ток значительно более сильный. Такие П. п. применяются для управления на расстоянии как по проводам, так и по радио. Пустотные реле бывают вакуумные и наполненные разреженным газом. Наконец из электротехнич. П. п. назовем еще *фотоэлемент* (см.), к-рый применяется для решения таких технич. задач, как передача изображений на расстоянии, телевидение, звуковое кино, сортировка темных и светлых предметов (напр. сортировка фасоли по цвету) и т. д. К светотехнич. П. п. относятся лампы накаливания пустотные и газонаполненные (см. *Лампы электрические*). Последние наполняются азотом, аргоном или их смесью до давления ок. 0,6 *atm*. Все более развивающуюся область светотехнич. П. п. представляют т. н. газо- и паросветовые трубки. Эти П. п. представляют собою развитие трубок Гейслера. В настоящее время они наполняются разреженными инертными газами или парами ртути, натрия, таллия, кадмия, магния и др. Пропуская через такие трубки, снабженные накаленным катодом, сильные электрич. токи, мы получаем от них весьма интенсивное свечение различных цветов, которое обещает быть значительно более экономичным, чем то, которое мы получаем от лампы накаливания. В нек-рых случаях (натровая лампа Пирани в криптоне) можно получить кпд, близкий к 70% вместо 2—3%, даваемых лампами накаливания. Сюда же относятся ртутные дуги, применяемые в кинотехнике, богатые ультрафиолетовыми лучами и потому облегчающие фотографирование. Смешивая газосветовые трубки, дающие свет различных цветов, мы можем весьма удачно воспроизводить эффект дневного или солнечного света. К медицинским П. п. прежде всего относится трубка Рентгена, применение к-рой в медицине общеизвестно (см. *Рентгеновские трубки*). В последнее время она все шире распространяется так же, как технические П. п. для изучения материалов (просвечивание, с одной стороны, и структурный анализ—с другой). Все бо́льшую роль начинает играть в медицине богатая ультрафиолетовыми лучами ртутная *кварцевая лампа* (см.), горное солнце как лечебное средство и как источник, убивающий бактерии, озонирующий воздух и потому применяемый в санитарно-гигиенич. технике.

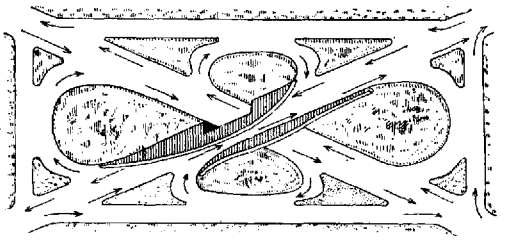
Все перечисленные выше П. п. могут быть разделены на две большие группы: собственно П. п. и приборы газонаполненные. В первых мы имеем гл. обр. электронные токи, во вторых главное значение имеют ионные токи, хотя электронные токи в них также присутствуют, поэтому первые м. б. названы электронными П. п., вторые—ионными. К электронным П. п. (с высоким вакуумом) относятся кенотроны, электронные лампы, ретгеновские трубки, некоторые типы фотоэлементов, вакуумные лампы накаливания. К ионным газонаполненным приборам относятся выпрямители ртутные и газовые, газонаполненные лампы накаливания, газосветные трубки, ртутные кварцевые лампы, газовые реле, нек-рые типы фотоэлементов. Далее как электронные, так и ионные П. п.

можно подразделить на П. п. с накаленным катодом и с холодным катодом, напр. среди электронных П. п. электронные лампы и кенотроны имеют накаленный катод, рентгеновские трубки строятся как с холодным, так и с накаленным катодом, а фотоэлементы имеют холодный катод. Среди ионных П. п. газовые выпрямители, газовые реле, фотоэлементы и нек-рые типы газосветных трубок имеют холодный катод, другие типы газосветных трубок имеют накаленный катод, и наконец ртутные выпрямители и ртутные кварцевые дуги мы должны отнести к приборам также с накаленным катодом, только высокая t^0 катода получается в них не вследствие искусственного подогрева, а вследствие механизма самого разряда. Присутствие в П. п. накаленного катода, а также других накаленных частей имеет в производственном отношении большое значение, т. к. заставляет такого рода П. п. обезгаживать особенно тщательно.

Лит.: Дюнуайе Л., Техника высокого вакуума, Москва—Ленинград, 1931 (приложена обширная библиография); см. также *Вакуум, Выпрямители, Кварцевая лампа, Кенотрон, Лампа электронная, Лампы электрические, Реле, Рентгеновские трубки, Фотоэлемент.*

В. Романов.

ПУТЕПРОВОДЫ, мосты, устраиваемые в местах пересечения сухопутных дорог. В соответствии с назначением путей, проходящих по мосту и под мостом, можно различать следующие виды П.: 1) под ж. д. через другую железную или автогужевую дорогу, 2) под автогужевую дорогу через железную или автогужевую. К П. в широком смысле можно отнести и пешеходные мостики над путями ж. д. В виду того, что П. представляют собой частный случай мостов, конструкция их мало чем отличается от обычной мостовой конструкции (см. *Деревянные мосты, Железобетонные мосты, Каменные мосты, Металлические мосты*). Однако выбор конструкции и системы П. определяется теми особыми требованиями, которые предъявляются к П. и выделяют их в особый вид мостов. Эти требования в свою очередь зависят от местных условий пересечения путей. Путепроводы под железную дорогу через железную дорогу приходится устраивать преимущественно около крупных жел.-дор. узлов, где сходятся несколько ж.-д. линий (напр. Москва, Ленинград, Харьков), а также при устройстве крупных сортировочных станций. Продольный профиль пути, проходящего по П., зависит от высоты последнего и подходов к нему. Для улучшения профиля необходимо высоту П. делать по возможности наименьшей. Пересечение ж. д. с автогужевой в разных уровнях при помощи П. производится обычно проведением автогужевой дороги поверху, а железной понизу. Такое расположение целесообразно потому, что, во-первых, пролетное строение под автогужевую дорогу получается легче и дешевле, чем под железную, а, во-вторых, благодаря большим допускаемым уклонам подходы к П. для автогужевой дороги устраиваются дешевле и проще, чем для ж. д., и эксплоатационных затруднений от переломов продольного профиля меньше. Исключение из этого общего правила представляют городские П., когда приходится проводить ж. д. над улицами. Так же как и в ж.-д. П., здесь в большинстве случаев основным является требование наименьшей высоты П. Пересечение двух автогужевых дорог обычно происходит на одном уровне, однако в последнее время в связи с развитием автомобильного движения устройство П. в местах пересечения двух автогужевых дорог становится необходимостью. Для тяжелого и интенсивного автомобильного движения с большими скоростями устраиваются особые магистрали, называемые а в т о с т р а д а м и. Пересечение одной автострады с другой или с обычной автогужевой дорогой не может производиться в одном уровне во избежание катастроф с экипажами. В таких случаях устраиваются П., подходы к к-рым располагаются так, что возможно и пересечение путей и переход с одного пути на другой



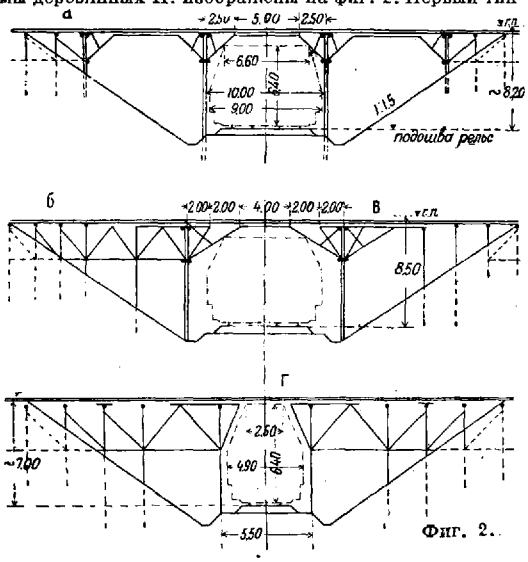
Фиг. 1.

без скрещивания автомобилей (фиг. 1). Очевидно и здесь основным является требование наименьшей высоты П. Кроме автострад устройство шоссейных или уличных П. встречается также в городах при подходе к высоким мостам через судоходные реки, однако эти случаи достаточно редки.

Из всего изложенного ясно, что типичным устройством П. для настоящего времени будет то, когда внизу проходит ж. д., а над ней тоже железная или автогужевая дорога, причем нижняя ж. д. двухпутная, т. к. если она в момент постройки имеет один путь, то П. часто устраивают сразу для двух путей с тем, чтобы не переделывать его впоследствии. Наименьшая возможная высота П. является характерным признаком, отличающим П. от других видов мостов малых пролетов. Для последних высота задается трассой дороги, в то время как для П., наоборот, профиль дороги зависит от высоты подходов. В отдельных частных случаях, когда одна из пересекающихся дорог проходит в глубокой выемке или по большой насыпи, высота П. определяется не ее минимумом, а разностью отметок дорог. В таких случаях П. теряет свой основной отличительный признак возможной наименьшей высоты и проектируется, как и другие виды мостов. Второе основное требование по отношению к П.— отсутствие промежуточных опор в пределах пересекаемого пути. На перегонах ж. д. расстояние между осями смежных путей, равное 4,1 *м*, не позволяет поставить столб в междупутьи, т. ч. при устройстве промежуточной опоры пришлось бы отклонять пути для обхода быка, что сопряжено и с удорожанием и с эксплоатационными неудобствами. В пределах станций быки П. препятствуют возможной перекладке путей и укладке стрелок. Точно так же постановка быков в пределах шоссе или улицы существенно ухудшает движение по ним. Кроме этих двух основных требований имеет значение для системы и конструкции П. еще и то обстоятельство, что быки не подвергаются действию воды или ледохода и потому м. б. сделаны из любого строительного материала и таких только размеров, какие необходимы для поддержания пролетного строения. По своему расположению в плане П. могут быть прямые, когда дороги пересекаются под прямым углом, и косые, когда этот угол острый. Прямые П. наиболее простые и дешевые; по-

этому к устройству их надо стремиться, если это не сопряжено с большими неудобствами для трассирования дороги.

В качестве материала для П. применяются дерево, железо (сталь), железобетон и камень. Деревянные П. устраиваются преимущественно подкосно-ригельной системы, очертание которой наилучшим образом соответствует габариту приближения строений. Но для соблюдения рационального угла наклона раскосов приходится все же при пересечении двух путей поднимать мост больше, чем требуется по габариту. Схемы деревянных П. изображены на фиг. 2. Первый тип



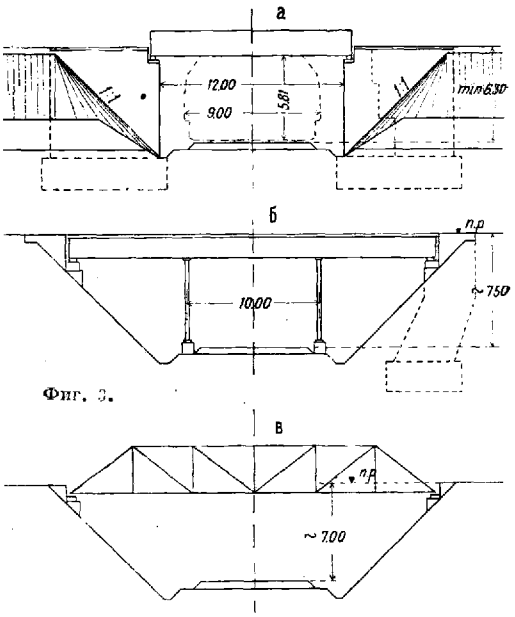
Фиг. 2.

(фиг. 2а) не отличается большой жесткостью благодаря высокому расположению пят подкосов, поэтому применим только для автогужевой дороги. Если же сверху расположена ж. д., то необходимо увеличить жесткость пролетного строения, понижая пяты и переходя к треугольно-подкосной системе в боковых пролетах (фиг. 2б слева). Для автогужевой дороги и при этом типе боковые пролеты могут быть перекрыты подкосно-ригельной системой (фиг. 2в). Высота П., считая от подошвы рельс нижнего пути до уровня проезда верхнего пути, в этих двух типах получается 8,2—8,5 *м*. П. над однопутной ж. д. применяются более жесткой балочно-подкосной системы, дающей наименьшую высоту П. (фиг. 2г). Те же типы деревянных П. применимы и при пересечении автогужевой дороги. Основные размеры П. определяются габаритом проезда. В жел.-дор. П. наименьшая высота просвета по габариту приближения строений назначается 6,4 *м*, ширина просвета 4,9 *м* для одного пути и 9,0 *м* для двух путей. Для пропуска под П. автогужевой дороги наименьшая высота просвета 4,5 *м*, ширина в зависимости от числа автогужевых путей и интенсивности движения по габаритам Цудортранса, а именно: для однопутного движения ширина проезда назначается 4 *м* с двумя предохранительными полосками по бокам по 0,25 *м*; для двухпутного движения в зависимости от различной интенсивности ширина проезда назначается соответственно 4,5 *м*, 5,5 *м*, 6,0 *м* и 6,5 *м* с предохранительными полосками по бокам также по 0,25 *м*. При наличии пешеходного движения устраиваются тротуары шириной по 0,75 *м* для движения одного ряда пешеходов или по 1,5 *м* для двух рядов. Конструкция деревянных П. ничем существенным не отличается от конструкции деревянных мостов.

Различные схемы наиболее употребительных типов металлических П. показаны на фиг. 3. Первый тип (фиг. 3а) с массивными каменными устоями и минимальным отверстием м. б. назван П. туннельного типа. Для уменьшения конструктивной высоты пролетного строения и связанной с ней высоты подходов здесь применяются фермы с ездой понизу, причем наименьшая конструктивная высота получается при применении клепаного волнистого настила (см. *Металлические мосты*). В виду того, что последний требует много железа и неудобен в эксплоатации, в последнее время он заменяется железобетонной плитой между фермами. Массивные устои требуют много материала и значительно удорожают мост; поэтому указанный туннельный тип П. нельзя признать целесообразным. Значительно экономнее П. с трехпролетными неразрезными балками и промежуточными металлическими стойками (фиг. 3б). Наиболее удобно расположение с ездой поверху, но высота подходов при этом получается несколько больше, чем в П. первого типа. Упраздняя промежуточные стойки и сохраняя обсыпные устои, переходим к следующему типу П. (фиг. 3в). Отверстие здесь перекрывается сквозными фермами с ездой понизу. Если число путей под П значительно, например на станциях, то применение сквозных ферм является почти единственным решением вопроса. Указанные типы металлических П. применяются как для железных, так и для автогужевых дорог. Возвышение низа пролетного строения по габариту приближения строений для этих П. должно быть 5,81 *м*, т. е. меньше, чем для деревянных. На автогужевых дорогах размеры габаритов те же, что и для деревянных П. Наиболее распространенными в настоящее время являются железобетонные П., которые в общем повторяют те же типы П., что и металлические. П. туннельного типа (фиг. 4а) получается при минимальном отверстии и устоях с обратными стенками или откосными крыльями, исполненными в виде ребристых плит. Многопролетные П. строят рамной конструкции (фиг. 4б и 4в). Если поверху проходит ж. д., то ригель рамы лучше применять в виде неразрезной балки, как более жесткой (фиг. 4в). Для автогужевой дороги наиболее дешевым является П. с двухконсольной рамой (фиг. 4в). Наравне с рамными П. применяются и арочные. Для автогужевых дорог применяется более легкая конструкция с отдельными арками (фиг. 4г), для ж. д. более целесообразны сплошные или ребристые своды.

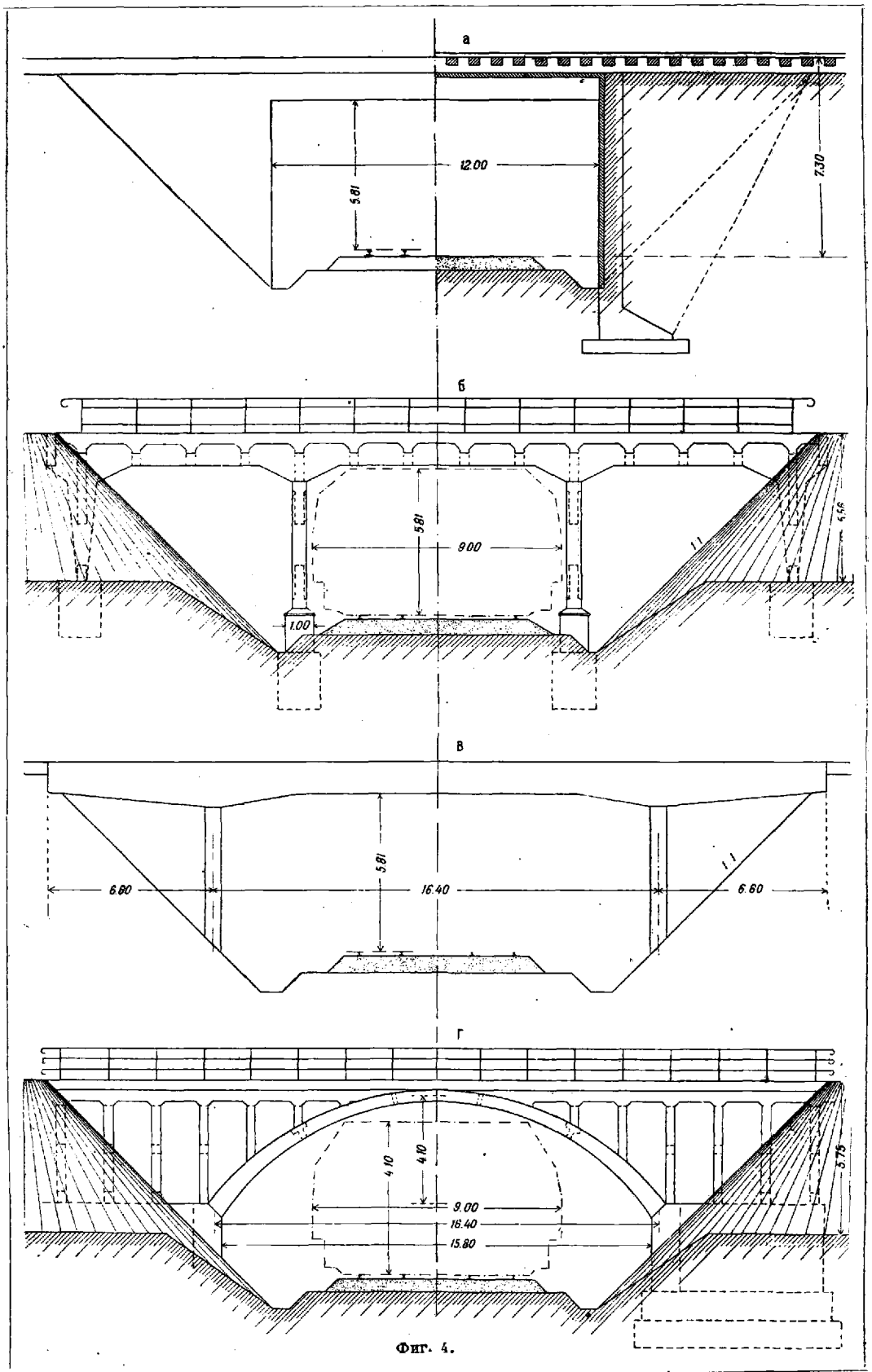
Каменные П. отличаются массивностью и наиболее удобны при пересечениях улиц, т. к. движение по ним поезда не вызывает шума. Примеры таких П. показаны на фиг. 5. Здесь применены в первом случае устои с обратными стенками, во втором—с откосными крыльями. Оба эти вида можно отнести к туннельным П. При применении обсыпных устоев, когда конусы выпускаются в пролет, длина последнего увеличивается. Каменные П. обычно обходятся дороже других и имеют наибольшую конструктивную высоту, т. е. требуют более высоких подходов и поэтому в последнее время применяются редко.

Все рассмотренные случаи П. относятся к прямым пересечениям дорог, однако в крупных ж.-д. узлах, где сходятся несколько дорог, а также на сортировочных станциях проектировать пересечение двух линий под прямым углом не всегда возможно и рационально. Для этого пришлось бы развивать



Фиг. 3.

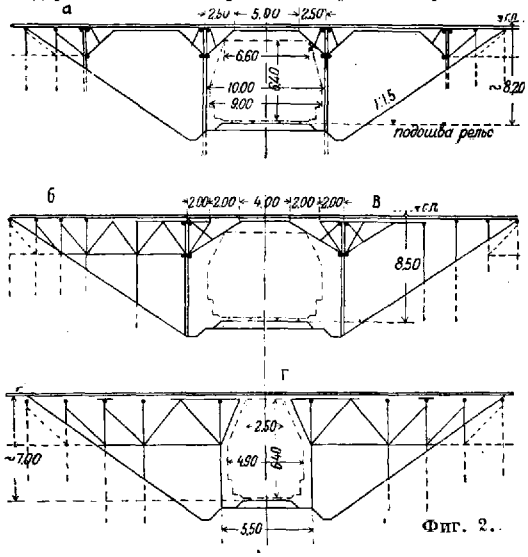
линию, увеличивая пробег поездов. Приходится поэтому оставлять косое пересечение. По техническим условиям 1931 года проектирования магистралей косое пересечение рекомендуется производить под углами косины 15, 20, 30, 45 и 60° с целью использования типовых проектов.


а
12.00
5.81
7.30
б
5.81
9.00
1.00
4.16
1
1
в
5.81
6.80
16.40
6.60
1
1
г
4.10
4.10
5.75
9.00
16.40
15.80

Фиг. 4.

этому к устройству их надо стремиться, если это не сопряжено с большими неудобствами для трассирования дороги.

В качестве материала для П. применяются дерево, железо (сталь), железобетон и камень. Деревянные П. устраиваются преимущественно подкосно-ригельной системы, очертание которой наилучшим образом соответствует габариту приближения строений. Но для соблюдения рационального угла наклона раскосов приходится все же при пересечении двух путей поднимать мост больше, чем требуется по габариту. Схемы деревянных П. изображены на фиг. 2. Первый тип



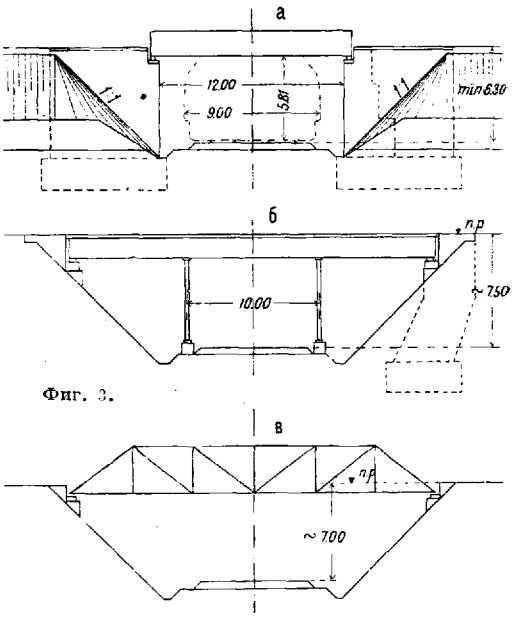
Фиг. 2.

(фиг. 2а) не отличается большой жесткостью благодаря высокому расположению пят подкосов, поэтому применим только для автогужевой дороги. Если же сверху расположена ж. д., то необходимо увеличить жесткость пролетного строения, понижая пяты и переходя к треугольно-подкосной системе в боковых пролетах (фиг. 2б слева). Для автогужевой дороги и при этом типе боковые пролеты могут быть перекрыты подкосно-ригельной системой (фиг. 2в). Высота П., считая от подошвы рельс нижнего пути до уровня проезда верхнего пути, в этих двух типах получается 8,2—8,5 *м*. П. над однопутной ж. д. применяются более жесткой балочно-подкосной системы, дающей наименьшую высоту П. (фиг. 2г). Те же типы деревянных П. применимы и при пересечении автогужевой дороги. Основные размеры П. определяются габаритом проезда. В жел.-дор. П. наименьшая высота просвета по габариту приближения строений назначается 6,4 *м*, ширина просвета 4,9 *м* для одного пути и 9,0 *м* для двух путей. Для пропуска под П. автогужевой дороги наименьшая высота просвета 4,5 *м*, ширина в зависимости от числа автогужевых путей и интенсивности движения по габаритам Цудортранса, а именно: для однопутного движения ширина проезда назначается 4 *м* с двумя предохранительными полосами по бокам по 0,25 *м*; для двухпутного движения в зависимости от различной интенсивности ширина проезда назначается соответственно 4,5 *м*, 5,5 *м*, 6,0 *м* и 6,5 *м* с предохранительными полосами по бокам также по 0,25 *м*. При наличии пешеходного движения устраиваются тротуары шириной по 0,75 *м* для движения одного ряда пешеходов или по 1,5 *м* для двух рядов. Конструкция деревянных П. ничем существенным не отличается от конструкции деревянных мостов.

Различные схемы наиболее употребительных типов металлических П. показаны на фиг. 3. Первый тип (фиг. 3а) с массивными каменными устоями и минимальным отверстием м. б. назван П. туннельного типа. Для уменьшения конструктивной высоты пролетного строения и связанной с ней высоты подходов здесь применяются фермы с ездой понизу, причем наименьшая конструктивная высота получается при применении клепаного волнистого настила (см. *Металлические мосты*). В виду того, что последний требует много железа и неудобен в эксплоатации, в последнее время он заменяется железобетонной плитой между фермами. Массивные устои требуют много материала и значительно удорожают мост; поэтому указанный туннельный тип П. нельзя признать целесообразным. Значительно экономнее П. с трехпролетными неразрезными балками и промежуточными металлическими стойками (фиг. 3б). Наиболее удобно расположение с ездой поверху, но высота подходов при этом получается несколько больше, чем в П. первого типа. Упраздняя промежуточные стойки и сохраняя обсыпные устои, переходим к следующему типу П. (фиг. 3в). Отверстие здесь перекрывается сквозными фермами с ездой понизу. Если число путей под П значительно, например на станциях, то применение сквозных ферм является почти единственным решением вопроса. Указанные типы металлических П. применяются как для железных, так и для автогужевых дорог. Возвышение низа пролетного строения по габариту приближения строений для этих П. должно быть 5,81 *м*, т. е. меньше, чем для деревянных. На автогужевых дорогах размеры габаритов те же, что и для деревянных П. Наиболее распространенными в настоящее время являются железобетонные П., которые в общем повторяют те же типы П., что и металлические. П. туннельного типа (фиг. 4а) получается при минимальном отверстии и устоях с обратными стенками или откосными крыльями, исполненными в виде ребристых плит. Многопролетные П. строят рамной конструкции (фиг. 4б и 4в). Если поверху проходит ж. д., то ригель рамы лучше применять в виде неразрезной балки, как более жесткой (фиг. 4в). Для автогужевой дороги наиболее дешевым является П. с двухконсольной рамой (фиг. 4в). Наравне с рамными П. применяются и арочные. Для автогужевых дорог применяется более легкая конструкция с отдельными арками (фиг. 4г), для ж. д. более целесообразны сплошные или ребристые своды.

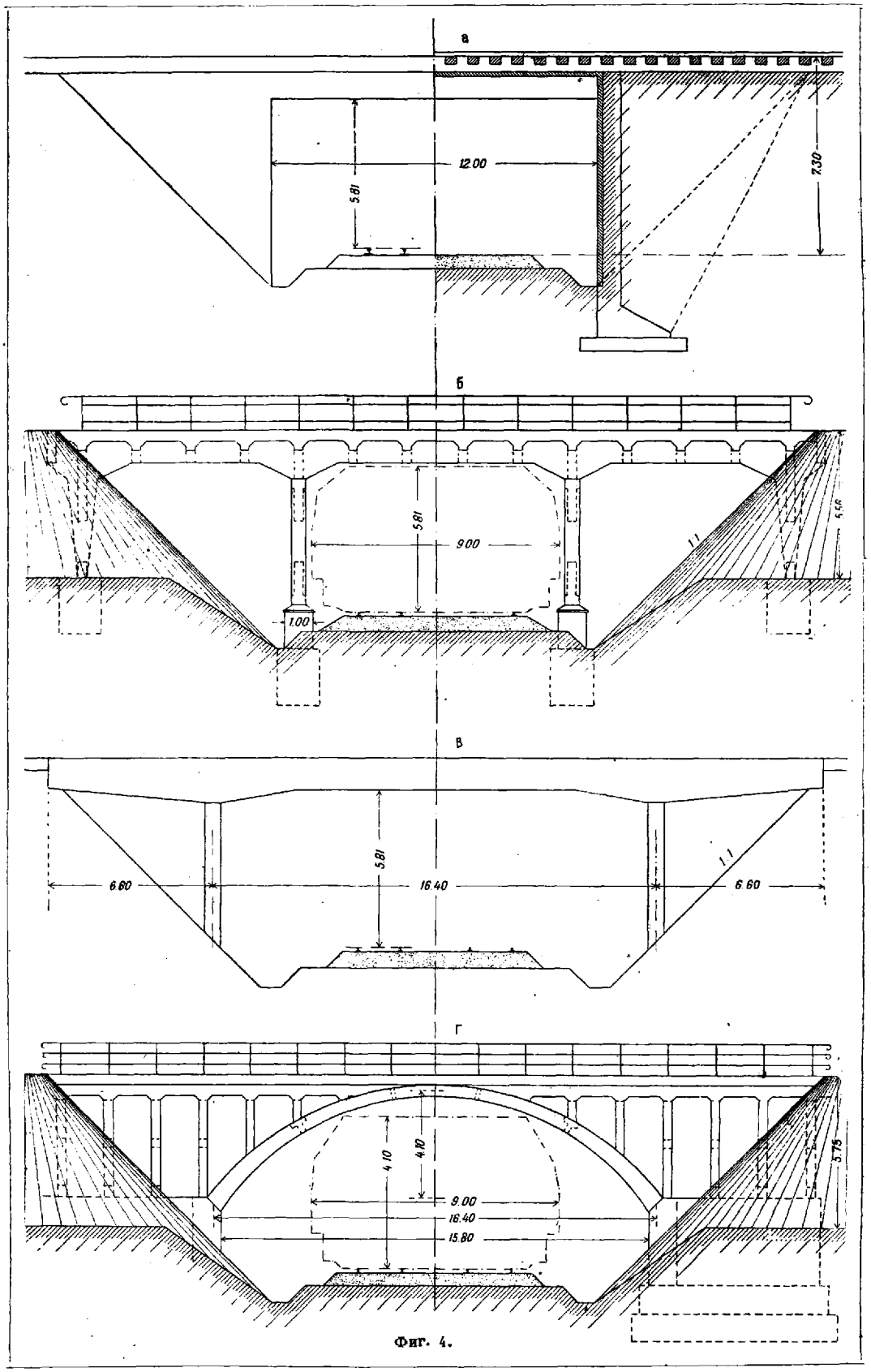
Каменные П. отличаются массивностью и наиболее удобны при пересечениях улиц, т. к. движение по ним поезда не вызывает шума. Примеры таких П. показаны на фиг. 5. Здесь применены в первом случае устои с обратными стенками, во втором—с откосными крыльями. Оба эти вида можно отнести к туннельным П. При применении обсыпных устоев, когда конусы выпускаются в пролет, длина последнего увеличивается. Каменные П. обычно обходятся дороже других и имеют наибольшую конструктивную высоту, т. е. требуют более высоких подходов и поэтому в последнее время применяются редко.

Все рассмотренные случаи П. относятся к прямым пересечениям дорог, однако в крупных ж.-д. узлах, где сходятся несколько дорог, а также на сортировочных станциях проектировать пересечение двух линий под прямым углом не всегда возможно и рационально. Для этого пришлось бы развивать



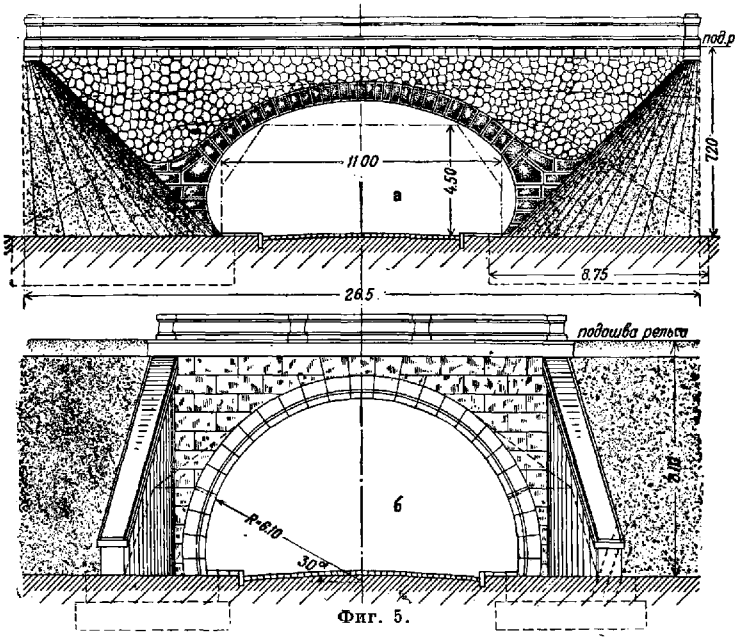
Фиг. 3.

линию, увеличивая пробег поездов. Приходится поэтому оставлять косое пересечение. По техническим условиям 1931 года проектирования магистралей косое пересечение рекомендуется производить под углами косины 15, 20, 30, 45 и 60° с целью использования типовых проектов.


а
12.00
5.81
7.30
б
5.81
9.00
1.00
1:1
5.56
в
5.81
6.60
16.40
6.60
1:1
г
4.10
4.10
9.00
16.40
15.80
5.75

Фиг. 4.

Под углом косины (фиг. 6) разумеется угол α между направлением одного пути и нормалью к другому пути. Для прямого пересечения угол косины равен 0. В виду того, что устройство косого П. сопряжено с усложнением конструкции, в простейших случаях ограничиваются применением прямого П. увеличенного отверстия. Для того, чтобы конусы в острых углах пересечений не заходили на полотно, в устое одна



Фиг. 5.

из обратных стенок удлиняется (фиг. 6 справа) или же заменяется откосным крылом (фиг. 6 слева). Обозначая (фиг. 6) через B_2 ширину нижнего пути, B_0—ширину устоя для верхнего пути, получим при угле косины α величину отверстия в свету:

$$L=\frac{B_2}{\cos\alpha}+B_0\cdot\operatorname{tg}\alpha.$$

Из этой ф-лы устанавливается, что при увеличении косины, т. е. угла α, отверстие П. значительно возрастает, а вместе с тем возрастает и стоимость пролетного строения. Т. о. при большой косине устройство прямого П. становится невыгодным, и он заменяется косым. Косые П. применяются преимущественно железные и железобетонные, причем последние оказываются более удобными. При небольшом угле косины передняя стенка и подферменная площадка устоя располагаются параллельно нижнему пути (фиг. 7а). Пролетное строение получается в виде параллелограма, причем крайние поперечные балки прикрепляются к ферме под острыми и тупыми углами, точно так же как и продольные к поперечным по концам пролетного строения. Для средних балок сохраняют нормальное положение, что сопряжено однако с неодинаковыми прогибами концов поперечных балок и перекосами пролетного строения. Для железобетонных П. косые пересечения балок не вызывают особых усложнений конструкции, но для металлических они неудобны. Кроме того на последних путь устраивается обычно без балластного слоя, поэтому при косой передней стенке устоя крайние шпалы на устое и на пролетном строении д. б. уложены веером, что сопряжено с большими неудобствами при значительной косине моста. Тогда переходят к следующему типу по фиг. 7б. Здесь передняя стенка располагается нормально к верхнему пути, а подферменная площадка устраивается в плане в виде трапеции или ступенчатой. На нее вместе с фермами опираются также и продольные балки. Этим достигается прямое пересечение балок и нормальная укладка поперечин. При дальнейшем увеличении косины подферменная площадка становится очень вытянутой и тогда ее заменяют нормальной прямоугольной и отдельной дополнительной опорой A, выдвинутой вперед (фиг. 7 в). При этом полное отверстие моста перекрывается длинной и короткой балками, т. ч. на протяжении коротких балок каждая поперечина одним концом опирается на короткую балку, а другим—на длинную. При проходе поездов это вызывает перекосы пролетного строения. Для избежания этого при большей косине, если нижний путь имеет сравнительно небольшую ширину, промежуточные опоры относят на середину отверстия, причем их раздвигают за пределы нижнего пути и перекрывают поперечной балкой, на которую и опираются фермы (фиг. 7г). Легко видеть, что этот тип по существу представляет собой прямой П. увеличенного отверстия. Если наконец упразднить промежуточные опоры, то придем к исходному типу прямого П. Все рассмотренные виды можно назвать косыми П. мостового типа.

Во всех них главные фермы, перекрывающие отверстие, располагаются параллельно верхнему пути, однако в нек-рых случаях выгоднее перекрывать отверстие балками или фермами, расположенными нормально к нижнему пути и косо к верхнему (фиг. 8). Такие П. носят название П. туннельного типа. Они исполняются обычно из железобетона. В случае применения металлического пролетного строения необходимо устройство на пролетном строении балластного слоя. Основным достоинством П. туннельного типа является уменьшение перекрываемого пролета, а вместе с тем и конструктивной высоты пролетного строения; основным недостатком—увеличение ширины перекрытия и устоев. Вопрос об экономичности их сравнительно с обычными путепроводами может быть решен только путем сравнения вариантов, запроектированных для каждого частного случая.

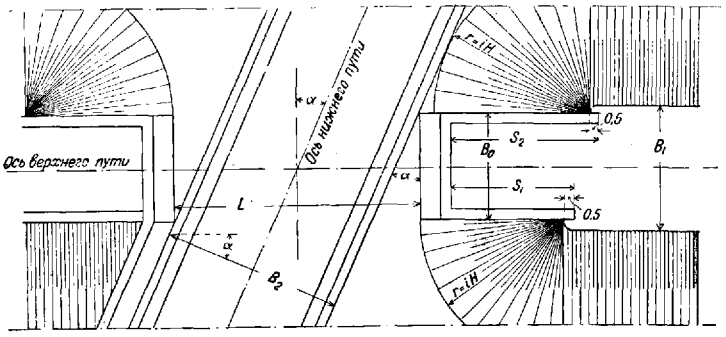
Для общих суждений можно исходить из следующих формул, характеризующих главные размеры основных типов П. Для прямого П. с увеличенным отверстием площадь пролетного строения в плане, считая его длину в свету между устоями, равна по фиг. 6:

$$F=LB_0=\frac{B_2B_0}{\cos\alpha}+B_0^2\cdot\operatorname{tg}\alpha;$$

длина передней и двух обратных стенок:

$$A=B_0+iH+0{,}5+\frac{iH}{\cos\alpha}+0{,}5;$$

здесь H—высота подходной насыпи, i—уклон откоса конуса, обычно равный 1 : 1 при мощеных откосах,



Фиг. 6.

0,5 *м*—величина, на которую обратные стенки заходят в насыпь. Для косого путепровода по фиг. 7а: отверстие в свету:

$$L=\frac{B_2}{\cos\alpha};$$

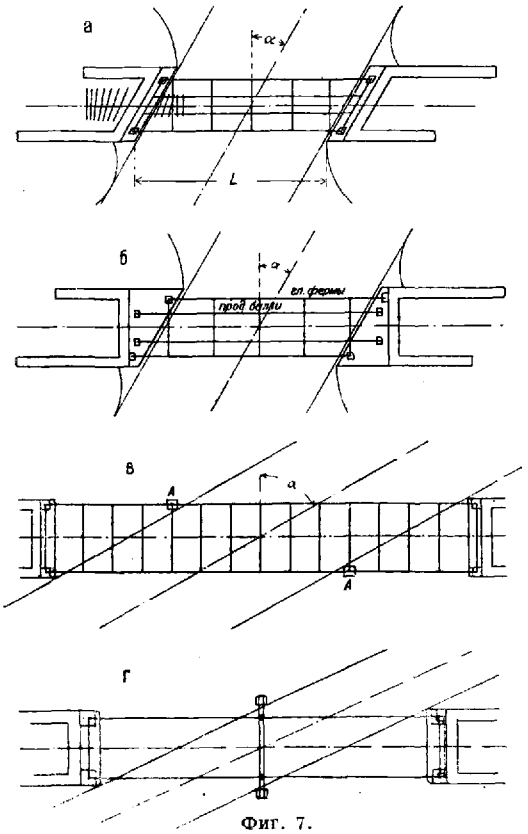
площадь плана пролетного строения:

$$F=\frac{B_2B_0}{\cos\alpha};$$

длина передней и обратных стенок устоя:

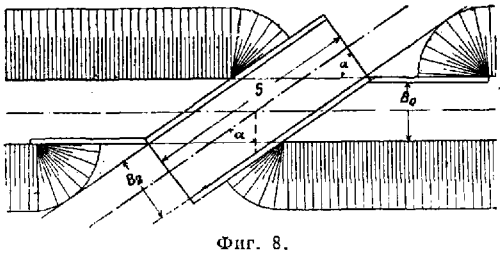
$$A=\frac{B_0}{\cos\alpha}+iH+0{,}5+\frac{iH}{\cos\alpha}+0{,}5$$

Сравнивая на основании этих ф-л косые П. с прямыми, устанавливаем, что в первых площадь пролетного строения получается меньше на величину $B_0^2 \cdot tg\alpha$. При малых углах косины и малой ширине верхнего пути B_0 эта величина не имеет большого значения и не оправдывает усложнения конструкции при устройстве



Фиг. 7.

косого П. Но кроме величины площади пролетного строения имеет еще значение величина пролета, т. к. стоимость 1 *п. м.* увеличивается пропорционально пролету. Поэтому в общем надо сказать, что пролетное строение косых мостов дешевле. Устои же благодаря большей длине передней стенки получаются дороже для косых мостов, причем эта разница тем



Фиг. 8.

больше, чем больше B_0. Для П. туннельного типа (фиг. 8) ширина пролетного строения:

$$S = B_2 \cdot tg\alpha + \frac{B_0}{\cos\alpha};$$

площадь:

$$F = B_2^2 \cdot tg\alpha + \frac{B_0 B_2}{\cos\alpha};$$

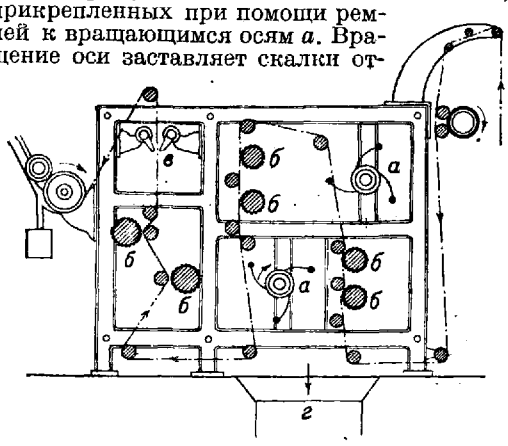
длина стенок устоя, передней и одной обратной:

$$A = B_2 \cdot tg\alpha + \frac{B_0}{\cos\alpha} + \frac{iH}{\cos\alpha} + 0{,}5.$$

Сравнивая с обыкновенным косым П., устанавливаем, что площадь пролетного строения в туннельном П. больше на величину $B_2^2 \cdot tg\alpha$. Т. о. чем больше ширина нижнего пути, тем дороже пролетное строение туннельного П. Устои получаются дороже по двум причинам: во-первых, обычно $B_2 \cdot tg\alpha > iH + 0{,}5$, во-вторых, в туннельных П. удлиняется более грузная передняя стенка. Т. о. вообще туннельные П. дороже и смысл их применения заключается только в том, что при малой ширине нижнего пути пролетное строение имеет малую конструктивную высоту.

Лит.: Митропольский Н. М., Мосты, общий курс, 2 изд., М., 1931; его же, Примеры проектирования мостов, М.—Л., 1930; Передерий Г. П., Курс мостов, ч. 1, Мосты малых пролетов, 4 изд., М.—Л., 1929; его же, Курс ж.-б. мостов, М.—Л., 1930; Стрелецкий Н. С., Курс мостов, ч. 2, М.—Л., 1930; Образцов В. К., Туннельные путепроводы при проектировании узлов и станций, «Труды МИИТ», М., 1926, вып. 2. **Н. Митропольский.**

ПУХООЧИСТИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, машины для удаления пуха, пыли и отдельных частиц волокна с опаленой ткани или же очистки ткани после стрижки перед печатанием. Разнообразные типы П. м. устроены по общему принципу и состоят из рамы с рядом вращающихся круглых щеток и направляющих роликов, по к-рым движется ткань, касаясь вращающихся щеток, очищающих ее с лица и с изнанки. Вертикальная П. м. представляет собой камеру из листового железа, содержащую 8 щеток, располагаемых по 4 с каждой стороны ткани. Камера снабжена вытяжным вентилятором для отсоса пыли. У выходного конца П. м. имеются навивные ролики. Щетки покрыты спирально расположенной щетиной, и степень очистки ткани зависит от нажима их на последнюю. Над каждой щеткой устроен предохранительный щит от пыли, препятствующий последней падать на нижерасположенные щетки и направляющий пыль в сборные ящики. П. м. требует двигателя мощностью в 3 HP; пропускная способность в минуту равна 70—90 *м*. Для очистки ткани после стрижки обычно употребляют горизонтальные П. м. с тем же принципом работы. Перемещение щеток в них невозможно, и прижим ткани к щеткам осуществляется посредством брусьев. Более тщательной очистки ткани достигают сочетанием щеток и бил для выколачивания пуха. Била (см. фиг.) состоят из нескольких скалок, прикрепленных при помощи ремней к вращающимся осям *а*. Вращение оси заставляет скалки от-



скакивать в сторону и ударять по ткани по всей ширине ее. П. м. снабжена тремя парами щеток *б* для попеременной очистки и выколачивания ткани с двух сторон. У выхода ткань подвергается действию сильной струи воздуха, поступающего из сопел *в*, для сдувания остатков пыли, после чего ткань поступает на самоклад или наматывается в рулон. Кожух П. м. снабжен вытяжным отверстием *г*. Горизонтальная П. м. требует двигателя мощностью ок. 5 HP; про-

изводительность ее ок. 70 *м* ткани в мин. П. м. могут работать или самостоятельно, получая товар с опальных машин в вязках, или же быть связанными с опальными машинами ременной передачей. Иногда применяют комбинированные стригально-пухоочистительные машины или же соединяют обе машины в один агрегат.

Лит.: Петров П., Викторов П. и Малютин Н., Химич. технология волокнистых веществ, стр. 100—101, Ив.-Вознесенск, 1928; Холл А., Аппаратура для беления, крашения, печатания и отделка в текстильной промышленности, пер. с англ., стр. 103—108, М., 1929; Хорецкий Н. О., Браковка и опаливание хл.-бум. тканей, стр. 46—49, Ив.-Вознесенск, 1929. **Э. Фукс.**

ПУЦЦОЛАНА, пуццоланические вещества, или гидравлические добавки. Название происходит от местечка Поццуоли близ Неаполя, где находятся месторождения вулканического туфа, являющегося родоначальником этого класса веществ и получившего наименование П., издавна используемой в качестве добавки к строительным растворам вяжущих веществ (см. *Вяжущие вещества* и *Гидравлические растворы*). Полезное применение пуццоланич. веществ вообще основано на том, что различного вида материалы, для этого используемые, содержат в себе кремнекислоту в т. н. активном состоянии, т. е. в данном случае способную вступать в реакцию с гидратом извести $Ca(OH)_2$, имеющимся в растворах с самого начала, напр. в известковом тесте, или образующимся вследствие реакции гидратации, напр. в портланд-цементе, затворенном с водою. В результате такого взаимодействия сравнительно легко растворимый и склонный к выщелачиванию и химич. реакциям гидрат извести переходит с течением времени в более устойчивые в этих отношениях гидросиликаты кальция, вероятно гл. обр. в однокальциевый гидросиликат вида $CaO \cdot SiO_2 \cdot xH_2O$, способный давать довольно устойчивые и плотные коллоидальные растворы (гели), а затем и кристаллические системы. В настоящее время особенно важное значение П. приобретают в качестве добавки к портланд-цементу, причем количество вводимой добавки зависит от ее состава и свойств. Добавки должны вводиться в портланд-цемент при заводском перемоле цементного клинкера в мельницах. В результате многочисленных лабораторных исследований у нас и за границей, в отношении заводского производства портланд-цемента с гидравлич. добавками, СССР стоит впереди всех стран, т. к. социалистич. промышленность устраняет замалчивание и торможение производства и применения новых видов промышленных фабрикатов, что зачастую наблюдается вследствие конкуренции капиталистич. промышленных объединений. Наша номенклатура вяжущих веществ (ОСТ 76) разделяет гидравлич. добавки на естественные и искусственные. Естественные гидравлич. добавки в свою очередь можно разделить на три вида: 1) пуццоланы в узком смысле слова, к-рые представляют собою вещества, находимые в природе, гл. обр. в Италии, в виде б. или м. измельченных, порошкообразных или рыхлых вулканич. туфов, напр. артикского туфа в ССР Армении; 2) трассы, встречающиеся в природе в виде б. или м. твердых пород, требующих механич. измельчения, б. ч. после предварительной сушки, напр. рейнские (андернахские) трассы в Германии, карадагский трасс (близ Феодосии) в Крымской АССР; 3) кремнеземистые осадочные породы мало плотного сложения, напр. диатомиты (инфузорная земля), *трепел* (см.)—состоящий гл. обр. из аморфного, иногда опаловидного, кремнезема. Искусственные гидравлич. добавки (см. *Гидравлические растворы*) разделяются: 1) на гранулированные основные *доменные шлаки* (см.), 2) глинистые материалы, надлежащим образом обожженные и измельченные в тонкий порошок (цемянки),—см. *Шамот*, 3) гезы и 4) отбросы химич. производств и промышленных топок, например: а) остатки от производства сернокислого алюминия, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ из каолина (см. *Алюминия соединения*), состоящие почти из чистого кремнезема в порошкообразном виде (Si-Stoff, си-штоф); б) шлаки и зола нек-рых каменных углей и горючих сланцев. Промышленное использование указанные материалы находят в СССР в качестве добавок к извести и романскому цементу, а также для производства т. н. пуццолановых портланд-цементов в широком смысле слова. Для СССР в настоящее время особо важное значение имеют: а) гранулированные основные доменные шлаки для производства шлако-портланд-цемента; б) карадагский трасс для фабрикации трассового портланд-цемента (Новороссийские з-ды), в) диатомиты и трепела для выделки пуццоланового портланд-цемента (см. *Цементы*).

Лит.: Чарномский В. И., Пуццоланы, трассы и другие вулканич. земли, СПБ, 1910; Пуццолановые цементы, «Труды Научно-технич. к-та НКПС», М., 1927, вып. 71, стр. 115; «СП» и «Строит. материалы», М., ab 1923 (статьи Белелюбского Н. А., Байкова А. А., Дружинина С. И., Кинда В. А., Брусова С. Я. и Юнга В. П.). **В. Юнг.**

ПУЦЦОЛАНОВЫЕ ЦЕМЕНТЫ, см. *Цемент* и *Пуццолана*.

ПУШЕЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. I. Классификация артиллерийских орудий. Артиллерийское орудие—всякое б. или м. тяжелое огнестрельное оружие, для которого требуется прочная постоянная подставка, называемая лафетом. Орудие состоит из ствола (тела орудия) и лафета, к-рый соединяется у легких и среднетяжелых орудий с передком. Передок образует передний ход, лафет со стволом—задний ход орудия в порядке для движения. По кривизне траектории полета снаряда и связанным с этим баллистич. качеством различают орудия для настильного огня и для навесного огня. Между этими двумя типами орудий находятся гаубицы, соединяющие в себе нек-рые преимущества обоих типов. Вид траектории полета снаряда обыкновенно находится в непосредственной зависимости от длины ствола и величины боевого заряда. Орудия для настильного огня (пушки) имеют б. ч. длинный ствол, сильный заряд и меньший подъем траектории. Ствол орудий для навесного огня, называемых мортирами, значительно более короткий; они имеют слабые заряды и большой подъем траектории. Существует предложение отбросить название «мортира», после того как для гаубиц был достигнут подъем траектории в 60° и более, который раньше был возможен только для мортир. Первоначально гаубицами называли гладкоствольные пушки с ко-

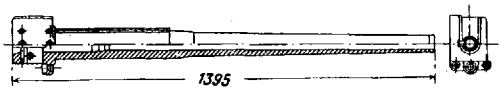
ротким стволом, однако более длинным, чем у мортир. Позднее то же название дали и коротким нарезным орудиям, называвшимся ранее короткими пушками. Даже после того как удалось достигнуть достаточной подвижности тяжелой артиллерии, гаубицы остались необходимыми, т. к. полевые укрепления и цели за и под сильными закрытиями не было возможности подготовить к атаке при помощи орудий настильного огня. Если ранее у пушек подъем траектории достигал 20°, то теперь требуется для дальнобойных пушек подъем до 40—50°. Угол подъема траектории у гаубиц доходит до 45°, а в мортирах—более 45° (почти до 75°). По величине диаметра канала, или по калибру, все типы орудий разбиваются на несколько классов, границы между к-рыми не установлены строго. Т. о. получается деление орудий на легкие, средние, тяжелые и самые тяжелые типы. Легкими называют калибры 3,7—10 *см*, средними—выше 10 *см* до 15 *см*, тяжелыми—выше 15 *см* до 21 *см* и самыми тяжелыми—выше 21 *см* до 42 *см* (по газетным сведениям из США уже до 48 *см*). По месту, роду и цели применения различают орудия: полевые, горные, танковые, противовоздушные, осадные, крепостные, береговые и морские. Кроме того существует подразделение на артиллерию ближнего боя и дальнобойную. С тех пор как орудия средних калибров сделались подвижными, в армиях всех стран введена тяжелая артиллерия главного командования, состоящая из калибров в 10,15 и 21 *см*, придаваемая крупным войсковым соединениям (армиям, корпусам) в мере действительной надобности. По способу передвижения имеются орудия: с конной запряжкой, с моторной тягой, гусеничные, железнодорожные, аэропланные и устанавливаемые на дирижаблях, и судовые.

Действие орудия зависит от следующих условий: 1) от правильности траектории полета снаряда, зависящей в свою очередь от конструкции снаряда, качеств ствола орудия и соответствующего боевого заряда; 2) от точности момента разрыва снаряда, зависящей от конструкции взрывателя (снарядной трубки); 3) от действия отдельного выстрела на цель, зависящего от внутреннего устройства снаряда, от конструкции взрывателя (снарядной трубки) и от разрывного действия снаряда; 4) от скорости стрельбы, к-рая даже при увеличении веса снаряда не должна уменьшаться, благодаря применению устройства для более легкого и быстрого заряжания и обслуживания орудия; значительное влияние на скорость стрельбы имеет спокойное состояние орудия при выстреле (орудия с откатом ствола); 5) от большей дальности полета снаряда, которая при данном угле вылета снаряда зависит от начальной скорости.

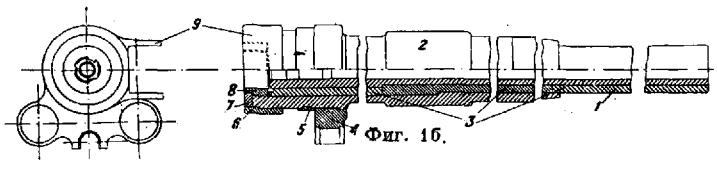
Ствол (тело) орудия вмещает в себя боевой заряд и снаряд и дает последнему направление и характер движения. Он имеет снаружи слегка конич. форму и имеет внутри цилиндрич. канал по всей своей длине или в большей ее части. Линия центров окружностей поперечных сечений канала называется осью канала. Во всех современных орудиях на поверхности канала сделаны нарезы. Такой ствол называется нарезным стволом в отличие от старых гладких стволов без нарезов. Гладкоствольные орудия заряжались с дульной части, т. е. заряд и снаряд вводились в орудие спереди. При дульной зарядке между снарядом и стенкой канала остается зазор, следовательно существует прорыв газов в направлении выстрела. Все нарезные орудия заряжаются с казенной части и имеют подвижной затвор, к-рый при заряжании, т. е. для вкладывания снаряда и боевого заряда, открывается и затем опять закрывается. Канал нарезного орудия делится на гладкую и нарезную части. Гладкая часть, имеющая несколько отличную форму и больший диаметр, чем нарезная, называется зарядной каморой. Нарезная часть канала, состоящая из нарезов и промежутков между ними, называемых полями, простирается от соединительного (переходного) конуса зарядной каморы до дульного среза. Диаметр канала, измеряемый по полям нарезов, называется к а л и б р о м. Нарезы представляют собой пологие витки, идущие вправо или влево. Внешняя форма ствола определяется степенью напряжения от газов, образующихся в момент выстрела: там, где происходит сгорание боевого заряда, т. е. сзади, в зарядной каморе, получается наибольшее нагревание и развивается при этом наибольшее давление газов, следовательно в этом месте д. б. наибольшая толщина металлической стенки ствола. По мере проталкивания снаряда вперед и увеличения объема газов в канале давление газов уменьшается, благодаря чему толщину стенок можно соответственно уменьшать по направлению к дульному срезу. Для соединения ствола с лафетом, позволяющего придавать оси канала орудия больший или меньший наклон, на обоих боках ствола делаются цапфы, общая ось к-рых перпендикулярна к оси канала. В современных орудиях применяют клиновые, винтовые и блоковые (Blockverschlüss) затворы. Поршневые затворы считаются устарелыми. Калибр обозначается в Германии в *см*, во Франции—в *мм*, в США—в дм. и в СССР—в *мм*. Определение калибра по весу снаряда (в англ. фн. или *кз*) сохранилось еще частично только в Англии и во Франции. Особые конструкции орудий, имеющих отличные от других длины тела орудия, вызывают иногда необходимость более точного обозначения орудий. Так, 40 *см* KL/40 обозначает пушку калибром в 40 *см*, длина к-рой равна 40 калибрам (т. е. 16 *м*). **Генстенберг.**

II. Элементы, составляющие орудие; материалы. С производственной точки зрения артиллерийская система—орудие—состоит из лафета с прицельными, противооткатными и накатными приспособлениями, с подъемным и поворотным механизмами и наложенного на него ствола с затвором и дульным тормозом. Последний элемент в артиллерийской системе является новым и пока мало распространенным, но имеет большую будущность, как дающий возможность понизить действие выстрела на лафет при стрельбе, каковое имеет тенденцию все время повышаться в связи с увеличивающейся мощностью орудий. Под пушечным (орудийным) производством понимается изготовление одного из основных элементов артиллерийской системы—ствола (тела орудия). Стволы в зависимости от тактич. назначения орудия изготовляются той или иной длины и благо-

даря этому вся артиллерийская система получает название пушки, гаубицы, мортиры. В рассматриваемом нами производстве при обработке канала ствола приходится особенно считаться с длиною последнего, и т. о. наиболее трудными в производственном отношении считаются стволы пушек, как имеющие длину 20—60 калибров и выше (экстрадальние пушки). Исключением являются пушки специального назначения, длина ствола которых 13—18 калибров. Длина гаубичных стволов 10—20 калибров, а мортирных—4—12 калибров, и следовательно изготовление их, как наиболее коротких, значительно проще. Имеются в виду конечно длины относительные, выраженные в числе диаметров растачиваемого канала и следовательно связанные с толщиной стенок ствола. С конструктивной точки зрения стволы делятся на о д н о с л о й н ы е, или м о н о л и т н ы е (фиг. 1а), и м н о г о с л о й н ы е. Во втором



Фиг. 1а.



Фиг. 1б.

случае первый слой, внутренний (фиг. 1б), называется т р у б о ю *1*, наружный слой—к о ж у х о м *2*, а промежуточные слои—ц и л и н д р а м и *3*, т. е. многослойный ствол, исключая все встречающиеся на нем кольца, может состоять: а) из трубы и кожуха, б) из трубы, одного ряда цилиндров и кожуха, в) из трубы, нескольких рядов цилиндров и кожуха. На фиг. 1б в разрезе изображены: орудийное кольцо *4*, упорное кольцо *5*, обтюрирующее кольцо *6*, скрепляющее кольцо 7, казенник *8* и кольцо с ушками *9*. Одевают слои один на другой в нагретом состоянии (до 400°) и при остывании они сжимают предыдущий слой, чем и осуществляется искусственное повышение прочности ствола за счет понижения толщины стенок последнего. Задачей П. п. является изготовление деталей ствола (труб, цилиндров, кожухов), сборка в горячем состоянии и окончательная обработка канала ствола и наружной поверхности его. Помимо этого в П. п. входит модернизация стволов уже бывших на службе орудий и обновление их. Под м о д е р н и з а ц и е й понимается изменение конструкции ствола с использованием старых деталей его, напр. удлинение трубы при старом кожухе в двуслойном стволе, увеличение калибра, и т. п. Под о б н о в л е н и е м понимается или полная замена расстрелянной трубы новой или замена только рабочей части трубы; в первом случае производимая манипуляция называется п е р е с т в о л е н и е м, а во втором—л е й н и р о в а н и е м. Перестволение и лейнирование могут протекать и при нагреве обновляемого ствола и в холодном состоянии. При перестволении новая труба всегда вставляется с натяжением (отрицательный зазор), лейнер же м. б. как с натяжением (с к р е п л е н н ы й л е й н е р), так и без натяжения, с зазором (с в о б о д н ы й л е й н е р). Наиболее удобным в военном отношении является свободный лейнер, как позволяющий производить обновление в боевой обстановке на месте. На орудийных з-дах в настоящее время идут изыскания в этой области. Опыт заграничной практики показал, что задача лейнирования разрешена полностью в орудиях до 8 дм. включительно, например фирмы Ансальдо и Одера-Терни. За последнее время нек-рые иностранные з-ды начали заменять стволы, составленные из отдельных скрепленных между собою элементов, монолитными стволами, прочность к-рых искусственно повышена особым методом, называемым а в т о ф р е т т а ж е м. Сущность последнего заключается в том, что монолитный ствол подвергается высокому (до 10 000 *atm*) внутреннему давлению, чем достигается повышение предела упругости материала. **А. Давыдов и Н. Адакин.**

М а т е р и а л д л я с т в о л о в о р у д и й. Орудия изготовляют из чугуна, сварочного железа, бронзы (пушечного металла) или стали (никелевой или хромоникелевой). В настоящее время применяется преимущественно сталь. Для высоких напряжений от больших зарядов пригодны только стальные стволы. Ствол орудия при выстреле подвергается: 1) давлению пороховых газов в продольном и поперечном направлениях и излому, или срезанию, замка и цапф; 2) трению снаряда о стенки канала и сопротивлению, которое снаряд встречает в нарезах; 3) оплавлению стенок канала благодаря высокой $t°$, возникающей при сгорании пороха; 4) постепенному разрушению стенок канала вследствие химич. соединения продуктов сгорания пороха с металлом стенок; 5) атмосферным влияниям: образованию окисей и ржавчине. В связи с этим материал ствола должен обладать высокою степенью прочности, упругости, вязкости, твердости, иметь высокую $t°_{пл.}$, высокую устойчивость против *коррозии* (см.) и возможно малую чувствительность к вредным химич. влияниям. Но кроме того он д. б. возможно дешевым и находиться в достаточных количествах внутри страны для обеспечения независимости производства от заграницы в случае войны. Ниже перечислены нек-рые свойства различных металлов, идущих в дело П. п. Бронза представляет собой сплав меди (90%) и олова (10%). Она мало тягуча, довольно тверда и крепка, при быстром охлаждении делается ковкой, при медленном—твердой и хрупкой. Ее твердость возрастает до 28% содержания олова, а затем опять падает. Наибольшая прочность при 17,5% олова. При содержании менее 5% олова бронза куется в холодном состоянии. Пушечный металл (Hartbronze), называемый также стальной бронзой (Stahlbronze), имеет небольшое содержание олова (8 : 92), отливается в металлич. формах и уплотняется расширением канала пропусканием пуансонов. Добавки к бронзе: железа, никеля, марганца, свинца, мышьяка, сурьмы, цинка, фосфора для уменьшения ликвации бронзовых сплавов не оправдали себя. Вследствие своей вязкости

бронза является очень надежным материалом в отношении разрыва перенапряженного ствола и опасности повреждений для орудийной прислуги разлетающимися осколками. Бронза мало чувствительна к атмосферным влияниям и относительно дешева; изношенные или устаревшие стволы можно переливать с ничтожными затратами. Старую пушечную бронзу, бывшую несколько раз в переплавке, даже предпочитают для новых изделий, т. к. она не так легко распадается на составные части и лучше сопротивляется ликвации и причиняемому последней разгару. Но ее прочность и твердость так незначительны и точка плавления лежит так низко, что она не годится для стволов, к-рые стреляют сильными зарядами и бездымным порохом, и для стволов, в к-рых развивается высокое давление газов и значительная $t°$. Несмотря на это она сохранилась в производстве мортир и гаубиц при изготовлении многослойных стволов из бронзового тела со стальным каналом (т. е. с запрессованной стальной трубкой для канала). Единственным безупречным материалом однако остается только сталь. Ее пригодность доказывается все более и более при возрастающей мощности орудий. **Генстенберг.**

Классификация орудийной стали. Орудийная сталь м. б. следующих сортов: а) по способу выплавки: тигельная, электросталь, мартеновская (кислая или основная); слитки м. б. прессованы или непрессованы; б) по химическому составу: углеродистая, малохромистая, специальная; в) по механическим качествам нижеследующих марок: О-1—орудийная обыкновенная; О-2—повышенная; О-А—специальная, категория А; О-АБ—специальная, категория АБ; О-Б—специальная, категория Б. Специальные сорта стали получаются присадкой определенного количества специальных элементов, как то: никеля, хрома, ванадия, молибдена, вольфрама и др. (табл. 1).

Химический анализ стали. Анализ стали делают из пробы металла, отлитой в середине разливки стали в изложницы. Стружка на анализ д. б. получена сверлением насквозь пробы в направлении, перпендикулярном к продольной оси пробы. Стружку от верхней части корки отбрасывают и берут чистую стружку изнутри пробы. Анализ должен показывать %-ное содержание углерода, марганца, кремния, фосфора, серы, хрома и никеля в углеродистой и малохромистой стали, ванадия, молибдена, вольфрама и др.—в специальных сталях.

Табл. 2.—Допуски (расхождение) для контрольных анализов одной и той же плавки.

Элементы	Допуск в %*1 в обыкнов. и повышен. сталях	Допуск в %*1 в спец. сталях	Элементы	Допуск в %*1
C	±0,02	±0,03	Cr	±0,1*2
Mn	±0,05	±0,10	Ni	±0,1*2
Si	±0,02	±0,05	Mo	±0,1
P	±0,004	±0,005	V	±0,05
S	±0,004	±0,005	W	±0,2

*1 Разница в анализах, производимых одним и тем же методом, не превосходящим данных этой таблицы, не считается за ошибку. *2 10% от содержания, но не менее ±0,1%.

В табл. 2 приведены допускаемые отклонения данных контрольных анализов состава стали. **А. Давыдов и Н. Адакин.**

III. Ствол орудия. Внешняя форма и части ствола орудия определяются его службой при выстреле. Передняя часть ствола имеет конусообразную внешнюю форму и оканчивается дульным срезом, в середине которого выходит канал. Иногда ствол усиливают у дульного среза посредством пояска. Задняя часть ствола имеет цилиндрич. форму или четырехгранную у стволов с клиновым затвором, для увеличения опорной

Табл. 1.—Химический состав орудийной стали.

Наименование стали	Марка	Предельное содержание элементов в %* C	Mn	Si	Ni	Cr	V	Mo	P	S
Углеродистая	О-1	0,5	0,8	0,45	—	—	—	—	0,04	0,04
Малохромистая	О-2	0,5	0,7	0,45	0,5	0,5—1,25	—	—	0,04	0,04
Специальные										
Хромоникелевая	О-А	0,4	0,7	0,45	4,0	0,5—1,5	—	—	0,04	0,04
Хромованадиевая	—	0,4	0,5	0,45	—	0,5—3,5	0,08—0,4	—	0,04	0,04
Хромоникелевомолибденовая	О-Б	0,4	0,7	0,45	4,0	0,5—1,7	—	0,3—1,0	0,04	0,04
Хромованадиевомолибденовая	О-Б	0,4	0,7	0,45	—	0,5—1,7	0,08—0,25	0,3—1,0	0,04	0,04

* Везде, где приведено лишь одно значение, надо читать: до 0,5, до 0,8 и т. д.

Сумма вредных примесей (серы и фосфора) допускается не более 0,7%. Вследствие того что возврат (прибыль, обрезки, стружка и пр.), идущий в скрап, м. б. загрязнен различными примесями, допускается предельное содержание следующих элементов, не входящих в рецепт заданной стали: 0,2% меди, 0,5% никеля, 0,35% хрома, 0,4% молибдена. Присадка ванадия допускается при выплавке всех сортов стали. Марка стали О-АБ по химич. составу одинакова с маркой О-Б, но отличается от последней по содержанию молибдена (не менее 0,25%); кроме того она отличается механич. свойствами.

поверхности для затвора, и оканчивается казенным срезом, в котором находится зарядное отверстие, являющееся продолжением канала и служащее для вкладывания зарядов, а в орудиях с поршневым затвором и для затвора. Горизонтальный прорез сбоку для клинового затвора называется клиновым отверстием. Между этими частями находится средняя часть ствола, на которой имеются цапфы для установки ствола на лафете и вращения его в вертикальной плоскости. Они усилены заплечиками, к-рые предохраняют ствол от бокового перемещения в подшипниках лафета. Общая ось обеих цапф обычно

пересекает ось канала впереди ц. т. ствола, т. ч. ствол имеет перевес назад, т. е., будучи поддержан только в цапфах, ствол стремится подняться передней и опуститься задней частью. Перевес назад придает стволу устойчивость при езде и стрельбе, обеспечивает плотное прилегание ствола к подъемному механизму и способствует сохранности как подъемного механизма, так и других частей лафета. Обыкновенно перевес назад составляет 7—12% веса ствола. У нек-рых стволов оси цапф расположены выше оси канала (поднятые опоры) или ниже ее (опущенные опоры). Дело конструктора и испытаний правильно сопоставить преимущества и неудобства таких расположений. На наружной поверхности ствола находится еще устройство для наводки и для установки частей затвора, в частности для облегчения заряжания и для соединения ствола с подъемным механизмом. Для обозначения оси канала, прицельной линии и т. д. нанесены вертикальные и горизонтальные метки. Наконец на стволе поставлены различные опознавательные знаки (номер ствола, вес ствола с затвором, год и место изготовления, название завода и др.).

Наружное очертание ствола при заданной форме канала определяется толщиной его стенок в различных точках. Толщина стенки ствола есть расстояние по радиусу от наружной поверхности ствола до дна нарезов канала. Она д. б. соображена с величиною давления газов при выстреле, сопротивлением металла ствола и конструкцией ствола. Давление газов в канале в каждом поперечном сечении одинаково во всех направлениях; следовательно и толщина д. б. одинакова во всех направлениях по радиусам. Но внешние и внутренние слои стенки ствола испытывают давление газов не в одинаковой мере, а именно—внутренние слои благодаря упругости металла испытывают несколько большее растяжение: это соотношение изучено теоретически и проверено практич. опытами; результаты исследований выражены определенными ф-лами, к-рые вполне применимы и для новых конструкций. В виду постоянных требований увеличения силы орудий, что вызывает увеличение напряжения газов в орудиях, ствол, или по крайней мере его заднюю, испытывающую наибольшее напряжение часть, конструируют т. о., чтобы металл в отдельных концентрич. слоях был напряжен более равномерно и чтобы вся способность к сопротивлению всей массы металла была использована в наибольшей степени. При этом ствол получает меньшие размеры по диаметру при той же степени надежности. Кроме того стволы из нескольких слоев составляются из более мелких частей, к-рые лучше поддаются проковке и термич. обработке. Эти соображения привели к устройству многослойных стволов, конструкция к-рых заключается в следующем. На самый ствол, а именно на его заднюю часть, насаживают стальные кольца, к-рые в холодном состоянии имеют меньший внутренний диаметр, чем наружный диаметр внутренней трубы. Эти кольца расширяют нагревом как-раз настолько, чтобы их можно было надеть на внутреннюю трубу (зазор достигает всего нескольких десятых *мм*), к-рую они сжимают при охлаждении. Для дальнейшего усиления можно насадить несколько слоев колец друг на друга таким же способом.

Различаются нижеследующие виды конструкций многослойных стволов. Ствол с кольцами. На внутреннюю трубу насажены в горячем состоянии кольца в один или несколько слоев. Цапфы соединены с одним из колец. Внутренняя труба составляет главную массу ствола и подвержена всем вредным влияниям, как простой массивный ствол. Кольца не предохраняют от осевого разрыва. Труба ослаблена затвором и при разгаре весь ствол приходит в негодность. Все эти недостатки привели к тому, что от стволов с трубою и кольцами отказались. Ствол с кожухом. Внутренняя труба идет от дула только до затвора; в задней своей части или по всей длине она охвачена надетым в горячем состоянии и сжимающим ее кожухом, имеющим цапфы и гнездо для затвора. Внутренняя труба и кожух соединены кольцами (б. ч. двумя), к-рые закрепляются от расхлябывания штифтами с нарезкой. Так устроены почти все легкие полевые орудия. При этом возможна смена внутренней трубы после разгара. Ствол с кожухом и кольцами. Ствол с кожухом усилен еще надетыми в горячем состоянии кольцами, подобно стволу с кольцами. Ствол, скрепленный проволокой. Внутреннюю трубу обматывают некоторым числом слоев проволоки, которой дают такое натяжение, что давление наружных слоев на внутренние соответствует законам наилучшего использования материала. Проволока в форме ленты наматывается в раскаленном состоянии и сваривается в кольца (система Армстронга). Лонгридж обматывает внутреннюю трубу проволокой в виде ленты в холодном состоянии и при этом систематически регулирует натяжение для получения наиболее благоприятного давления. Снаружи проволочная обмотка охватывается кожухом, на к-ром сделаны цапфы. Затвор помещается во внутренней трубе или в кожухе. Теоретически эта конструкция соответствует большому количеству малых колец. Проволочное скрепление стволов, к-рое получило свое развитие в Англии, следует считать устаревшим благодаря нек-рым его недостаткам и трудности выполнения; к тому же эти стволы вообще значительно тяжелее стволов с кожухом. Вместо сжимания кожухом применяли самоскрепление (автофреттаж) ствола. Внутреннюю трубу расширяют в холодном состоянии гидравлич. давлением, т. ч. внутренние слои металла производят непрерывное давление на наружные и наоборот. Приготовленную т. о. трубу в холодном состоянии запрессовывают в кожух и закрепляют от поворачивания и выдвигания. Сопротивляемость внутренней трубы при этом увеличивается. Основное преимущество автофреттажа состоит в том, что внутреннюю трубу легче заменить после разгара, в то время как в других конструкциях ремонт можно сделать лишь путем вставки в канал новой тонкой трубы с нарезами под гидравлич. давлением, предварительно гладко сняв нарезы путем рассверливания канала. Стволы из пушечного металла принадлежат до известной степени также к многослойным стволам, поскольку расширение

канала пуансонами вызывает в стенках ствола напряжения, примерно соответствующие напряжениям в стволах с кольцами и повышающие вследствие этого сопротивляемость ствола, к-рая увеличивается еще вставкой в канал стальной трубы.

К а н а л о м о р у д и я называется полость ствола от затвора до дульного среза (у мортир с поршневым затвором от дна камеры до дульного среза). Канал служит для принятия снаряда и заряда, в нем развиваются пороховые газы для выстрела, передается энергия пороховых газов снаряду и дается последнему определенное направление. Наилучшей была бы такая длина канала, при которой действие пороха было бы использовано полностью к моменту, когда снаряд выходит из канала. В противном случае при слишком малой длине канала свойства пороха не будут использованы вполне, а при слишком большой длине уже достигнутая снарядом скорость начнет уменьшаться. Практически подобный идеальный ствол редко, или вернее никогда, не был построен; длина его канала, особенно при большом отношении веса заряда к весу снаряда, была бы так велика, что от того пострадала бы подвижность орудия. Поэтому при выборе длины канала приходится ограничиваться тем, чтобы ее увеличение не повышало более относительную мощность ствола орудия. Но даже и это требование не всегда выполнимо. Уменьшение веса, подвижность по неровной местности, применение орудия за броневым прикрытием на судах, в башнях, делают невозможными эти желательные длины. Случается даже, что слишком длинные и относительно слабые стволы изгибаются после небольшого количества выстрелов и благодаря этому разрушаются. Для меткости стрельбы при всех обстоятельствах достаточна длина ствола, допускаемая наивозможным использованием силы пороха. Канал орудия разделяется на нарезную часть цилиндрич. формы и гладкую зарядную камеру различного вида. Обе части соединяются между собой переходным соединительным конусом. Нарезная часть простирается от начала нарезов в конусе до дула. Передний край канала у дульного среза скошен фаской. Боковая поверхность и край поля, к-рые принимают удар снаряда, толкаемого пороховыми газами в направлении оси канала, т. е. прямолинейно вперед, называются ведущей гранью и ведущим краем. При правой нарезке—это правый край верхнего поля и соответствующие ему у других полей и следовательно левый—у нижнего поля. Параллельными нарезами называются такие, у к-рых дно имеет одинаковую ширину на всем протяжении, в то время как у клиновых нарезов ширина дна к дулу уменьшается, а следовательно ширина поля увеличивается. Длина и угол нарезки измеряются по ведущему краю. Если мысленно провести плоскость через любую точку ведущего края какого-либо поля и через ось канала, то угол, образуемый этой плоскостью с касательной к краю поля в этой же точке, называется углом нарезки. Нарезы сообщают снарядам вращение около продольной оси, необходимое для устойчивости снаряда при полете в воздухе. Если развернуть поверхность нарезной части канала на плоскость, то при постоянной нарезке ведущий край представится в виде наклонной прямой, при прогрессивной нарезке—в виде кривой линии (параболы или дуги круга). Наиболее пологая нарезка—при переходном конусе—называется начальной нарезкой, наиболее крутая—у дула—конечной нарезкой (при прогрессивной нарезке). Только практикой многочисленных сравнительных испытаний стрельбою можно установить, какая нарезка является более выгодной для орудия в связи с его задачами.

Нарезы, числом 12—24 в зависимости от калибра, должны давать устойчивое направление снаряду при наименьшем возможном сопротивлении. Устойчивое направление требует большего, а малое сопротивление—меньшего числа полей, так. обр. приходится выбирать нек-рую среднюю величину между этими обоими противоположными требованиями. Клиновые нарезы должны, с одной стороны, облегчать первое врезание полей (у переходного конуса) в направляющие пояски снаряда, с другой стороны,—давать более устойчивое направление снаряду благодаря постепенно увеличивающейся ширине врезающихся полей. Но ствол может иметь только вдвое больше параллельных нарезов, чем клиновых, т. к. ширину полей у переходного конуса ради их прочности нельзя значительно уменьшать. Ширина нарезов всегда больше ширины полей, и число нарезов, в зависимости от диаметра канала, растет у различных калибров в разной мере. Чем менее ширина полей у переходного конуса, тем легче врезаются поля в направляющие пояски снаряда. Поля не д. б. однако слишком узкими, т. к. в таком случае легко м. б. повреждены. Глубина их равна при медных направляющих поясках снаряда в стальном стволе ок. 2 *мм*, при свинцовых направляющих поясках 3—4,5 *мм*. Вместе с глубиной нарезов увеличивается сопротивление движению снаряда. При мелких нарезах ведущие грани и края быстро изнашиваются от сильного трения о снаряд. Зарядная камора принимает снаряд и заряд, к-рые должны иметь в ней нек-рый зазор для удобства и быстроты заряжания. Ось снаряда не совпадает при этом совершенно точно с продолжением оси канала, что может вредить правильности направления, влиять на меткость стрельбы и причинить повреждение полей. Проникающие благодаря зазору языки пламени могут вызвать усиленный разгар верхней части зарядной каморы. Эти недостатки можно только ослабить соответствующей конструкцией, но не уничтожить их совсем. Зарядная камора образует или один гладкий цилиндр или распадается на два цилиндра: более широкий сзади и более узкий спереди, соединенные между собой задним переходным конусом. Часть, идущую от затвора до середины заднего переходного конуса, называют зарядной каморой, а от заднего переходного конуса до нарезов канала—снарядной каморой. В орудиях, заряжаемых металлич. патронами, задняя часть зарядной каморы, называемая также патронником, несколько расширяется конусом назад соответственно форме гильзы—для облегчения вынимания пустых выстреленных гильз. Пространство между затвором и дном снаряда называется пространством сгорания

начальным). Длина пути снаряда в канале орудия определяется расстоянием от дна снаряда до дульного среза. Снарядная камора—обычно гладкая, только при прогрессивной нарезке—нарезная. При вкладывании снаряда только передний направляющий поясок его вдвигается до начала нарезов в переходном конусе, задняя часть снаряда остается в гладкой части канала. К снарядной каморе примыкает зарядная камора. Она имеет в большинстве случаев увеличенный размер (1,1—1,2 калибра). Благодаря этому заряжание облегчается, но вместе с тем увеличивается диаметр и толщина стенок ствола. Размер каморы сгорания имеет особенно важное значение: если взята слишком малая камора, то вследствие слишком быстрого разложения пороха давление газов значительно возрастает, ствол перенапрягается, и страдает меткость стрельбы; если она слишком велика, порох и его разложение оказываются не вполне использованными. Это влияет на скорость снаряда при вылете и понижает меткость.

IV. Основы производства орудийных стволов: форма, литье и обработка отлитой болванки. Форма состоит (при формовании в земле) из трех частей: днища, собственно формы и литника. Днище замыкает форму снизу и состоит из железной плиты с конич. бортом, наполняемой кирпичами и формовочной землей; оно имеет форму дна ствола. Форма для самого ствола б. ч. устанавливается вертикально в т. н. литейной яме с днищем внизу. Ствол отливают в виде сплошной болванки или с сердечником. Сплошная болванка д. б. изготовлена с наружными размерами несколько большими размеров ствола, и материал, расположенный по ее сердцевине вдоль оси, удаляется при дальнейшем высверливании. Сплошные болванки изготовляются в глиняных или песчаных формах, а в настоящее время часто и в чугунных формах. Для получения глиняной формы модель ствола выполняют из соответственно толстого деревянного вала, поверхность которого покрывают зеленым мылом для легкости вынимания в дальнейшем из глины, и затем крепко обматывают несколькими свежескрученными жгутами из сухой травы до диаметра на 1,5—2 *см* большего диаметра отливки. При непрерывном вращении покрывают деревянную модель равномерно слоем жирной глины и затем просушивают в сушильной камере в течение 6—12 час. После того как слой глины совершенно высох, при непрерывном вращении формы накладывают второй слой, состоящий из равных частей глины и конского навоза, пользуясь шаблоном для проверки по размерам отливаемой болванки ствола. Этот слой опять хорошо просушивают, затем накладывают третий слой из очень тонкой глины. Трещины, к-рые могут появиться после просушки, затирают и покрывают всю поверхность смесью из древесной золы и молока или из графита и молока. Для цапф вытачивают деревянные модели и укрепляют их гвоздями в соответствующих местах глиняной модели. Приготовленная т. о. модель д. б. хорошо высушена, затем обкладывают ее 5—6 слоями сырой мелкой глинистой земли, образуя форму толщиной в 5—8 *см*, в зависимости от величины ствола. Каждый слой просушивают отдельно. Чтобы придать форме нужную жесткость, ее скрепляют железными кольцами и стержнями. После этого вынимают деревянный вал (модель), затем жгуты и выколачивают наконец глиняный слой модели. Форму опять хорошо просушивают и обжигают дровами или древесным углем. После обжигания внутреннюю поверхность покрывают смесью из древесной золы и молока или из графита и молока, просушивают и плотно затрамбовывают форму в литейной яме сырым песком. Хорошая трамбовка является безусловно необходимой, т. к. при рыхлом влажном песке жидкий металл легко может проникнуть где-либо через возможные трещины формы в песок и вызвать взрыв. Сырой песок применяется для затрамбовки потому, что он лучше отводит тепло расплавленного металла и плотнее трамбуется, чем сухой песок. Если применяется формовка в песке, то необходимы железные или чугунные опоки и деревянная или металлич. модель. Для удобства выемки из формы модель разрезается на столько частей, как этого требует внешний вид отливаемого ствола. Тончайший мелкозернистый глинистый песок набивается плотно между стенками модели и опоки. Когда формовка закончена, отдельные опоки разбирают, части модели вынимают и форму просушивают в сушильной камере. Для того чтобы песчаные поверхности формы не прилипали к отливке, их покрывают несколько раз смесью из молока и древесной золы, или из молока и графита, или сажи. Глиняная формовка не требует больших затрат. Песчаная формовка вначале дороже из-за изготовления модели и нек-рого количества опок, но при производстве значительного количества стволов одного и того же образца эти расходы выравниваются расходами на повторное изготовление модели для каждой штуки изделия при глиняной формовке. С научной точки зрения глиняная формовка предпочтительнее песчаной, по крайней мере в том случае, если при последней применяются опоки, вмещающие не очень толстый слой песка. Размеры глиняной формы не изменяются совсем или изменяются лишь очень немного, в то время как заложенные в железные опоки песчаные формы расширяются очень значительно, как только тепло залитого в форму металла достигнет железа опоки. Это можно заметить по разрывам связывающих опоки болтов.

Литье (отливка). При литье безусловно необходим прилив прибыли, т. е. добавка куска определенной длины сверх собственной длины ствола. Независимо от того, что при благоприятной установке формы в прибыли должны собираться попавшие в форму загрязняющие примеси и шлаки, прибыль своим весом производит во время застывания металла значительное общее сдавливание отливки и оказывает давление на ее внутреннюю часть (особенно если поверхность литника долгое время поддерживается в жидком состоянии помощью раскаленного древесного угля), вследствие чего застывающая от периферии отливка может получить добавочный металл из прибыли в свою внутреннюю часть соответственно происходящей усадке металла. Уплотнением отливки предотвращается возникновение пустот и образование менее плотного металла в серд-

цевине отливки самого ствола. При литье ствола с сердечником благодаря более быстрому охлаждению стенок канала достигается и бо́льшая твердость, обеспечивающая менее быстрый их износ. Процесс отливки почти такой же, как и для сплошной болванки. Как только металл приобретает в плавильной печи надлежащий состав и $t°$ (бронза 1 500°, сталь 2 250°), его выпускают в форму. После охлаждения заполненную металлом форму извлекают из литейной ямы и снимают форму. Для стволов из литой стали, которые выпускаются з-дом Круппа, металл расплавляют в тиглях, отливают в цилиндрич. форму, соответствующую по величине отливаемому стволу, и в раскаленном состоянии приводят к нужной внешней форме под паровым молотом или под гидравлич. прессом. При бронзовом литье бронзу льют в железные формы (изложницы) с сердечником. Сквозь высверленный ствол прогоняют стальные пуансоны под гидравлич. давлением и вследствие того, что пуансоны имеют постепенно увеличивающиеся диаметры, канал ствола расширяется, и т. о. стенки ствола уплотняются до однородного состояния. С увеличением калибров и силы выстрела быстро уменьшается долговечность ствола, т. е. число выстрелов, к-рые м. б. сделаны до приведения ствола в негодное состояние. Полевые пушки выдерживали несколько тысяч выстрелов, а немецкую дальнобойную парижскую пушку пришлось рассверливать после нескольких выстрелов. Разгар ствола является главнейшею причиною его изнашивания; порох с большим содержанием нитроглицерина повидимому особенно способствует разгару. Хорошо сдерживающий газы ведущий поясок снаряда повышает продолжительность службы орудия (число выстрелов), уменьшая разгар. Для металла ствола орудия однородность и отсутствие пористости имеют такое же значение, как и химич. состав. Воздействия разного рода причин на долговечность ствола научно еще не выяснены и указываются лишь практически. **Генстенберг.**

Обработка болванки. От верхней части слитков отрезаются в отброс прибыли: 1) от слитков, отлитых широким концом книзу, для сплошных поковок не менее 25% от веса слитка; 2) от слитков, отлитых широким концом кверху, для сплошных поковок не менее 20% от веса слитка. От нижней части слитков отрезается в отброс не менее 2% от веса слитка. От болванки, подлежащей ковке на оправке, вес прибыли вместе с весом высверленного металла д. б. не менее 25% от веса всей болванки. Удаление верхней и нижней части слитка производится по усмотрению завода обрубкой в горячем состоянии или отрезкой в холодном. Достаточность отреза прибыли поверяется при удалении концов от заготовки после первых переходов механическ. обработки до сверления: на срезах заготовок не д. б. видимых следов усадочных раковин, осевой рыхлости, пузырей, трещин и плен. Если эти недостатки будут найдены на срезе, то отрезается еще один или несколько раз столько металла, чтобы не было заметно указанных выше недостатков. Следы усадочных раковин и рыхлости металла допускаются лишь в тех заготовках, в к-рых они могут быть удалены при высверливании центральной части. При изготовлении орудийных поковок отношение площади поперечного сечения литой болванки к откованной из нее поковки д. б. не менее 2,5 для труб и не менее 2 для цилиндров. При ковке на стержне толщина стенки болванки д. б. уменьшена вдвое. В случае осадки болванки площадь последней считается по наименьшему сечению, получившемуся при осадке болванки. Полуфабрикаты, откованные для изделий фигурного (не цилиндрического) наружного очертания, должны иметь наружную форму, исключающую (по возможности) перерез волокон стали.

V. Термическая обработка. а) Все главные орудийные части д. б. подвергнуты термич. обработке в порядке, установленном технологич. процессом; отпуск д. б. при $t°$ не ниже 500°. Все отдельные мелкие части, входящие в состав стволов, д. б. употребляемы в дело в отожженном виде, если не подвергались закалке и отпуску. б) Термически необработанные полуфабрикаты после каждой правки (под прессом, молотом или другим способом) подвергаются повторной закалке с отпуском или одному отпуску с последующим производством механическ. испытаний. Если полуфабрикаты, подвергаемые правке, уже не имеют запаса по длине, необходимого для производства механич. испытаний, то правку их можно допустить в виде исключения, но при условии нагрева до $t°$ не выше 450° и при условии последующего испытания таковых по способу Бринеля, Роквелла или другим методом перед правкой и после правки. Эти пробы производятся по одной и той же производящей по всей длине изделия на определенных местах. Если заметных изменений механич. качеств металла от правки не произойдет, то изделие м. б. допущено для дальнейшей обработки. в) Исправления пороков металла или недостатков обработки заливкой, заваркой или зачеканкой ни в коем случае не допускаются.

Механические испытания. а) Все главные орудийные части подлежат испытанию механич. качеств. Как общее правило испытаниям подвергаются бруски, вырезанные из колец в тангенциальном направлении (поперечные); исключения допускаются для изделий с малой толщиной (например лейнеры для орудий малых калибров). В тех случаях, когда части орудий подвергаются механич. испытаниям только в определенном числе от партии или заготовки, предназначенной на несколько частей, каждая часть предварительно испытывается по способу Бринеля, Роквелла и др. для выбора наиболее сомнительной части; последняя и подвергается установленным механич. испытаниям. б) При производстве механич. испытаний на растяжение обязательному определению подлежат следующие величины, к-рые являются решающими для суждения о годности металла: предел упругости, сужение площади поперечного сечения, сопротивление удару надрезанного бруска (проба Шарпи). Кроме того записывается состояние наружной поверхности бруска после разрыва, а также замеченные литейные и другие пороки металла. в) Орудийная сталь в тангенциальных образцах должна показывать механич. свойства, приведенные в табл. 3.

Табл. 3.—Характеристика орудийной стали.*1

Сорт стали	Марка стали	σ_e*2	ψ*3	σ*4
Обыкновенная . . .	О-1	32	35	3,0
Повышенная	О-2	40	40	4,0
Специальная А. .	О-А	50	40	4,0
» АБ. .	О-АБ	60	40	4,0
» Б. .	О-Б	70	40	4,0

*1 Указаны нижние пределы. *2 Предел упругости в кг/мм². *3 Сужение площади поперечного сечения в %. *4 Сопротивление удару в кгм/см², по Шарпи.

Маркировка. 1) В переходах производства ставятся клейма: а) на слитках: номер плавки и номер слитка по порядку разливки; б) на полуфабрикатах, законченных термо-механич. обработкой: порядковый номер изделия (по каждому виду изделий), номер плавки, номер слитка и номер части из слитка; нумерация ведется от нижней части слитка. 2) На полуфабрикатах, выдержавших контрольное испытание, ставятся соответствующие клейма: контрольного отдела з-да, представителя заказчика, если данный полуфабрикат был им проверен, марка стали.

Отбор проб. а) Отрезка колец и дисков для пробных брусков. Все полуфабрикаты должны иметь припуски на концах, достаточные для производства контрольных испытаний; форма и размеры поперечного сечения припусков д. б. как общее правило такие же, как и у соответствующих концов полуфабриката. Но когда концы полуфабриката имеют сложное очертание (не тела вращения), припуски для контрольных испытаний допускаются в виде кругового цилиндра, диаметр которого равен наименьшему поперечнику соответствующего цилиндрич. конца полуфабриката. Указанное относится как к полуфабрикатам, законченным термо-механич. обработкой (или литым), так и к прошедшим черновую механич. обработку под закалку. Для взятия пробных брусков от полуфабрикатов, имеющих форму полых цилиндров, отрезаются поперечные кольца; перед отрезкой такого кольца отбрасывается отрезок шириной (с прорезом) не менее половины толщины стенки полуфабриката. В толщину отрезаемой части входят все диски, отрезаемые для заводских испытаний. Если поковка имеет вид сплошного цилиндра, то от испытуемого конца этого цилиндра перед отрезкой диска отбрасывается отрезок по длине не менее $^1/_4$ диаметра для орудий более 152-*мм* калибра и не менее $^1/_3$ диаметра для орудия 152-*мм* калибра и ниже. При взятии брусков для повторного испытания следующее кольцо или диск отрезается рядом, если не было повторной термич. обработки изделий. Если же повторное испытание производится после промежуточной термич. обработки, то следует вновь отбросить концевой отрезок, как указано выше. Толщина отрезаемого для испытаний кольца или диска д. б. такова, чтобы из них могли выйти пробные бруски требуемых размеров. б) Вырезание брусков. Бруски для механич. испытаний вырезаются из колец в тангенциальном направлении так, чтобы крайняя обращенная к каналу сторона каждого бруска была направлена приблизительно по касательной к той окружности поперечного сечения, к-рая придется в окончательно отделанном изделии на поверхности его канала. Оси брусков, намеченных к вырезке из колец, должны составлять приблизительно или правильный тр-к, или квадрат, или мн-к. Нумерация вырезаемых брусков производится по порядку по часовой стрелке, если смотреть от казенной части к дульной. При всех повторных испытаниях одноименные бруски должны располагаться по одним и тем же производящим, для чего на наружной поверхности припусков полуфабрикатов д. б. обозначена глубокими кернами производящая, которая соответствует середине бруска. Для изделий с малой толщиной стенки (напр. лейнеры для орудий малых калибров), от к-рых невозможно получить тангенциальные бруски необходимой длины, для определения предела упругости допускается пользование продольными брусками, параллельными оси изделия. В таких случаях определение предела упругости производится на продольных брусках, а прочие характеристики механич. качеств определяются на тангенциальных брусках. Продольные бруски, являющиеся дополнительными, вырезают из следующего отрезаемого от полуфабриката кольца так, чтобы оси брусков лежали в середине стенки изделия. Число и расположение продольных брусков д. б. такие же, как и у соответствующих тангенциальных. Число и тип брусков от каждого испытуемого диска устанавливаются в зависимости от калибра орудия.

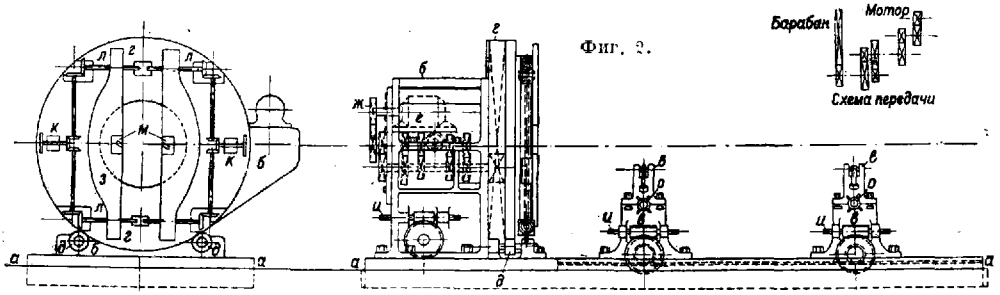
Методы испытаний. а) Полуфабрикаты, предъявляемые к контрольным испытаниям, подвергаются поверке на ликвацию; анализ делается на углерод, фосфор и серу. Проба для анализа берется из кольца или диска, отрезанного от прибыльного конца полуфабриката. Число полуфабрикатов от каждой плавки, подвергаемых поверке на ликвацию (по Бауману или другим способом), при установившемся ходе производства не должно превышать 3% от числа всех полуфабрикатов данной плавки. б) Механич. качества полуфабрикатов определяются испытанием пробных брусков, вырезанных из припусков. На соответствующих машинах и приборах производятся следующие испытания: 1) разрыв брусков нагрузкой, медленно возрастающей; 2) испытание надрезанных брусков ударом (проба Шарпи); 3) испытание брусков и полуфабрикатов на твердость по методу Бринеля, Роквелла и др. Допускаемая машинами и приборами ошибка не должна превышать 2%, в противном случае таковые подлежат исправлению, или же в показаниях машин ошибка их должна учитываться. в) Изделия, длина которых в чистом виде превышает 600 *мм*, подвергаются испытаниям с обоих концов; при меньшей длине — с одного конца. Изделия короче 600 *мм*, изготовляемые по нескольку штук из одного и того же слитка, но подвергаемые тепловой обработке раздельно, испытываются каждое с одного конца. Если же изделия короче 600 *мм* подвергаются тепловой обработке в виде общей заготовки, то такая заготовка испытывается с двух концов, причем полученные результаты испытаний относят-

ся ко всем изделиям, на к-рые эта заготовка будет разрезана. г) При испытании пробных брусков на удар определяется сопротивление удару (работа, затраченная на излом брусков в *кгм*), отнесенное к площади поперечного сечения бруска в месте надреза, выраженной в *см*². Кроме того в журнале испытания отмечаются особенности, замеченные в изломе и на боковой поверхности бруска. При испытании бруски располагаются свободно на двух опорах; середина надреза должна приходиться против середины ножа. Расстояние между опорами должно равняться учетверенной стороне квадратного бруска. д) В случае сомнительных результатов механич. испытаний допускается повторить таковые не свыше двух раз. Результаты третьего испытания считаются окончательными. При производстве повторных испытаний руководствуются следующим: 1) если между двумя испытаниями производилась повторная термич. обработка изделия, то механич. испытания производятся полностью, как и при предъявлении в первый раз; 2) если промежуточной тепловой обработки не было, то повторные испытания производятся только от того конца изделия, который оказался сомнительным, причем при недостаточной величине предела упругости повторное его определение производится на всех брусках, подлежащих испытанию на растяжение. В случае неудовлетворительного исхода только ударной пробы, для повторного испытания вырезаются из кольца *или диска только три бруска для испытания* на удар. Если неудовлетворительные результаты испытаний сопровождаются еще и наличием на двух или более пробных брусках пороков металла (трещины, расслоения, плены, пузыри, песочины, флокены), то повторное испытание от соответствующего конца изделия д. б. сделано в удвоенном количестве, для чего от испытуемого конца изделия берутся два новых кольца или диска.

VI. Производственный процесс механической обработки, специальное оборудование и инструмент. Порядок прохождения производственного цикла изготовления орудий: отливка болванки; механич. подготовка болванки под проковку (обрезка прибылей, обдирка, сверление); проковка; механич. подготовка поковки под термическую обработку (обдирка, сверление и расточка); термическая обработка; отрезка дисков для испытания заводского и приемочного; изготовление брусков для испытания заводского и приемочного; испытание брусков в механич. лаборатории; предварительная и чистовая расточка; обточка под скрепление; скрепление; расточка камер; полировочные работы; нарезка канала; окончательная обработка; слесарная отделка; обмеры и сдача.

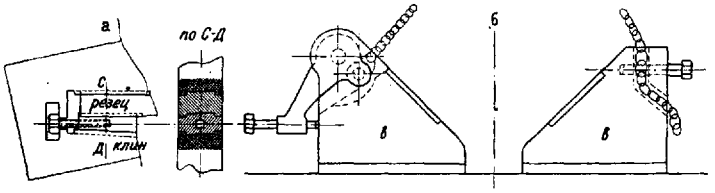
Отливка болванки. Болванка должна отвечать требованиям, указанным в технических условиях.

Механическая подготовка болванки под проковку. а) Отрезка прибылей имеет целью удаление с обоих концов болванки металла, наиболее загрязненного всевозможными примесями. Отрезка прибылей производится или на обычных токарных станках или на специальных станках—отрезных. Станки в большинстве случаев короткие и д. б. очень солидной конструкции, так как болванки, устанавливаемые на них, имеют вес от 6 000 *кг* (130-*мм* кожухи) до 67 000 *кг* (14-дм. кожухи). Один из типов специальных отрезных станков изображен на фиг. 2. Он состоит из станины *а*, заделанной в фундамент, на к-рой смонтированы основание бабки *б* и две могущие перемещаться вдоль станины *а* стойки *в*. В подшипниках основания бабки *б* вращается полый шпиндель с барабаном *г*, поддерживаемый при вращении роликами *д*. Вращательное движение сообщается барабану *г* от мотора *е* и передается системой шестерен *жс*. На барабане *г* собраны две балки *з*, несущие резцы, и связанная с этими балками система передач, при помощи к-рых осуществляется ручная или механич. подача резцов. Балки *з* вращаются вместе с барабаном *г* и при этом могут иметь еще поступательное движение, сближаясь к центру барабана *г*, *параллельно самим себе. Поступательное движение* осуществляется вращением звездочек *к*, каковое затем конич. шестернями передается на ходовые винты *л*, сцепленные с гайками в балках *з*. Подача резца автоматически осуществляется тем, что к основанию бабки *б* привинчивается особый кронштейн с пальцем, на который и набегают звездочки *к* при вращательном движении барабана *г*. Резцы устанавливаются в каленых вкладышах *м* и закрепляются помощью клина и натяжного винта (фиг. 3а). Каждая балка *з* несет по одному резцу; один из них снимает стружку во всю ширину реза (для крупных болванок обычно в 40 *мм*), а другой делит эту стружку шириною в 40 *мм* на две части, чем облегчается удаление стружки из реза (делительный резец). Во избежание заклинивания балок *з* в болванке при углублении резцов к центру ее, последние делаются шире толщины балки и выступают с каждой стороны ее на 2,5—3,0 *мм*. Нек-рые фирмы готовят указанные станки с особыми приспособлениями, предназначенными для сохранения постоянства скорости резания по мере приближения резцов к центру болванки. Из-



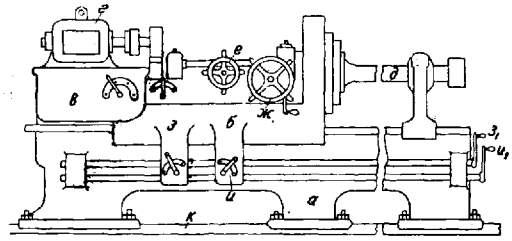
Фиг. 2.

делие кладется на стойки *в* и закрепляется цепями (см. фиг. 3б). При установке изделия как основание бабки *б*, а значит и барабан *г*, так и обе стойки *в* м. б. перемещаемы вдоль станины благодаря червячным передачам *и*, приводящим в движение шестерни, сцепленные с рейкой на станине. Верхние части стоек имеют кроме того движение, перпендикулярное к станине, что достигается



Фиг. 3а и 3б.

помощью ходовых винтов с маховичком *о*. б) Обдирка производится на обычного устройства токарных станках солидной конструкции, обладающих для крупных болванок большой мощностью, несколькими супортами, позволяющими снимать до 1 *т* стружки в час. Материалом для резцов служат: быстрорежущая сталь, твердые сплавы, один из к-рых, «победит», открытый в СССР, начинает за последнее время получать большое распространение. в) Под сверлением понимается процесс, при к-ром отверстие получается в сплошной массе металла. Сверление болванки производится на специальном двухстороннем станке. Станок состоит из двух самостоятельных, совершенно одинаковых частей (фиг. 4), производящих всю работу; между ними помещается средняя часть, предназначенная для неподвижного зацепления обрабатываемого предмета. Сверление происходит с двух сторон одновременно и только при достаточном сближении обеих головок одну из них вынимают из болванки, в то время как другая заканчивает



Фиг. 4.

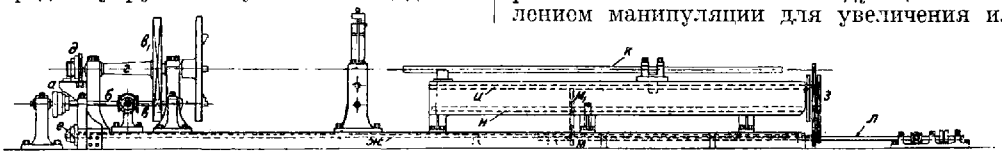
сверление, т. е. соединяет обе части сверления. Каждая отдельная крайняя часть станка имеет станину *а*, по направляющим которой ходят сани *б* с державкой, предназначенной для закрепления в ней инструмента для сверления; за одно целое с санями выполнена площадка *в*, несущая на себе мотор *г*. Вращение валу *д* от мотора сообщается при помощи зубчатых передач и механизма включения и выключения *е*; маховик *ж* с механизмом сцепления и расцепления служит для ручного вращения державки. Перемещение саней *б*, т. е. подача их, производится при помощи механизмов включения и выключения *з* и *и*, применяемых при прямом рабочем и холостом, более быстром, ходе; соответствующие рукоятки $з_1$ и $и_1$ служат для ручного перемещения саней в ту или другую сторону. Обе части станка установлены на одной общей станине *к*, на к-рой укреплена и средняя часть, состоящая из двух солидных стоек со съемными крышками; в стойках при помощи четырех установочных винтов в каждой и закрепляется обрабатываемое изделие.

П р о к о в к а производится нормальными методами, причем для крупной артиллерии употребляются очень мощные гидравлические прессы, работающие путем обжима болванки; при этом трубы, кожухи и цилиндры куются как сплошными, так и полыми — на оправке. Проковка орудийной стали является одним из ответственных технологических процессов. Согласно современным взглядам ковка должна обеспечить наибольшую прочность металла тем, что волокнам стали (кристаллиты) будет придано определенное расположение (см. *Кузнечное производство*). Так как части орудия представляют собою в иных случаях сложную форму (кожух), а в других трудно достигается требуемое сложение (труба), то решения этого вопроса (наипрочнейшего расположения волокон) современные металлурги пытаются достичь различно: некоторые (шведский з-д Fagersta и др.) придают желаемое строение отливкой заготовки в определенные формы (литые ответственные детали пушки), другие (современные достижения США) отливают трубы на центробежной машине; наиболее надежный и испытанный процесс—это ковка специально отлитых в особых условиях слитков. Из этих указаний относительно подхода к процессу ковки явствует, какое громадное значение придается в современной металлургии вопросу упрочения металла ковкою. Следует заметить, что т. к. технологич. процесс ковки очень сложен, то изучение его до настоящего времени не вполне проведено даже в наиболее элементарных частях, т. ч. многое, что раньше казалось полезным (напр. высокий % уковки) в настоящее время считается вредным (Шарпи); поэтому-то в ОСТ'е тщательно оговаривается методика производства. В процессе орудийного производства применяют наиболее высокие достижения металлургической практики, а т. к. орудия достигают в настоящее время крупных размеров и для них применяются очень крупные слитки (до 100 *т*), то естественно, что крупное машиностроение может делать из данных технологич. процесса производства орудий существенные выводы для общего машиностроения. Требование расположения волокон металла вокруг канала трубы вызвало процесс ковки таковой на оправке с предварительной рассверловкой дыры, причем удаляется наиболее рыхлая часть слитка. Для мелких труб (менее 6″) такой прием неудобен, поэтому применяют способ изготовления дыры по методу Манесмана, чем обеспечивается расположение волокна по спирали вокруг канала орудия. Слитки, из которых изготовляется труба, часто стремятся охлаждать из центра, чтобы создать наиболее плотное сложение именно около канала орудия. Только комбинация правильной отливки и проковки может обеспечить наиболее

прочное изделие. Имеется еще одна особенность требований, предъявляемых к орудию—противостояние процессу разгара. Зависимость этого явления от технологич. процесса не вполне выяснена, и это часто не дает возможности вполне распоряжаться изменениями металлургич. процесса, к-рые были бы пригодны для обычного машиностроения, т. к. опытные данные можно получать, только «расстреляв» пушку, т. е. после 5—15 000 выстрелов. Это относится только к трубе орудия; все остальные детали пушки (орудия) разгару не подвергаются, и потому для них остаются в силе те же требования, что и в общем машиностроении. Для ковки орудий применяют как молоты, так и прессы (для крупных орудий), а также и другие типы машин, например станок Манесмана. ОСТ 3299 предусматривает как процесс изготовления стали, так и пределы хим. состава. Основанием разделения на сорта орудийной стали являются механич. свойства металла на пределе упругости. Сужение площади поперечного сечения образца, взятого из тангенциальных брусков, и ударная проба д. б. не менее определенных величин; в противном случае изделие бракуется. Т. к. механич. испытания металла производятся над полузаконченными изделиями, то браковка значительно отражается на стоимости окончательного изделия, но чтобы такой процесс испытаний гарантировал действительно высокое качество продукции ОСТ очень точно указывает как методику исполнения металлургич. технологич. процесса, так и процесса механич. испытаний. Металлургич. технологический процесс выработался на основании обширной мировой практики, поэтому приводимые методы показательны вообще для получения лучших качеств стали и для общего машиностроения.

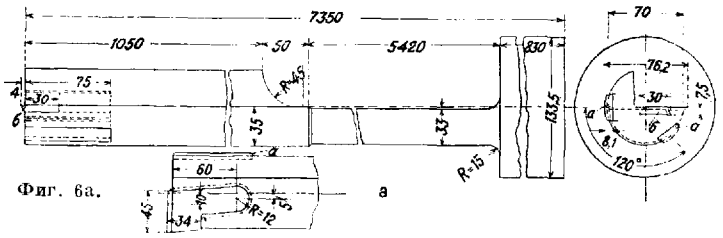
При производстве орудийных стволов, как при всех серьезных кузнечных работах, проверка размеров является первой рабочей операцией для определения, достаточно ли имеется материала для того, чтобы получить заданные размеры при обработке. Откованную под падающим мотором или под гидравлич. прессом болванку ствола центрируют на специальном токарно-расточном станке и проверяют вращением. Приспособление для промеров, состоящее из легкой деревянной балки, поддерживаемой подобно правильной линейке, натянутыми проволоками и раскрепленной от прогиба, несколько большей длины, чем болванка, вводят в отверстие поковки и проверяют его внутренние размеры посредством калибра. На конце этого приспособления имеется прибор для производства отсчетов. Отсчеты делают по всей длине ствола и по четыре в каждом поперечном сечении через 90°. Полученные результаты сводят в таблицу и изучают. Из этого перечня данных обнаруживается, нет ли эксцентрич. отклонений. На основании промеров эти отклонения выравниваются. Когда все промеры для всей длины ствола сделаны и оказалось, что материала для обработки достаточно и нет ни эксцентриситета ни других неисправностей, то на наружной поверхности болванки в определенных местах делают проточки, к-рые служат опорными точками при последующей обработке. Если неправильности, обнаруженные при помощи промеров, больше, чем допустимо для обработки, то производят промеры снова с тем, чтобы распределить эксцентриситет. Очень длинные поковки, какие представляют собой орудийные стволы, состоящие из внутренней трубы и кожуха, д. б. промерены и обработаны с обеих сторон. Это д. б. сделано с большой осторожностью для того, чтобы при сборке ствола его части пришлись на месте.

Механическая подготовка поковки под термическую обработку состоит из обдирки и сверления—в случае сплошной поковки, или предварительной расточки—в случае полой поковки. Под расточкой понимаются последующие за сверлением манипуляции для увеличения или выверки уже высверленного отверстия. Расточка подразделяется на предварительную и чистовую; назначение первой заключается в уменьшении припуска внутреннего диаметра в целях: а) выверки высверленного как общее правило с двух сторон отверстия, б) выявления могущих иметь место в металле пороков и в) облегчения работы инструмента для окончательной обработки в требуемый размер. Предварительная расточка ведется попеременно с обоих концов обрабатываемого изделия путем поворота его; глубина резания 3—12 *мм*—в зависимости от диаметра отверстия и припуска. Чистовая расточка производится на всю длину изделия; глубина резания 0,5—1 *мм*. Сверление производится на токарно-сверлильных станках, один из типов к-рых приведен на фиг. 5; рабочее движение изделие получает от ступенчатого шкива *а*, вращение к-рого через вал *б* и шестерню *в* передается посредством внутреннего сцепления шестерне $в_1$, сидящей на шпинделе *г*. На последнем сидит ступенчатый шкив *д*, передающий вращение шкиву *е*, насаженному на вал *жс*, и при помощи системы зубчатых передач *з* у вала *и* на другом конце станка стебель *к* вместе с инструментом получает движение подачи. Холостые ускоренные движения саней со стеблем осуществляются при помощи самостоятельного привода, передающего вращение валу *л* с сидящей на нем шестерней *м*, сцепляющейся с шестерней $м_1$ на валу *н* и далее через систему зубчатых передач *з* супорту *к*. В качестве инструмента для сверления служат: 1) сверло перовое; 2) пушечное сверло (фиг. 6а) со стальными закаленными шпонками *а* и резцом *б*; 3) ложка (фиг. 6б) со шпонками *а* и резцом *б*—инструмент, при работе к-рым удаляемая часть металла не переводится целиком в стружку, а который прорезает только кольцевую выемку, причем остающаяся часть металла (центральный стер-

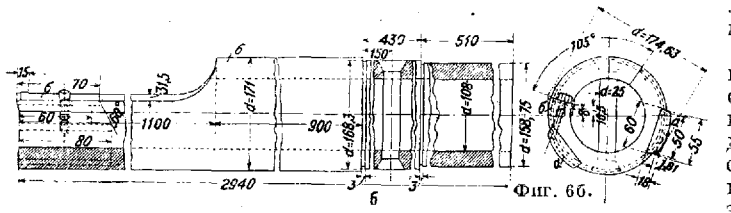


Фиг. 5.

жень) входит во внутреннюю полость ложки и периодически в зависимости от длины ложки обламывается при помощи клина и удаляется. Ложки применяются при сверлении диаметров не ниже 100 *мм*; при меньших диаметрах сверление производится сверла-



Фиг. 6а.

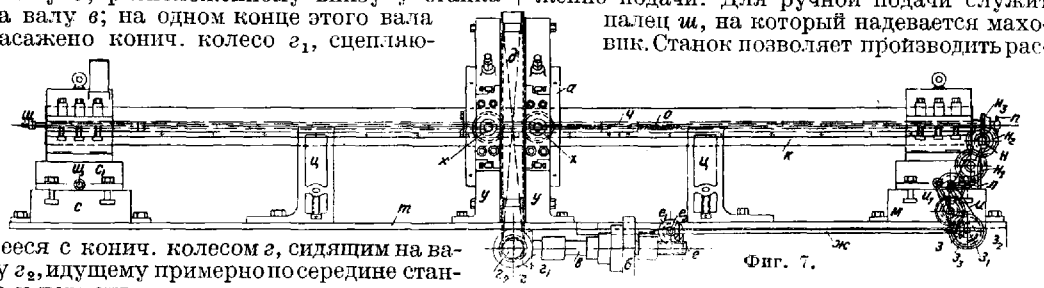


Фиг. 6б.

ми. В большинстве случаев во избежание сильного увода сверление производится с двух сторон с поворотом изделия, т. е. сначала высверливается примерно половина изделия, затем последнее поворачивается и сверлится с другой стороны до соединения с высверленным ранее отверстием. Материалом для резцов служит чаще всего быстрорежущая сталь. Смазка—баранье сало; охлаждение—вода. Расточка производится на цилиндро-расточных станках, двумя характерными типами к-рых служат следующие.

Станок первого типа (фиг. 7) предназначен для расточки полых поковок. Изделие закрепляется средней своей частью в патроне *а*. Со ступенчатого шкива контрпривода вращение передается ступенчатому шкиву *б*, расположенному внизу у станка на валу *в*; на одном конце этого вала насажено конич. колесо $г_1$, сцепляющееся с конич. колесом *г*, сидящим на валу $г_2$, идущему примерно по середине станка и перпендикулярно к нему; вал $г_2$ в средней своей части несет червяк, сцепляющийся с червячным колесом *д*, скрепленным с патроном *а*, передающим вращение закрепленному в нем изделию. Другой конец вала *г* снабжен червяком *е*, сцепляющимся с червячным колесом $е_1$, сидящим на валу $е_2$; на последнем закреплено конич. зубчатое колесо, сцепляющееся с конич. же колесом, сидящим на валу *же* и снабженном на другом своем конце конич. колесом *з*, сцепляющимся с таким же колесом $з_1$, сидящим на валу $з_2$. На этом же валу сидит шестерня $з_3$ и трензель (гитара) *и* для установки промежуточных паразитных шестерен $и_1$, служащих для передачи вращения к механич. валу *к*. Кронштейн *л*, укрепленный на нижней части стойки *м*, несет на себе два подшипника для вала шестерен $н_1$, вала шестерни $н_2$ и червяка *н*. Последний сцепляется с червячным колесом $н_3$, посаженным на ходовой винт *о* вала *к*, рядом с фрикционной муфтой *п*, служащей для включения винта *о*. Механич. вал *к* своими концами лежит в нижних частях подшипников *р*. Подшипники *р* и вся система зубчатых колес укреплены на плитах *с* и $с_1$, соединенных и с основной плитой *т* и между собой при помощи болтов, имеющих возможность перемещаться по **Т**-образным пазам. Внутри вала *к* эксцентрично проделана продольная по всей длине вала выемка, в которой и помещается *винт о*.

Устройство патрона для закрепления изделия таково. К основной плите станка *т* привернуты при помощи болтов две стойки подшипника *у*, связанные между собой при помощи стяжных болтов. В эти стойки подшипника входят боковые шейки полого патрона *а*, средняя часть которого снаружи снабжена червячным колесом *д*, сцепляющимся с червяком, сидящим на валу *г*. Обрабатываемое изделие вводится внутрь патрона *а* и зажимается там при помощи болтов, ввинченных в отверстие у патрона. Для устранения возможных перекосов патрона под влиянием веса закрепленного в нем изделия и давления резца зубчатый обод патрона направляется конусными роликами *х* (по два с каждой стороны). Передвижные стойки *ц* служат опорами для выходящих из патрона концов изделия. На ходовой винт *о* насажена снабженная хвостом с гайкой резцовая колодка, несущая резец и осуществляющая при вращении винта движение подачи. Для ручной подачи служит палец *ш*, на который надевается маховик. Станок позволяет производить расточку не только цилиндрич. поверхностей, но и конусных, что достигается сдвиганием плиты $с_1$ относительно плиты *с*, осуществляемым благодаря наличию винта *щ*, укрепленного в плите $с_1$, и гайки, закрепленной в плите *с*. Сохранение постоянства сцепления червяка *н* с червячным колесом $н_2$ при указанном сдвигании достигается вследствие наличия телескопич. вала с шарниром сист. Гука.



Фиг. 7.

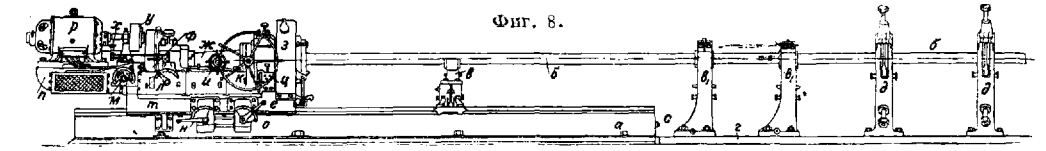
Станок второго типа изображен на фиг. 8. Он состоит из двух станин *а* с направляющими, по которым перемещаются бабка и поддерживающая стебель (штангу) *б* стойка *в* с рейкой *г*, по которой от руки при помощи ключа с трещоткой перемещаются две стойки $в_1$, для поддерживания стебля *б*, и две стойки *д* для закрепления в них изде-

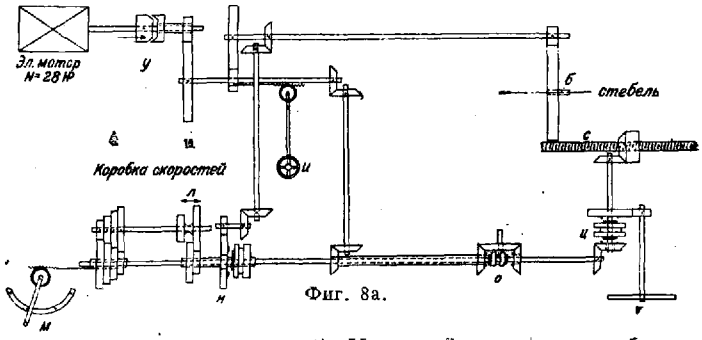
лия. Бабка состоит из основания *е*, шпинделя *ж*, патрона *з*, с к-рым при помощи болтов соединен фланец стебля *б*, и механизмов, управление которыми осуществляется через маховики *и* и *к* и рукоятки *л*, *м*, *н* и *о*. К основанию бабки прикреплена болтами площадка *п*, на к-рой смонтирован электромотор *р*, приводящий в движение шпиндель *ж* (следовательно и стебель *б*) и ходовой винт *е*, связанный с гайкой, закрепленной неподвижно в основании *т* бабки, чем и достигается поступательное движение последней по направляющим станины *а*. Шпиндель станка по желанию м. б. разъединен с мотором при помощи соединительной муфты *у*, работающей от усилия, прилагаемого на рукоять *ф*. Подобное разъединение совершается очень быстро, и к нему прибегают в тех случаях, когда стебель *б* нужно повернуть на небольшой угол, поймав то или иное положение резца для осмотра, установки или заточки последнего. Обычно же это достигается помощью маховичка *и*. Согласно приведенной схеме передач (фиг. 8а) станок имеет следующие движения. 1) Холостой ход мотора—мотор работает при расцепленной муфте *у*. 2) Бабка стоит на месте, стебель только вращается—муфта *у* и подвижная шпонка *ш* включены; рукояти муфт *н* и *о*—в средних положениях, т. е. выключены; вращение стебля в ту или другую сторону достигается переменой вращения вала мотора (смена полюсов), что осуществляется помощью маховичка *х* (фиг. 8). 3) Стебель, не вращаясь, движется поступательно вместе с бабкой—*и* выключено; рукояти муфт *н* и *о* (фиг. 8) одновременно в том или ином крайнем положении. 4) Стебель вращается и движется вместе с бабкой — *и* включено; рукояти муфт *н* и *о* одновременно в том или ином крайнем положении. Скорость вращения стебля регулируется реостатом и изменяется от 3,24 об/м. до 9,8 об/м. Величина подачи регулируется рукоятями передачи *л* и подвижной шпонки *м*, причем каждому из двух крайних положений первой отвечают четыре различных положения второй. Т. о. подача на 1 оборот имеет 8 различных величин (см. табл. 4). 5) Ручное перемещение бабки достигается маховиком *к* при соответствующем положении рукояти муфты *ц*, крайние положения которой отвечают или перемещению бабки механически от вала или ручным способом с помощью маховика *к*. Изменение направления поступательного движения бабки, а следовательно и стебля производится с помощью рукояти муфты *о* при посредстве паразита. Станок описанного типа по своей конструкции должен удовлетворять условию: $L=2l$, где L—длина стебля, несущего резцы, а l—длина растачиваемого изделия. Этим необходимым условием вызвана значительная длина станков этого типа. Для полной гарантии получения вполне точного цилиндрич. отверстия цилиндрорасточные станки должны удовлетворять другому условию: стебель, несущий резец, д. б. достаточной прочности, т. е. не пружинить под действием своего веса и давления на резцы. С этой точки зрения стебли, имеющие сквозные отверстия для закрепления резцов, не выдерживают критики, как ослабленные этими отверстиями. Подобного метода закрепления резцов нужно избегать, отдавая предпочтение закреплению резцов на стебле в патроне, несмотря на то что вес последнего способствует прогибу стебля.

Табл. 4. — Зависимость подачи от положения рукояти *л* и шпонки *м*.

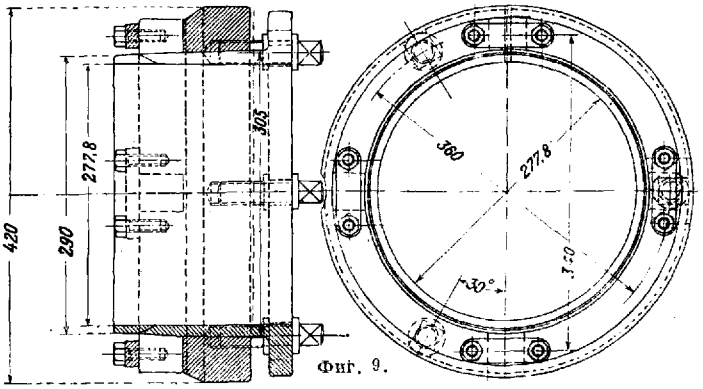
Положение рукоятей		Подача на 1 об./м., мм	Положение рукоятей		Подача на 1 об./м., мм
м	*л*		*м*	*л*	
1	Влево	0,82	1	Вправо	3,04
2		1,10	2		4,16
3		1,56	3		5,78
4		2,20	4		8,20

Фиг. 8.





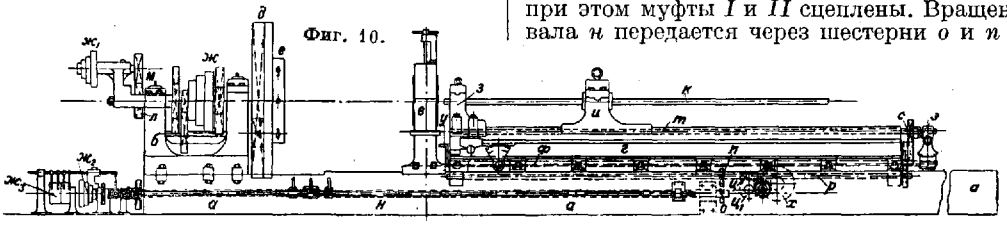
Фиг. 8а.



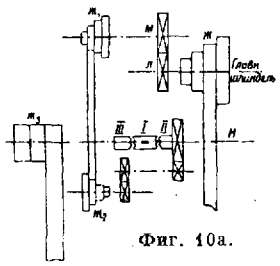
Фиг. 9.

Патроны для закрепления резцов на стебле делают различных типов, один из них приведен на фиг. 9. Хорошей мерой, уменьшающей влияние изгибающих усилий (вес стебля и вес патрона для резцов), является вертикальное расположение стебля. Станки подобной конструкции изготовляются для расточки коротких цилиндров. Мерой, уменьшающей изгиб от давления на резец, является расположение резцов в патроне друг против друга, и тогда изгибающие моменты от одного резца уравновешиваются моментами от другого.

Фиг. 10.



Термическая обработка и отжиг производятся как в печах горизонтальных, так и вертикальных в зависимости от размеров и конфигурации изделий.



Фиг. 10а.

Отрезка дисков производится на токарных станках обыкновенного типа или при помощи дисковых пил. Отламывание диска не допускается как действие, изменяющее механич. качество материала.

Изготовление брусков производится на долбежных, строгальных, фрезерных и токарных станках.

Испытание брусков в лаборатории производится согласно существующим технич. условиям.

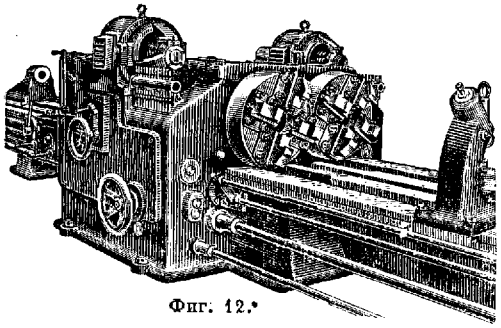
Предварительная и чистовая расточки производятся на токарно-расточных станках (фиг. 10). Станок состоит из нижней станины *а*, на к-рой смонтированы неподвижное основание *б* передней бабки, подвижные стойки *в* и верхняя станина *г*. В подшипниках передней бабки *б* лежит шпиндель, несущий на себе планшайбу *д* с патроном *е* для укрепления в нем болтами изделия, рабочие ступенчатые шкивы *жс* и $жс_1$ и система зубчатых шестерен. Пользуясь этой системой, можно осуществить 12 различных комбинаций оборотов шпинделя в 1 мин. На верхней подвижной станине *г* расположены опорная стойка *з* и подвижные сани *и*, несущие стебель *к*. При работе на станке изделие закрепляется одним концом в патроне *е*, а другим лежит во вкладышах стойки *в* и получает вращательное движение от планшайбы *д*. Одновременно с этим и в полной зависимости от числа оборотов планшайбы *д* сани *и* движутся по верхней станине *г* вместе с закрепленным в них стеблем *к*, на конце к-рого крепится расточная головка с резцами. Эти два основных движения станка, являющиеся рабочими движениями, осуществляются след. обр. Через ременную передачу вращательное движение передается от главного вала через контрпривод на ступенчатые шкивы *жс* и планшайбу *д* с патроном. Одновременно с этим вращательное движение главного шпинделя через шестерни *л* и *м* (фиг. 10а) передается на ступенчатые шкивы $жс_1$ и с последних через ременную передачу на шкивы $жс_2$ и далее на вал *н*; при этом муфты *I* и *II* сцеплены. Вращение вала *н* передается через шестерни *о* и *п* на вал *р* и с помощью системы шестерен на конце верхней станины *г* приводится во вращательное движение шестерня *с*, свободно сидящая на ходовом винте *т*. Действуя на рукоять *у* через валик *ф*, шестерню *с* при помощи муфты *э* сцепляют с ходовым винтом *т*; последний получает вращение, и сани *и* получают поступательное движение, чем и осуществляется та или иная подача. Так осуществляется главное рабочее движение станка, т. е. вращательное движение изделия и поступательное движение инструмента. Кроме рабочего движения станок имеет движения вспомогательные, установочные: а) ускоренное движение саней *и* по верхней станине *г* и б) движение верхней станины *г* по нижней *а*. Первое осуществляется тем, что движение с главного приводного вала через контрпривод передается непосредственно на шкивы $жс_3$ и, минуя зубчатые колеса, передается на вал *н*, причем сцеплены муфты *I* и *III*. Скорость движения саней *и* по верхней станине в данном случае равна 1,2 *м/мин*. Второе достигается сцеплением рейки верхней станины *г* с шестерней *х*, ось к-рой закреплена в нижней станине *а*. Движение передается через валики *н* и *р*. Для передачи же движения с валика *р* на шестерню *х* необходимо сцепить червяк *ц* на валике *р* с червячным колесом $ц_1$, ось к-рого закреплена в нижней станине. На этой же оси посажены цилиндрич. шестерни, сцепленные с шестерней *х*, чем и достигается вращение последней, а следовательно и движение станины *г* по станине *а*. При движении станины *г* закрепленный в ней валик *р* также движется, но взаимное расположение зацепления цилиндрич. шестерен *п* и *о*, а также и червяка *ц* и червячного колеса $ц_1$, остается постоянным, так как шестерня *п* и червяк *ц* остаются при движении валика *р* на месте. Станок имеет все приведенные движения как прямые, так и обратные. Более удобными станками следует считать станки с отдельными реверсивными моторами и полыми шпинделями, что дает возможность более экономного использования станка, увеличение длины обрабатываемого изделия и, что самое желатель-



Фиг. 11.

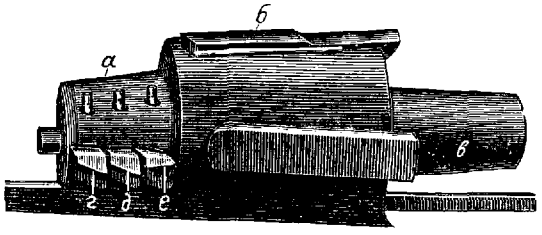
ное, возможность осмотреть и промерять канал изделия, не снимая его со станка. За последнее время начинают получать распространение двухсторонние станки для предварительной расточки, позволяющие производить таковую одновременно с двух сторон, причем изделие закрепляется в шпинделе, расположенном по середине станка. На фиг. 11 и 12 изображен двухсторонний двойной станок.

Режущие инструменты. В качестве режущего инструмента при сверлении и расточке канала ствола употребляются сверла перовые, спиральные, пушечные



Фиг. 12.

и ложки—при сверлении; клыки, расточные головки, развертки и стебли-копиры—при расточке. Сверление каналов до 40—50 *мм* обычно производится перовым или спиральным сверлом, каналы диаметром выше 50 *мм* сверлятся пушечным сверлом, а при каналах, начиная с 100 *мм*, применяются ложки. Клыки употребляются исключительно при грубой расточке, т. е. операции, предшествующей предварительной и чистовой расточкам, производимым головкой и разверткой. Головки употребляются при цилиндрической расточке, а развертки имеют применение в обработке внутренних поверхностей цилиндрических и фигурных. Практич. применение те и другие имеют, начиная с 25 *мм*. Для окончательной обработки фигурного отверстия разверткой его предварительно растачивают стеблем-копиром. Спиральные сверла, употребляемые при изготовлении стволов, отличаются от нормальных лишь тем, что имеют внутри каналы для смазки, а по поверхности—канавки для выхода вымываемой стружки, или, наоборот, масло подается по трубке, проложенной в канавке на поверхности сверла, а стружка вымывается через отверстие внутри его. Перовые сверла готовятся прямоугольного и полукруглого сечений. Наиболее удобными являются последние, так как полукруглая поверхность играет роль направляющей сверла. Оба инструмента перед началом работы требуют предварительной направляющей расточки для них и весьма точной по шаблону заточки конич. частей. Несоблюдение одного из этих условий влечет за собою обязательный увод инструмента в сторону. Пушечное сверло (фиг. 6а) состоит из стебля, изготовленного из более дешевого материала, вставного резца *б* из инструментальной стали и закаленных шпонок *а* из инструментальной стали. Резец выступает режущими гранями вперед и вбок от стебля, причем сбоку отстоит от стебля на 1,5—3 *мм*. Ширина резца равняется радиусу высверливаемого отверстия. Шпонки ставятся ниже резца на 0,2—0,5 *мм* и имеют длину в 40—75 *мм*, а ширину в 20—25 *мм*. Ложки (фиг. 6б) дают возможность уменьшить количество металла, переводимого в стружку, так как резец вырезает только кольцевую часть металла, сердцевина же (центральный стержень) его проходит внутрь ложки. Сердцевина постепенно выламывается клином. Ложки имеют стальные каленые шпонки: 2 для отверстия в 4—9 дм. и 3 шпонки при 9 дм. и выше. Наиболее широкая шпонка стоит под резцом, другая напротив резца и третья между ними. Нижняя шпонка устанавливается в определенном расстоянии A от резца, которое связано определенной зависимостью с диаметром высверливаемого отверстия D: $A = 0{,}33\ D$. Длина шпонки 70—75 *мм*, ширина ок. 50 *мм*. Резцов в ложке два: один рабочий, другой делительный. Рабочий резец трапецоидального сечения крепится на срезанной части стенки ложки болтом, входя своим пазом в природную шпонку на ложке. Резец располагается т. о., чтобы он выступал за стенки ложки как снаружи, так и изнутри во избежание заклинивания шпонок ложки в высверливаемом отверстии и центрального стержня внутри ложки. Снаружи резец выступает на 1,5—2 *мм*, а внутри на 0,2—0,5 *мм*. Делительный резец, назначение которого делить стружку для облегчения ее удаления, делается прямоугольным с сечением 15 × 10 *мм*. Выступание шпонок меньше выступания резца на 0,5—1,0 *мм*. Установка и поверка установки резцов и шпонок в ложке и в пушечном сверле производятся при помощи специальных шаблонов. Клык, назначение к-рого расточить уже имеющееся отверстие, не преследуя чистоты получаемой поверхности и уничтожения уступов, получившихся при сверлении, по принципу устройства ничем не отличается от пушечного сверла. Разница заключается только в резце, и если в пушечном сверле он

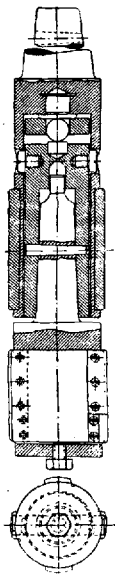


Фиг. 13.

имеет режущую грань спереди и работает как прорезной, то резец в клыке работает как проходной.

При работе указанными выше инструментами для сверления и расточки нагрубо в качестве охлаждающей смеси употребляется вода. Исключением являются только спиральные сверла, где применяется масло. Охлаждающая жидкость должна подаваться под напором и обеспечивать надлежащее вымывание стружки. Смазкой для резца и для шпонок служит баранье сало. Расточные головки (фиг. 13), употребляемые при предварительной и чистовой расточках, служат, с одной стороны, для устранения уступов, получившихся при предварительных обработках нагрубо, и для придания растачива-

емому отверстию нужного размера и чистоты. Головки для чистовой и предварительной расточек по своей конструкции идентичны и различаются только размерами; головки предварительные, как дающие предварительное отверстие, всегда меньше соответствующих им чистовых головок. Расточная головка (фиг. 13) состоит из державки, *а*, несущей 3 резца, деревянных шпонок *б*, вставленных в соответствующие гнезда, и хвоста *в* для соединения со стеблем. Резцы, из к-рых один проходной *г*, другой—чистовой *д* и третий—лопаточный *е*, укреплены в гнездах болтами и установлены по резкомеру с таким расчетом, чтобы первый снимал $^2/_3$ имеющегося запаса, второй—$^1/_3$ и последний только слегка касался бы получаемой поверхности, подчищая все неровности и шероховатости. Число деревянных шпонок, изготовленных из бакаута (лучшие), березы Шмидта, даурской березы, самшита, карельской березы и даже простой березы, зависит от диаметра растачиваемого отверстия и доходит до 8. Шпонки туго заколачиваются в гнезда в головке и одна из них, принимающая на себя давление на резцы, делается несколько больше других и устанавливается так, чтобы именно она вступила в работу первой. Хвост служит для соединения головки со стеблем и соединение осуществляется посредством конусов, натянутых стяжной конусной шпилькой. Соединенные т. о. головка и стебель должны иметь одну общую осевую линию, что достигается проверкой стебля с головкой на станке. Перед введением головки в растачиваемый канал в нем делается место под головку, т. е. расточка на длину несколько бо́льшую длины шпонок и на диам. желаемого отверстия. Расточка эта д. б. очень точной и производится той же головкой, но только без шпонок и подпертой в месте соединения ее со стеблем направляющей стойкой, т. е. работа идет накоротке. Перед этим на торце изделия со стороны введения головки нарубаются ерши, выступающие части которых внутрь канала срезаются при расточке, и остается только часть их на торце. После этого в головку туго заколачиваются шпонки и расстояние между двумя диаметрально противоположными шпонками д. б. больше диаметра сделанной расточки. Изделию сообщается вращение, и стебель вместе с головкой вводится в подготовленную для нее расточку. Оставшиеся ерши, действуя на шпонки как торцовая шарошка, снимают излишек по высоте шпонок, и последние туго входят в расточку, обеспечивая надлежащее направление головки. Как при предварительной расточке канала, так и при чистовой охлаждающая смесь подается изнутри через стебель под давлением до 10 *atm*, нагнетаемая насосом. При чистовой расточке применяется смесь растительного масла со скипидаром, при предварительной расточке при первых проходах—вода, а при окончательной та же смесь, что и при чистовой расточке. Последний чистовой проход обязательно ведется с казенной части изделия и как правило д. б. окончен без останова, т. к. в противном случае обычно получается уступ, неустранимый за неимением запаса.



Фиг. 14.

Развертки (фиг. 14) применяются для получения вполне точного по размерам отверстия и для устранения могущих быть овалов и шероховатостей. Даже каналы стволов, расточенные головками, инструментом весьма точным, хорошо центрованным и имеющим солидные направляющие, все же, в силу износа шпонок, всегда получаются коническими, что обычно устранялось полировкой. Применение разверток в П. п. пока еще дело новое, но уже проделанные с ними опыты говорят за их широкое распространение в будущем. Строго цилиндрич. мерный канал можно получить только после развертывания его, а получить такой канал является сейчас важнейшей задачей военной промышленности, так как этим разрешается проблема применения свободных лейнеров. Наиболее приемлемой для этой цели является самоцентрирующаяся развертка, не имеющая жесткого сочленения со стеблем. При доводке камор применяют целые и составные фигурные развертки.

Канал орудия большого калибра имеет обыкновенно четыре различных диаметра, уменьшающихся по направлению к дулу. Расточка этого ступенчатого отверстия совершается описанным выше способом. По окончании внутренней расточки ствол обтачивают снаружи, соблюдая особую точность в той части, на к-рую надевается кожух. Когда внутренняя труба ствола готова, то таким же порядком растачивают и обтачивают кожух. Проверку размеров отверстия и наружного диаметра производят точнейшими приборами. Окончательную расточку канала производят после соединения внутренней трубы с кожухом. Она по существу тождественна первоначальной расточке, с той лишь разницей, что работу производят еще более точно. Допуск составляет только $\pm$ 0,02 *мм*. Отверстие д. б. кроме того совершенно гладким, круглым, прямым и точно согласоваться с осью орудия. Ствол орудия закрепляют на специальном расточном станке, опирая дульный конец на особую опору и подпирая ствол еще в двух местах его длины, чтобы равномерно распределить вес и избежать прогибания. Предварительную расточку ведут до половины длины ствола, а затем его поворачивают и производят предварительную расточку заднего конца ствола, наблюдая чтобы обе расточки совпали. Окончательную расточку делают с заднего конца ствола, пропуская инструмент по всей длине ствола. Скорость резания не более 5 *м/мин*. Для последнего прохода длиной ок. 20 *м* д. б. допущен только совершенно незначительный допуск благодаря притуплению инструмента. Этим же объясняется и крайне малая скорость резания.

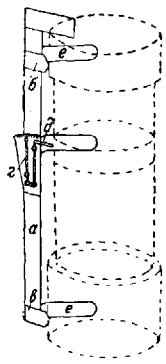
Обточка под скрепление производится на токарных станках обычного устройства, но достаточно точных, т. к. точность обработки, предъявляемая к изделию, в особенности в мелких орудиях, где величины натяжения (отрицательный зазор) сравнительно невелики, доходит до 0,025 *мм*. Так как внутренние обработки вообще, а

расточки длинных элементов в частности представляют большие затруднения по сравнению с наружной обработкой, то как правило внутренние работы всегда предшествуют наружным; последние производятся соответственно расточенным отверстиям, после тщательного обмера их по двум взаимно перпендикулярным направлениям, причем обмеры эти плюсуются с соответствующими величинами натяжений и дают в сумме размеры, по которым обтачивают снаружи второй скрепляемый элемент. Т. о. можно считать, что в орудийном производстве с давних пор функционирует «система отверстия». Обточенное снаружи под скрепление изделие тщательно промеряется по двум взаимно перпендикулярным направлениям при помощи калибромеров или пальмеров, причем промеры как правило производятся через 50 *мм*; допуски на отклонения от заданных размеров выражаются в тех же измерениях, как и при расточке. При наличии уступов внутри одного элемента для получения правильного сопряженного с ним места по наружной поверхности другого надлежит снять с первого слепок и по нем уже соответственно произвести наружную обточку. При обточке под скрепление необходимо заранее предусмотреть способ подвешивания детали на кране, что чаще всего выражается припуском на дуле с просверленным в нем диаметральным отверстием; в растачиваемых же под скрепление элементах для той же цели иногда оставляют наружный буртик. Необходимо тщательно следить за тем, чтобы обтачиваемое изделие ни в коем случае не подвергалось нагреванию, т. к. в результате этого могут получиться искривление изделия и неправильные обмеры. Обточка производится при помощи обычных проходного и пружинного резцов; дальнейшая работа в большинстве случаев ведется при помощи напильников и жимков с наждаком и только в редких случаях (при производстве мелкой артиллерии) употребляется наружная доводка—шлифовка обтачиваемого изделия. Для облегчения скрепления оба скрепляемые элемента делают слегка коническими, с большим диаметром в казенной части.

Скрепление орудий производится: а) при помощи нагрева скрепляющих элементов; б) в холодном состоянии при помощи впрессовывания трубы в скрепляющий цилиндр; в) проволокой в холодном состоянии при помощи специального механизма для навивки проволоки. Нагрев можно производить: при помощи газовых ламп (редко применяемый способ), при помощи горячего воздуха и при помощи электрич. реостатных печей. При скреплении орудий большого калибра применяют или одевание нагретого элемента на трубу, закрепленную в определенном положении, или же посадку трубы в нагретый и закрепленный на месте элемент. Для производства скрепления орудий большого и среднего калибра длинными цилиндрами устраивают особые двойного назначения кессоны для скрепления, имеющие вид глубоких колодцев, в один из к-рых помещают печь для нагревания, а в другой устанавливают трубы, на к-рые надевают нагретые цилиндры. Устройство таких кессонов вызывается ограниченностью подъема кранов, уменьшением общей высоты здания скрепляющего отделения, т. к. все манипуляции при скреплении длинными элементами производятся вследствие значительных преимуществ исключительно в вертикальном положении. Нагрев газовой лампой употреблялся на з-дах Шнейдера в Крезо и в Гавре. В Крезо лампа представляет собой большую паяльную лампу высотой ок. 1 *м* и работает на смеси светильного газа и воздуха, причем для подачи смеси имеется вентилятор с 1 800 об/м. Регулировка $t°$ нагрева производится уменьшением пламени при изменении дутья вентилятора. В Гавре лампа состоит из ряда бунзеновских горелок (ок. 30 шт.). Обе лампы часто коптят, отлагая на нагреваемом элементе слой сажи, достигающий 0,04 *мм*. Нагрев горячим воздухом в Морском арсенале в Рюеле и на з-де С. Шамон производится в печи (калорифере), отапливаемой каменным углем. Калорифер состоит из двух частей: в первой воздух только подогревается, а во второй он нагревается до 500° и затем направляется по трубе к отверстию, над к-рым устанавливается нагреваемый элемент. Для доставки воздуха в калорифер ставят вентилятор Рута. Этот способ нагрева более совершенный, чем способ нагрева лампами, т. к. нагрев протекает более равномерно. Нагрев в электрич. печах является в настоящее время наиболее распространенным, самым совершенным и обладает преимуществами: удобством установки, большей безопасностью в пожарном отношении, чистотой и равномерностью нагрева, удобством управления $t°$ нагрева. (Эскиз печи и электрич. схему см. ниже).

Основные моменты скрепления. Вследствие того что высокий нагрев влияет на механич. качества металла, необходимо следить за тем, чтобы $t°$ нагрева как правило не превышала 400° и только в особо сложных и ответственных скреплениях доходила до 450°, что и надлежит контролировать при помощи пирометров. Последними можно измерять $t°$ тепловой ванны, в к-рой помещается нагреваемый элемент, почему они и применяются при нагревах горячим воздухом или в электрич. печах. В условиях же нагрева при помощи лампы, когда пламя ее нагревает непосредственно стенки нагреваемого элемента, постановка пирометра неудовлетворительна, так как он м. б. скорее и сильнее нагрет пламенем, будучи более тонким, чем стенки нагреваемого элемента и т. о. пирометр не покажет $t°$ последнего. Применение для определения $t°$ свинцовых или цинковых брусков, плавящихся от прикосновения к нагреваемому элементу также неудовлетворительно, т. к. расплавление прикладываемой к нагреваемому элементу палочки произойдет при $t°$ элемента, значительно превышающей $t°_{пл.}$ материала палочек. Значительно правильнее и дешевле можно определить температуру нагрева прикладыванием сухого деревянного обстроганного бруска—обугливание его и появление искр дают более правильные показания. Необходимо еще обратить внимание на возможность искривления нагреваемых, в особенности длинных, элементов в процессе нагрева их; практика показывает, что искривление чаще и сильнее всего происходит при нагреве лампами, что делает производство скрепления рискованным, а

иногда и совершенно невозможным. Прибор для определения кривизны нагреваемого элемента (фиг. 15) состоит из линейки *а*, снабженной сверху и снизу остриями *б* и *в*, к-рые прикладываются к соответствующим заточкам на изделии; в середине прибора укреплен указатель с подвижной стрелкой *г*, рычажок *д* к-рого касается средней заточки элемента и отклоняет стрелку *г*; при отсутствии кривизны стрелка не будет отклоняться от первоначального положения. Лапки *е* служат для правильности установки прибора. Степень расширения нагреваемого элемента определяется на основании следующих эмпирич. данных: при нагреве на 100° элемент расширяется по внутреннему диаметру *d* на 0,001 *d*. Длина мерки *L*, которой поверяют степень расширения нагретого элемента, определяется по ф-ле:



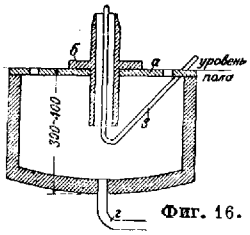
Фиг. 15.

$$L = d(1 + 0{,}0000124t),$$

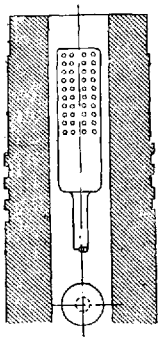
где *d* — внутренний диам. нагреваемого элемента в *мм*, *t*—темп-ра нагрева в °С; ее можно принять равной 400°; т. о.

$$L = d(1 + 0{,}0000124 \times 400) =$$
$$= 1{,}00496d \cong 1{,}005\ d.$$

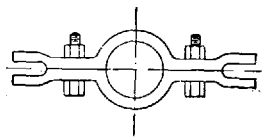
Производить промеры нагретого элемента нужно быстро, чтобы избежать расширения самой мерки, что может привести к искажению результатов обмера, а иногда и к заклиниванию мерки в элементе. Для облегчения одевания нагретого элемента труба, подготовленная под скрепление, смазывается жирной смазкой, а именно—говяжьим салом, или смесью из $^2/_3$ бараньего сала и $^1/_3$ минерального масла, или сухим графитом. Во избежание могущих иметь место при скреплении случайных перемещений уже надетого нагретого элемента в период его дальнейшего охлаждения и связанного с этим его объемного сокращения необходимо путем устройства дополнительного охлаждения создать заранее намеченный участок, где прочное схватывание скрепляемых деталей (т. е. быстрое сокращение охлаждаемого участка и сжатие им на небольшом протяжении трубы, т. н. cravatage) д. б. обеспечено в первую очередь т. о., чтобы все дальнейшее сокращение элемента шло за счет остальной части его; таким участком почти всегда являются места расположения уступов или стыков. Осуществляется искусственное дополнительное охлаждение путем применения круглой лейки—трубы (разбрызгиватель), к-рая располагается концентрично с охлаждаемым элементом, причем вода выходит через отверстия в лейке, обращенные к элементу. Для очистки нагреваемой детали от могущих возникнуть налетов при нагревании на внутренней поверхности элемента применяется б а н н и к, т. е. длинная деревянная палка с намотанной на конце паклей, обвязанной тряпками. Скрепление всегда производится в вертикальном положении как нагреваемого элемента, так и детали, на которую он надевается; причины: положительное для скрепления действие собственного веса детали и возможность меньшего искривления при нагреве.



Фиг. 16.

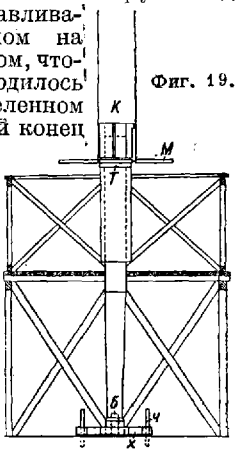


Фиг. 17.



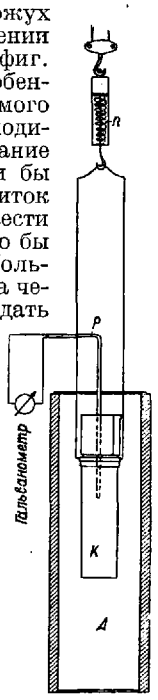
Фиг. 18.

Разберем случай скрепления кожухом 107-*мм* пушки Шнейдера. Скрепление 107-*мм* (42-линейной) пушки Шнейдера, как и других орудий системы Шнейдера (152-*мм*, или 6-дм., пушка и 280-*мм*, или 11-дм., гаубица образца 1914 г.), является одним из самых трудных, т. к. при нем требуется не только надеть кожух на ствол, но и произвести завертывание одного относительно другого на 3,5 оборота. На полу мастерской устраивается небольшой колодец (фиг. 16), закрываемый крышкой *а*, в центральное отверстие к-рой устанавливается полый штырь *б* с наружным диаметром, равным диаметру канала скрепляемого ствола. Во внутрь штыря пропускается трубка *в*, подводящая воду, а в дне колодца устроен спуск *г* для отвода воды. На верхний конец трубы *в*, входящий в скрепляемый ствол, надевается разбрызгиватель, заглушенный сверху и имеющий отверстия по всей боковой поверхности, через к-рые вода и попадает на стенки канала (фиг. 17). Обточенный снаружи под скрепление ствол устанавливается вертикально дулом на штырь *б* с таким расчетом, чтобы начало резьбы находилось всегда в одном определенном положении. На дульный конец закрепляется специальный хомут *х* (фиг. 18 и 19), снабженный на своих диаметрально противоположных концах хвостовыми выступами, к-рыми при помощи чек *ч* (фиг. 19) ствол укрепляется на металлич. крышке *а* колодца, не позволяя ему вращаться во время заворачивания кожуха. Для удобства одевания и заворачивания кожуха устроен деревянный помост; можно обойтись и без него, если установить трубу, утопив ее в специально углубленный для этой цели колодец. Кожух *К* помощью хомута *Т*, состоящего из двух половин с цапфами *М*, с предварительно нанесенной на кожухе мелом линией, указывающей начало внутренней резьбы, устанавливается на гаке с таким расчетом, чтобы меловая линия на кожухе отстояла от начала резьбы на стволе примерно на 45° в сторону отворачивания; это требуется для того, чтобы начало резьбы кожуха не попало



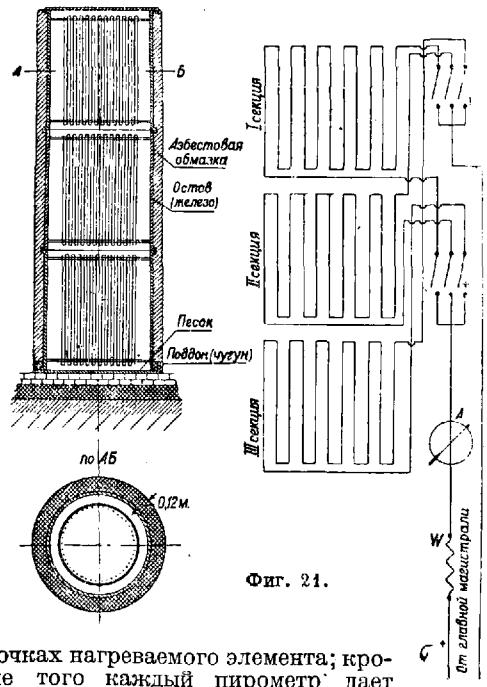
Фиг. 19.

на начало резьбы ствола при скреплении, что всегда происходит с некоторым ударом, от которого витки резьб могли бы замяться и завертывание кожуха могло бы не иметь благополучного конца, т. к. кожух мог бы засесть. В таком положении кожух опускается в печь *A* (фиг. 20). Следует еще отметить особенность подвешивания нагреваемого элемента, что связано с необходимостью производить завертывание кожуха при скреплении; если бы виток резьбы кожуха лег на виток резьбы трубы, то трение от тяжести кожуха при завертывании было бы настолько велико, что его с большим трудом преодолели бы два человека, и это трение может создать задир и остановку на полдороге, тем более что в этих условиях само завертывание происходит крайне медленно. Во избежание этого применяется пружинная подвеска-крюк *n*.



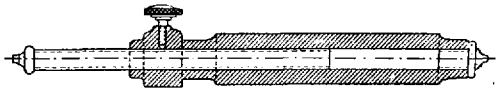
Фиг. 20.

Внутрь кожуха *K* пропускается пирометр *P* (фиг. 20), печь закрывается крышкой, состоящей из двух половин, и замазывается сверху и с боков разведенной асбестовой массой. Пирометр соединяется проводами с гальванометром, и в печь включается ток. Эскиз печи и схема включения ее обмоток даны на фиг. 21. Нагрев продолжается 3,5—4 час., когда *t*° воздуха печи поднимается до 400°; контрольные записи *t*° производятся через каждые 15 мин. (обычно ставятся всегда два пирометра—один в верхней, а другой в нижней

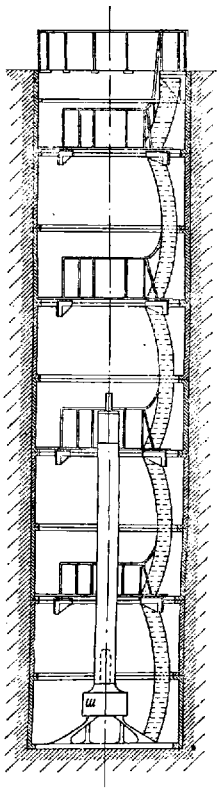


Фиг. 21.

точках нагреваемого элемента; кроме того каждый пирометр дает возможность производить отсчет *t*° в трех и более точках). Теперь для требуемого нагрева самого кожуха необходимо выдержать его при *t*° в 400° ок. $1^1/_2$—2 час., что и достигается путем включения и выключения отдельных секций печи в зависимости от колебаний *t*° ее; эта операция носит название «выдержки». Примерно за 30 минут до конца выдержки в ствол пускают по трубе воду для его охлаждения, а перед самым скреплением ствол снаружи насухо протирают и смазывают. Далее идет само скрепление: ток из печи выключают, пирометр вынимают, крышки печи снимают, вытирают тряпкой казенный срез кожуха; кожух поднимают из печи и краном подают к трубе, причем на пути протирают внутри банником и поверяют меркой; дойдя до трубы, кран с кожухом останавливают, кожух начинают медленно опускать, направляя его на трубу при помощи обнимающих его деревянных клещей; когда кожух пройдет своей дульной нижней частью через уступы


Фиг. 22.

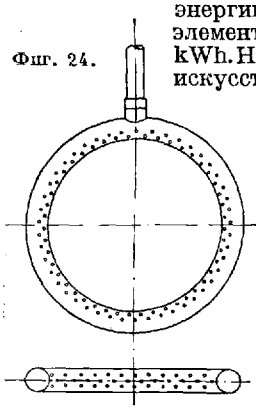
на казенной части трубы, его опускают уже с значительной скоростью, пока витки резьб кожуха и трубы не соприкоснутся, что узнается по произведенному ими легкому удару; теперь кожух начинают слегка поднимать, выбирая слабину пружины *n*, пока он не повиснет на ней; в то же время на цапфы хомута *T* (фиг. 19) вставляют рукоятки *M* и начинают навертывать кожух на трубу, причем по мере завертывания кожух опускается по резьбе, сжимая пружину, а потому надо постепенно травить кожух, чтобы не создать трения на витках резьб. Конец навертывания определяется по удару, т. е. кожух завернут до отказа. Вся процедура скрепления 107-*мм* кожухом занимает в среднем 2 м. 25 ск., причем время это складывается из следующих операций: снятие крышки 14 ск., подъем кожуха 1 м. 4 ск., обмер и подача 10 ск., протирка 6 ск., направление на трубу и медленный спуск 33 ск., быстрый спуск 5 ск., завертывание 13 ск. Примерно через 1—1,5 мин. слышится первый звук того характерного потрескивания, которое всегда сопровождает скрепление и указывает на начавшуюся усадку металла. На фиг. 22 изображена раздвижная мерка для производства промеров нагретого элемента. Скрепление длинных стволов производится всегда в кессоне (фиг. 23), на дне к-рого устанавливается штырь *ш*, верхним своим концом входящий в скрепляемую трубу. Нагреваемый цилиндр



Фиг. 23.

передают из печи к кессону и после направления на трубу ему сообщают возможно максимально быстрое опускание (при скреплении средней артиллерии иногда допускают свободное падение нагретого цилиндра), чем сокращается время спуска цилиндра, т. е. самого скрепления.

Примерные показатели процесса скрепления длинных и крупных орудий: скорость подъема из печи нагретого элемента $v = 10$ *м/мин*, или 1 *м* в 6 ск., скорость перемещения крана от печи к кессону $v_1 = 28$ *м/мин*. Обмер во всех случаях скрепления не более 5 ск., чаще 3 ск. Протирка 3—6 ск. на 1 *м* длины нагретого элемента, причем нижний предел (3 ск.) справедлив для коротких, а верхний (6 ск.) для длинных элементов, так что прямой зависимости не существует. Установка элемента над трубой и направление зависят исключительно от степени тренировки и навыка обслуживающего персонала. Скорость спуска-скрепления $v_2 = 20$ *м/мин* = 1 *м* в 3 ск., т. е. в 2 раза быстрее подъема. Все время скрепления не более 4 м. 52 ск., нормальное время скрепления 4 мин. Первый треск слышен после скрепления примерно через 1 мин.; наименьший предел наблюдался через 17 ск. Продолжительность замачивания при помощи разбрызгивателя (фиг. 24) в среднем 15 мин. Расход энергии на 1 *m* нагреваемого элемента составляет 180—200 kWh. Несмотря на применение искусственного охлаждения в местах уступов или стыков помощью разбрызгивателей, весьма часто после остывания наблюдается расхождение — зазор между стыками скрепляемых цилиндров. Зазор этот достигает иногда у крупных орудий 10—12 *мм*. В зазоры эти в дальнейшем вставляют соответствующие по ширине разрезанные кольца, зачеканивают, после чего производят обточку под следующее скрепление. Наземные электрич. печи для удобства обращения с ними и во избежание затраты времени на подъем нагретого элемента из печи делают створчатыми, причем одна створка относительно другой открывается, и элемент извлекают сбоку. Известны опыты одного из крупных з-дов СССР, производившиеся в войну 1914—18 гг. и имевшие целью производство скрепления в горизонтальных печах, причем нагрев производился газом. Особого успеха однако горизонтальное скрепление не имело вследствие частых порч довольно сложного механизма выдвигания из печи нагретого элемента и наталкивания его на трубу, а гл. обр. по причине значительного коробления элемента. **А. Давыдов и Н. Адакин.**



Фиг. 24.

На германских з-дах скрепление стволов ведется сл. обр. При скреплении кольцами, кольцо при нагревании подвешивают в печи в вертикальном положении во избежание искривления. Когда требуемая $t°$ нагрева достигнута, то точно проверяют внутренние размеры кольца с обеих сторон, для того чтобы убедиться, что действительно достигнуто достаточное расширение. После этого нагретое кольцо надевают на назначенное для него место и охлаждают водой, чтобы получить прочную посадку кольца. Вода подводится к самому нижнему разбрызгивателю, к-рый находится ближе всего от кольцевого выступа внутренней трубы. Иногда устраивают для охлаждения до 4 разбрызгивателей. После того как вода пущена через эти разбрызгиватели, находящиеся в своем начальном положении, их постепенно поднимают с определенной скоростью, за исключением самого нижнего, который остается на своем месте у выступа. Для некоторых наиболее крупных колец пушки в 38 *см* на охлаждение, продолжающееся около 1 ч., расходуется до 250 $м^3$ воды. Если выступ находится на некотором расстоянии от конца кольца, то принимают предупредительные меры против слишком быстрого охлаждения части, лежащей ниже выступа. Это достигается тем, что на 100—200 *мм* ниже выступа на кольцо ставится конусообразный железный колпак, чтобы отвести воду. При соединении этого типа воду подводят на небольшом расстоянии ниже выступа, чтобы притянуть его плотно к кольцу. Этим достигается, что при напряжениях от выстрелов, к-рым будет подвергаться внутренняя труба ствола, не может возникнуть скольжения. Иногда бывает необходимо нормальный процесс, по к-рому нагретую часть надевают на внутреннюю трубу, вести обратным порядком.

Успешное скрепление кожухом в новейших орудиях представляет большие трудности, отчасти вследствие положения выступа, к-рый в нек-рых случаях находится лишь на 100 *мм* от заднего конца трубы. Внутренняя поверхность такого кожуха имеет конич. форму с уклоном от 1 : 500 до 1 : 400. Эта коничность облегчает соединение и позволяет применять более низкую $t°$ при нагревании кожуха, напр. кожух 38-*см* орудия длиной ок. 20 *м* м. б. насажен в холодном состоянии приблизительно на расстоянии 100 *мм* от окончательного положения при коничности 1 : 300 и допуске для натяга 0,5 *мм*. При среднем допуске для натяга в 0,5 *мм* было бы достаточно нагреть кожух для 38-*см* ствола на 52° выше $t°$ мастерских, чтобы вставить ствол, если бы дело шло только о вставке. При указанных условиях кожух и внутренняя труба находились бы в действительном соприкосновении по всей длине, но кожух был бы на 20 *мм* длиннее внутренней трубы. При такой насадке внутренняя труба оторвала бы выступ на задней части вместо того, чтобы втянуться в конический кожух. Чтобы получить достаточный зазор, необходимо применять более высокие $t°$, хотя и более низкие, чем при скреплении цилиндрич. кольцами.

Для морских 21-*см* орудий, у к-рых выступ находится приблизительно на 80 *мм* от заднего конца внутренней трубы, соединение производят след. обр.: совершенно собранный кожух без внутренней трубы устанавливают в электрич. печи задней частью вверх и нагревают до 230° в задней части и до 300° в передней. Внутреннюю трубу закрывают с обоих концов крышками на резьбе, чтобы закрыть выход воды, к-рая цир-

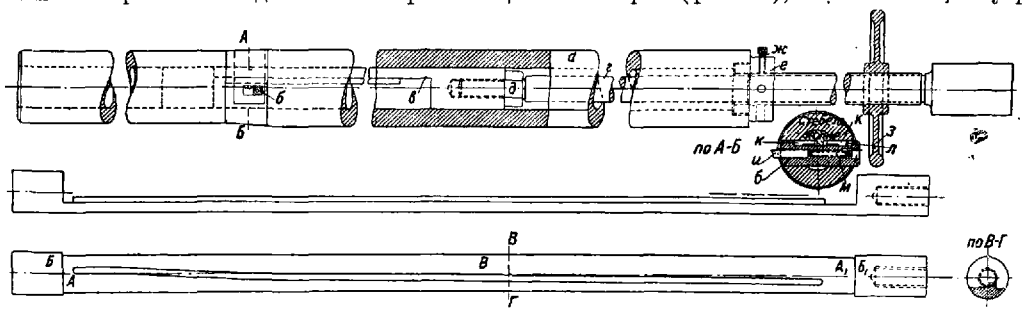
кулирует во внутренней трубе, опущенной в кожух. Железная труба диам. 65 *мм* проходит через крышку у дула и выходит через дно печи. Нижний конец этой трубы закрывается съемной крышкой, верхний конец не доходит до верха внутренней трубы ствола на 1 *м*. Через крышку в заднем конце входит впускная водяная труба 30 *мм* диам., которая оканчивается во внутренней трубе ствола на расстоянии ок. 40 *мм* от дульного среза. В нее вставлены кроме того 3 сливные трубы, к-рые выходят за пределы печи, когда кожух насажен, и отводят излишнюю воду, пока не отнята крышка на нижнем конце впускной трубы. Выпускная 65-*мм* труба снабжена внутри канала ствола 10 клапанами, покрытыми мягкой резиной и расположенными на равных расстояниях друг от друга. Каждый из этих клапанов управляется при помощи тяг, проходящих через крышку на заднем конце ствола. Канал ствола наполняется водой до опускания в кожух, который остается в печи. Тотчас, как только внутренняя труба вставлена, открывают впускную трубу, проходящую через крышку заднего конца ствола. Вода поступает в канал, циркулирует в нем и выходит через выпускную трубу. В то же время другим краном подводят над печью приспособление, к к-рому прикрепляют кожух, и давлением 200 *т* на крышку заднего конца ствола осаживают внутреннюю трубу на место. Как только это давление получено, снимают крышку с нижнего конца внутренней трубы, т. ч. уровень воды в канале опускается на 1 *м* и верхний метр длины внутренней трубы ствола может нагреваться от кожуха. Через определенные промежутки времени открывают один за другим клапаны в выпускной трубе и следующие участки внутренней трубы длиной по 1,2 *м* будут приходить в соприкосновение с кожухом. Опускание внутренней трубы ствола и поднятие гидравлич. подъемника занимают около 5 мин., в то время как вода циркулирует во внутренней трубе ствола ок. 50 мин. Приспособление, при посредстве к-рого внутренняя труба осаживается на место в кожухе, состоит из гидравлич. домкрата в 350 *т*, укрепленного на поперечине. Соединение поперечины с кожухом производится двумя штангами, соединенными с цапфами широкой прочной обоймой, охватывающей кожух. **Генстенберг.**

Скрепление в холодном состоянии при помощи впрессовывания в скрепляющий цилиндр трубы основано на том же принципе, как и метод запрессовывания паровозных или вагонных осей в соответствующие колесные центры. Устройство пресса—обычное, за исключением наличия особых направляющих, предназначенных для предохранения впрессовываемой трубы от изгибов. В настоящее время этот способ применяется очень редко и на з-дах СССР совершенно не известен.

Скрепление проволокой имеет исключительно чисто исторический интерес, так как его давно уже перестали применять.

Раскрепление орудий. При перестволении орудий старая расстрелянная труба удаляется и заменяется новой. Это удаление до последнего времени в громадном большинстве случаев производилось путем высверливания трубы, т. е. превращения в стружку. В настоящее время удаление очень часто производится методом раскрепления, заключающегося в том, что скрепленное изделие (ствол), нагретое в печи до той же $t°$ 400°, извлекается из нее и устанавливается точно так же, как и при скреплении, закрывается сверху глухой пробкой, чтобы устранить переливание воды через казенный срез на кожух, после чего внутрь трубы пускается вода, охлаждающая трубу на всей длине ее соприкосновения с кожухом. Вследствие интенсивного внутреннего охлаждения трубы, а в связи с этим и уменьшения диаметра ее, нарушается связь между нею и лежащим на ней горячим и неохлаждаемым элементом, к-рый и сдергивается в случае простого скрепления или развинчивается в случае скрепления по системе Шнейдера. Экономич. преимущества раскрепления следующие: а) разгружаются станки, занятые высверливанием удаляемой трубы, б) отпадает необходимость применения по высверливанию и расточке рабочей силы высокой квалификации, в) сохраняется материал трубы, могущий найти применение для изготовления других изделий.

Расточка каморы. При расточке каморы в ранее высверленных изделиях необходимо перейти при этом от первоначального диаметра к диаметру, вновь растачиваемому, и переход д. б. осуществлен через коническую поверхность определенной длины, соединяющую цилиндрич. поверхности. При расточке каморы пользуются т. н. стеблем-копиром (фиг. 25), т. е. стеблем, внутри



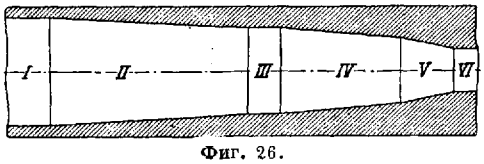
Фиг. 25.

к-рого помещен копир. Копир является точной копией требуемого профиля (фиг. 26). Участки рабочего профиля копира, отвечающие цилиндрич. поверхностям I, III, VI растачиваемого изделия, м. б. произвольной длины, а участки, соответствующие переходным поверхностям II, IV, V, делаются той же длины, как и эти поверхности. Стебель-копир (фиг. 25) представляет полый вал *а*

с окном; внутри последнего располагается резцовая колодка *б*, имеющая под действием копира передвижение, перпендикулярное оси стебля; внутри стебля помещается копир *в*, связанный с резцовой колодкой *б*, и соединенный со штоком *г* посредством резьбы и гайки *д*. Шток *г*, а следовательно и соединенный с ним копир *в* м. б. передвинут внутри стебля *а* вдоль оси последнего и закреплен неподвижно в том или ином положении относительно стебля при помощи втулки *е* и болта *жс*. Установка копира *в* или, что одно и то же, резцовой колодки *б* (т. к. последняя движется под действием первого) производится от руки или при помощи маховика *з*, доведенного до упора во втулку *е*. Наиболее ответственными деталями этого инструмента являются резцовая колодка *б* и копир *в*, связанные между собой во время работы. Резцовая колодка *б* представляет прямоугольный параллелепипед, в котором разделаны места для резца *и*, двух шпонок *к*, рабочей к резцу и направляющей, пружины *л*, поджимающей направляющую шпонку, винта *м*, служащего для установки резца *и*, клина, зажимающего резец *и* в резцовой колодке *б*, и винта, с помощью которого передвигается и закрепляется клин. Благодаря подвижной шпонке, находящейся под действием пружины *л*, рабочая (неподвижно закрепленная в колодке) шпонка все время прижата к рабочей части AA_1 гребня копира *в*. Т. о. при движении копира *в* вдоль оси стебля *а* связанная с гребнем AA_1 копира резцовая колодка *б*, а следовательно и закрепленный в ней резец *и* получают движение, перпендикулярное оси стебля *а*, при этом жало резца описывает ломаную линию, отвечающую в точности конфигурации рабочей части гребня AA_1 копира. Копир представляет собой круглый вал $ББ_1$, средняя часть которого *В* снята и на дне которой выфрезерован гребень AA_1. Фигура гребня зависит от той фигуры внутренней поверхности, которую желают получить при расточке. В данном случае эта поверхность в утрированном для ясности виде изображена на фиг. 26. Резцовая колодка *б* и закрепленный в ней резец *и* имеют два движения: параллельно оси стебля *а* и перпендикулярно к этой оси. Первое движение м. б. осуществлено только при движении самого стебля, в окне к-рого размещена резцовая колодка *б*, а второе при обязательном перемещении копира *в* внутри стебля *а*. Резцовая колодка *б* как деталь наиболее дорогая и ответственная обычно или закаливается или цементируется. Копир *в* обычно делается сырой, закалить его не удается, т. к. после калки его «поводит». Даже при изготовлении сырого копира имеет место поводка при снятии сравнительно большой массы металла в средней части его *В*, и приходится принимать целый ряд предосторожностей, чтобы избежать этого. Копир *в* при своем поступательном движении внутри стебля *а* вдоль оси последнего направляется своими цилиндрич. концами *Б* и $Б_1$ по стенкам стебля *а*. В виду того что при этом получается трение между почти однородными металлами, не редки случаи задира металла между трущимися поверхностями, и как результат этого заклинивание копира в стебле. Работы, связанные с добыванием из стебля застрявшего копира, носят крайне затяжной характер, и почти всегда при этом копир гибнет, т. к. крайне редко обходится дело без высверливания его. Во избежание этого нежелательного явления и для исключения необходимости бросать весь копир при его частичном повреждении, в последнее время конструкцию копира для исходных диаметров, где $d > 100$ *мм*, изменили. Это изменение конструкции заключается в том, что на направляющие цилиндрич. части *Б* и $Б_1$ стали ставить по окружности бронзовые шпонки *ш* (фиг. 27), а делавшийся ранее монолитный копир разделили на 2 составные части: корпус копира и рабочую часть, врезая вторую часть в первую и закрепляя болтиками. Последнее изменение дает возможность при повреждении одной из составных частей заменить ее новою, сохранив таким образом другую часть прежней. Наиболее трудоемкой в изготовлении копира является его рабочая, фигурная часть — гребень AA_1, т. к. рабочая сторона последнего д. б. очень тщательно подогнана под требуемый профиль каморы, что достигается шабровкой и дальнейшими подшабриваниями после целого ряда обмеров растачиваемой при помощи пригоняемого копира специально для этого опытной болванки. Подобная опытная расточка дает возможность практически проверить изготовленный копир и кроме того нанести на штоке *г* риски, отвечающие тому или другому положению копира *в* относительно резцовой колодки *б*, а следовательно тому или иному выступанию резца *и*, закрепленного неподвижно в этой колодке и могущего двигаться только вместе с нею.



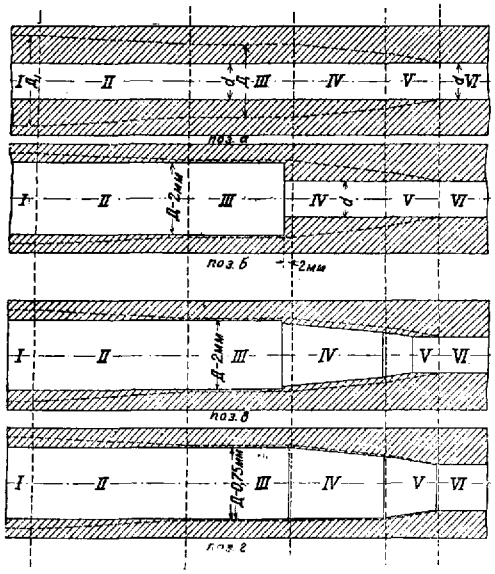
Фиг. 27.



Фиг. 26.

Работа стеблем-копиром заключается в следующем: в расточенном начисто канале с внутренним диаметром *d* (позиция *а* фиг. 28) нужно произвести расточку согласно обозначениям пунктиром на той же позиции, причем участок *VI* остается без изменения. После чистовой расточки канала в диаметр *d* в канале, не снимая его с токарно-расточного станка, подготавливается место под расточку, и внутреннее очертание канала

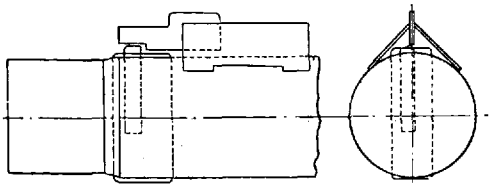
получается, как показано на позиции *б*. В таком виде ствол поступает на расточку внутренней поверхности его по копиру. Делается это в целях разгрузки стебля-копира, предназначенного для чистовых работ, и во избежание прогиба его при снятии большого сравнительно массива металла. Место



Фиг. 28.

под расточку протачивается той же головкой и стеблем, что и при предварительной расточке канала, с тем же количеством резцов той же формы. Разница заключается лишь в том, что резцы установлены не в самой головке—впереди шпонок, а в теле стебля за головкой, к-рая, идя по начисто расточенному каналу, дает должное направление стеблю с резцами. Далее, оставляя изделие на том же токарно-расточном станке (иногда переносят на подобный же по типу, но более короткий токарно-расточный станок), снимают стебель с головкой и заменяют его стеблем-копиром. Левый конец его вводят в канал ствола, куда предварительно вставлена направляющая бронзовая втулка. В последнее время эти втулки стали делать затяжными с помощью конусов на стебле. Правый конец стебля зажимается в подвижной стойке станка. Расцепляют копир со стеблем, освобождая стопорную втулку *е*, и производят установку копира относительно колодки, пользуясь рисками на штоке, нанесенными при опробовании копира. После этой установки, отвечающей моменту начала работы копира с дульной части, стебель сцепляют с копиром при помощи стопорной втулки. Устанавливают резец по шаблону, принимая стебель за базу, с таким расчетом, что резец, будучи введен в канал диам. *d*, слегка царапал бы внутреннюю стенку его. Регулировка резца производится винтом *м*, а закрепление—клином и винтом при неподвижном копире относительно стебля. Далее подводят жало резца к казенному срезу ствола, откладывают на станине желаемую длину расточки и передвигают на эту же длину подвижную стойку вместе со стеблем. Свободный конец штока *г* зажимается в неподвижной стойке станка и расцепляется со стеблем. Т. о. при рабочем движении станка растачиваемый ствол имеет движение вращательное, стебель *а*, резцовая колодка *б* и резец *и*—поступательное; резец при этом совершает двойное движение: 1) параллельно оси канала, следя за движением стебля, и 2) перпендикулярно к этой оси, будучи выдвигаем вместе с резцовой колодкой, набегающей при поступательном движении стебля на неподвижный копир. Сообщают вращение стволу, включают самоход для движения стебля, и предварительная расточка, или, вернее, сколка, уступа началась. После первого прохода внутренняя поверхность канала принимает очертание, указанное на позиции *в*, и работа протекает только на участках *V* и *IV*. Увеличивая выступание резца, передавая вперед начало расточки, повторяют манипуляцию, доводя участок *III* до диам. $D-0{,}75$ *мм*. Как только резец, судя по отметкам на станине, вступил в цилиндрич. участок *III*, самоход выключается, освобождается шток в неподвижной стойке, стебель сцепляется с копиром и снова включается самоход. Копир теперь движется вместе со стеблем и расточка может вестись только цилиндрическая, и притом на длине до торца вала, т. к. стебель при выключенном копире работает как всякая оправка. Всего предварительных проходов делается 2—3 при глубине резания 3—4 *мм*. После последнего предварительного прохода внутренняя поверхность канала имеет вид согласно позиции *г*. Далее следуют 3 чистовых прохода, т. е. проходный резец заменен чистовым, глубина резания 0,1—0,15 *мм*. После 3-го прохода участки *V*, *IV* и *III* закончены и имеют только припуск в сторону минуса в 0,03—0,05 *мм* на полировку. После этого следует подобная же разделка участков *II* и *I*.

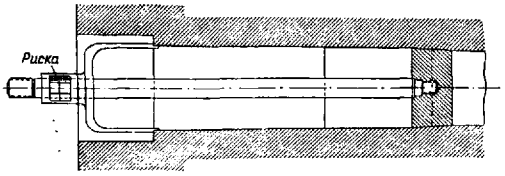
При производстве расточки приходится пользоваться двумя типами резцов—предварительным и чистовым. Для установки этих резцов в рабочее положение применяют резкомер, называемый в мастерской обычно «петушком» (фиг. 29). При обмерах растачи-



Фиг. 29.

ваемой поверхности пользуются калибрами, отвечающими растачиваемому участку; они сидят на соответствующей длины стержнях, на к-рых имеются расчетные риски, отвечающие нужной длине отмеряемого участка по отношению среза. Правильно расточенный участок отвечает совмещению риски с торцом ствола и равномерному прилеганию калибра к растачиваемой поверхности, что проверяется на краску. Окончательно разделанную расточку проверяют тем же методом, причем, где возможно, применяют калибры полные, а не на отдельные участки. Обычно законченная расточка к моменту обмера имеет размеры минусные, т. е. калибры не доходят до места—риска на стержне не совмещается со срезом ствола, и

для устранения этого приходится расточенную поверхность доводить до нужного в окончательном виде размера полировкой или применяя развертки. Тип калибра, употребляемого при этом, изображен на фиг. 30. Необходимость пользования калибрами, а не звездкой, вызвана наличием конич. по-

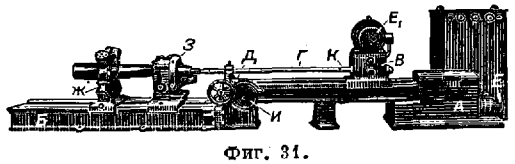


Фиг. 30.

верхностей. В качестве охлаждающей жидкости применяется смесь растительного масла со скипидаром. Каморы мелкой артиллерии растачиваются на токарных и токарно-расточных станках, снабженных копировальным приспособлением. Профиль копировальной линейки, за которой следит суппорт, несущий державку с резцом, в точности соответствует очертанию каморы, и следовательно резец совершает путь, идентичный конфигурации каморы.

Полировочные работы относятся преимущественно к внутренним поверхностям и производятся в процессе изготовления ствола несколько раз, а именно: скрепляемый элемент, подлежащий нагреванию, подвергается внутренней полировке: канал перед нарезкой, канал после нарезки, камора после расточки и наконец весь ствол после испытания стрельбой. Если для выявления пороков металла и облегчения при скреплении польза полировки очевидна, то остается под большим сомнением польза и необходимость ее для начисто отделанного канала. До сих пор не разрешен вопрос, что важнее для продолжительности службы ствола (т. е. уменьшения разгара его)—получение ли чистой благодаря полировке поверхности канала или отказ от полировки, т. е. сохранение нек-рого слоя металла в канале и отсутствие вкрапления в него мельчайших частиц наждака, которые при стрельбе могут содействовать износу металла ствола.

Полировочный станок с вращающейся головкой и вращающимся изделием (фиг. 31) состоит из двух связанных ме-

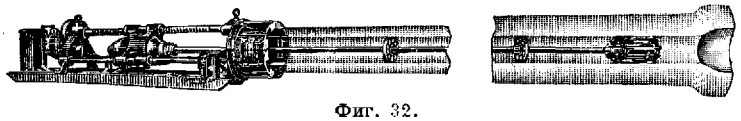


Фиг. 31.

жду собой станин A и $Б$; станина A снабжена сверху направляющими, по к-рым двигается взад и вперед каретка B, служащая для закрепления конца стебля $Г$, несущего на другом своем конце, пропущенном через стойку-люнет $Д$, полировочную головку, входящую в канал ствола. Поступательное движение каретка B получает при помощи связанной с ней гайки от винта, помещенного внутри станины от мотора E; вращательное движение стебля и головки заимствуется от мотора E_1, помещенного сверху каретки. Станина $Б$ также снабжена направляющими, по к-рым в зависимости от длины орудия могут перемещаться люнет $Ж$ и патрон $З$, служащие для закрепления изделия. Патрон $З$, а следовательно и орудие получают медленное и обратное стеблю вращение посредством червячной передачи от винта, помещенного внутри станины $Б$ от мотора E, при помощи системы зубчатых передач, заключенных в коробке $И$. Люнет-стойка $Д$ может также перемещаться по станине A; перемена направления поступательного движения стебля осуществляется при помощи переставных упоров по примеру нарезательных или строгальных станков; скорости обоих ходов одинаковы. Полировка производится при помощи полировочной головки, изготовленной из березы и закрепленной в металлич. башмаке, насаженном на стебель при помощи конусной шпильки. Головки для мелких орудий примерно до 150 *мм* делаются цельными, обвиваются сверху чистым рольным свинцом (или кожей), на который укрепляют наждачное полотно или насыпают порошкообразный наждак, предварительно смочивши головку растительным маслом. Большие головки имеют посредине прорез, куда закладывается железный клин, соединенный со стержнем, проходящим внутри стебля и могущим при помощи гайки подтягиваться с заднего конца, тем самым расширая обе половинки головки для получения плотного прилегания к стенкам канала или каморы ствола. Головки для центробежной полировки очень просты и достаточно хорошо решают вопрос полировки коротких изделий и камор.

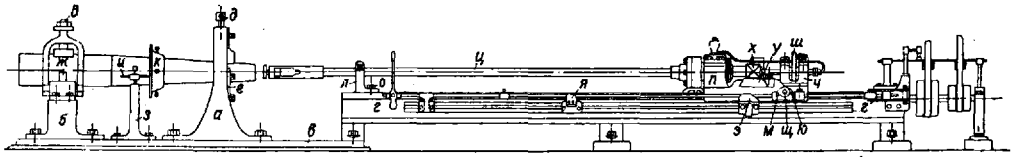
Для поверки перед нарезкой отполированного канала сквозь него пропускается калибр, длиной равный тройному диаметру канала (3 калибра) и диаметром на 0,05 *мм* больше диаметра нарезательной головки. Практика показала, что при полировке канала ствол несколько нагревается, отчего происходит расширение канала; в силу этого пропускание калибра надо производить, дав стволу возможность охладиться, т. к. иначе может иметь место закусывание калибра в результате остывания ствола. Обмеры звездкой надлежит также производить при остывшем стволе, иначе размеры будут отступать от требуемых в сторону уменьшения их. Полировку каморы не рекомендуется производить до нарезки канала вследствие того, что по полированной каморе резец будет скользить при начале резания и начало нарезов может получиться неправильным; также не рекомендуется полировать камору до шлифования канала во избежание парапин от шлифовальной головки в совершенно готовой каморе. Новейшие станки для полировки отличаются большой легкостью вращения шпинделя благодаря применению шариков, верностью по отношению к оси стебля и быстроходностью. Вращение стебля может происходить в пределах 140—760 об/м.; вращение шпинделя в пределах 20—120 об/м. Стебель пустотелый, в нем проходит струна, соединенная с клином для раздвижения трех щек головки. Материал—наждачная шкурка на твердом полотне. Смазка—машинное масло, разбавленное 20% керосина. Америк. практика пытается заменить полировочные работы методом сы-

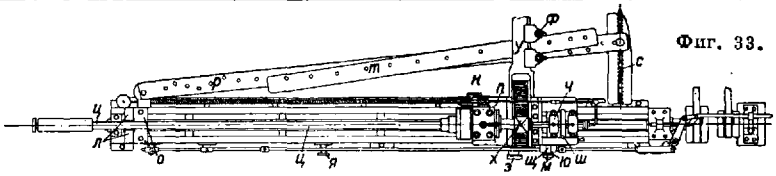
рой доводки—шлифовки. На фиг. 32 изображен прибор, состоящий из отдельных соединяемых между собой стержней (в зависимости от длины ствола) с направляющими кружками, и головки, в к-рой закреплены куски наждачных камней. Вращение и поступательное движение головка получает от механизма, снабженного двумя моторами. Работа начинается со стороны замка, и после прохождения участка ок. 1,5 *м* (равного ходу прибора) один стержень снимается, а работа продолжается. Такие приборы орудийным з-дам СССР до настоящего времени неизвестны, и говорить о целесообразности их применения пока не представляется возможным.



Фиг. 32.

Нарезка канала м. б. двух родов: а) крутизна нарезов постоянная, т. е. угол *α* наклона нарезов к оси орудия величина постоянная, и направление нарезов подчинено ур-ию прямой линии; б) крутизна нарезов прогрессивная, т.е. угол *α* изменяется, а направление нарезов подчинено ур-ию параболы. Встречаются еще комбинации этих двух случаев—нарезка начинается прогрессивно (от нарезного ската) и, не доходя 10—5 калибров до дула, переходит в постоянную. Производственное выполнение всех этих трех видов нарезки зависит исключительно от вида копира, к-рый рассчитывается, вычерчивается и изготовляется отдельно для каждого калибра орудия. Ствол укладывается (фиг. 33) всегда дулом к нарезательной головке—на стойки *а* и *б*, установленные на станине *в*, связанной со станиной станка *г* или самостоятельной; стойки могут перемещаться по станине и закрепляются в определенном положении болтами; винты *д* служат для закрепления орудия после установки его по высоте при помощи подъемного винта *е* на стойке *а* под дульную часть; стойка же *б* снабжена двумя роликами *жс*, могущими одновременно сближаться или раздвигаться. Ролики у крупных станков снабжены механизмом для вращения в противоположные стороны, что необходимо для поворота орудия при переходе от готовой пары нарезов к следующей; в мелких станках этот поворот производится вручную. Колонка *з* с указателем *и* служит для определения поворота орудия по делительному кругу *к*, надетому на него, с числом делений, равным числу нарезов. Станина *г* несет на себе 2 части: стойку-люнет *л*, неподвижную при работе станка, но имеющую возможность передвигаться по станине и закрепляться на ней в определенном положении при помощи болтов *о*, и сани *п*, сообщающие инструменту одновременно два движения: по оси орудия и станка и перпендикулярно к ней; комбинация этих движений в результате должна дать движение инструмента по требуемой кривой. Сзади станины привернуты к ней или установлены независимо от нее специальные кронштейны (столы), на которых помещена одним концом на шарнире установочная доска *р*, другой конец к-рой, могущий при помощи гайки, связанной с ней, и винта *с* перемещаться, служит для установки на нужный угол копира-шаблона, построенного для орудий каждого наименования по определенному закону и укрепленного на доске. Сани *п* снабжены поперечными направляющими, по к-рым двигается ползун с зубчатой рейкой *у*; на конце ползуна, обращенном к копиру-шаблону *т*, по обе стороны его укреплены ролики *ф*, к-рые при поступательном движении саней с ползуном принуждают последний в то же время перемещаться перпендикулярно оси орудия. Шестерня *х*, сцепляющаяся с зубчатой рейкой и связанная со стеблем *ц*, несущим инструмент, поворачивает последний одновременно с его поступательным движением. Сани *п* несут на себе суппорт *ч*, в подшипниках к-рого помещается винт трубы нарезательной головки и маховик *ш*; винт не имеет вращательного движения, т. к. соединен с подшипниками при помощи шпонки и может перемещаться только в продольном направлении при вращении маховика *ш* или при перемещении самих саней *п*, что осуществляется



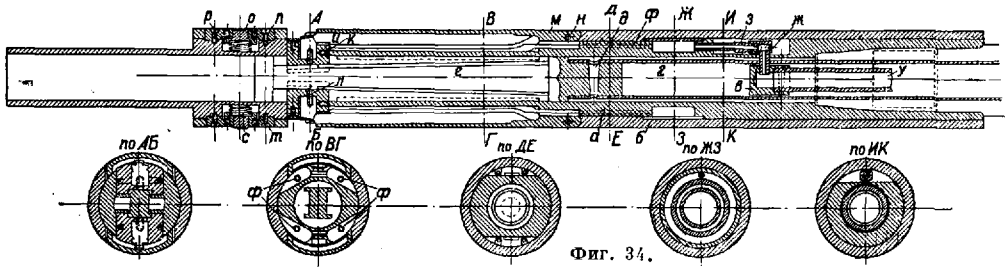


Фиг. 33.

при помощи валика *щ*, пропущенного сквозь сани *п* и несущего на себе два кулачка *ю* и шестерню, сцепляющуюся с зубчатой рейкой суппорта *ч* (шестерня и рейка на чертеже не указаны). Вдоль станины по обоим концам ее установлены два упора *э* и *я*.

Двухрезцовая нарезательная головка (фиг. 34) состоит из стального корпуса *а*, на к-рый надета чугунная (а в головках для мелких стволов—бронзовая) рубашка *б*, служащая для уменьшения трения при движении головки в канале ствола; корпус *а* соединен с пустотелым стеблем станка. Внутри корпуса и стебля станка проходит труба *г*, соединенная одним концом при помощи конусной шпильки *д* с клином *е*, другой же конец ее, проходя через весь стебель, заканчивается винтом, помещенным в подшипниках суппорта *ч* (фиг. 33); на винте сидит маховичок *ш*, вращая к-рый передвигаем трубу *г* и связанный с ней клин *е*, тем самым выдвигая или утопляя укрепленные

на нем при помощи планок колодки *и* с резцами; последние укреплены в колодках при помощи винтов *к* и могут регулироваться по высоте посредством винтов *л*. Сразу же за резцовыми колодками *и* в корпусе *а* выфрезерованы окна для стружек, закрываемые крышками *м*, сидящими на осях *н*, проходящих через отверстия в рубашке *б*. Для заглаживания металла, приподнявшегося после прохода резца, и образовавшихся при нарезании заусенцев впереди резцов помещаются две стальные закаленные гребенки *о*, удерживаемые при помощи планок *п*, привернутых к корпусу *а* винтами *р*. Плотность и постоянство прилегания гребенок к нарезаемому месту канала обеспечиваются действием пружин *с*, регулирование же положения гребенок по высоте производится при помощи винтов *т*. Впереди гребенок помещается на корпусе *а* волосяная щетка, предназначенная для очистки мелкой стружки, оставшейся в канале. Подача смазки, служащей одновременно и в качестве охлаждающей резцы смеси, производится при помощи



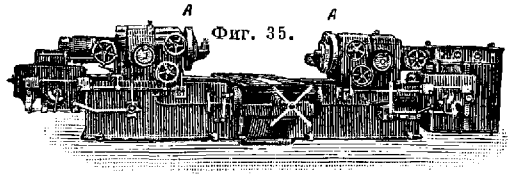
Фиг. 34.

проходящей внутри трубы *г* трубки *у*, ниппелей *ж*, *з* и четырех трубок красной меди *ф*, проложенных в промежутке между корпусом и рубашкой головки; другой конец выходит наружу стебля и соединяется с особым насосом, подающим масло из резервуара, помещенного за или под станком. Головка вводится в канал с утопленными резцами, т. ч. прямой ход стебля является холостым ходом, а обратный—рабочим и начало нарезания происходит со стороны каморы у т. н. нарезного ската. Когда сани достигают при холостом ходе своего крайнего положения, кулачок *ю* ударяется в упор *я* и поворачивает на нек-рый угол шестерню валика *щ*, к-рая, будучи сцеплена с рейкой саней, перемещает подшипник вперед, т. е. по направлению к стволу; движение подшипника передается трубе *г* и связанному с ней клину *е*, к-рый выводит резцы наружу. Т. о. при обратном движении головки резцы снимают необходимую стружку. В момент выхода головки из канала кулачок *ю* ударяется в упор *э*, поворачивает шестерню и передвигает подшипник в обратном направлении, утопляя при этом резцы внутрь головки. Дальше операции повторяются. Толщина стружки регулируется вручную маховичком *ш*, ступица к-рого разделена на 5 равных частей, и поворот маховичка на $^1/_5$ часть дает толщину стружки в 0,025 *мм*. Когда стебель вводится в канал, резцы утоплены внутрь головки на глубину, в два раза бо́льшую глубины нареза, что достигается соответствующей регулировкой продольного перемещения саней *п*. Такая конструкция имеет то преимущество, что дает возможность во время холостого хода, т. е. введения стебля в канал, поворотом маховичка установить резцы на желаемую толщину стружки при утопленных резцах, причем резцы во время холостого хода не выйдут наружу. На санях установлен масляный насос *А*, действие к-рого также связано с перемещением суппорта *ч*, т. е. при рабочем ходе стебля насос накачивает масло в головку, а при холостом ходе—насос выключен.

Переключение станка с рабочего на холостой ход и обратно производится также при помощи кулачков и упоров. Охлаждающая жидкость представляет собой смесь 65% по объему скипидара или керосина и 35% растительного масла. Нек-рые з-ды недавно начали применять смесь из равных частей керосина и нефти; америк. практика рекомендует смесь 1 ч. свиного сала и 2 ч. керосина, подаваемую под давлением 1,5 *atm*. Материал резцов—углеродистая сталь. Скорость холостого поступательного движения головки 6—8 *м/мин*, скорость рабочего движения головки 3—4 *м/мин*. Более новые станки изготовляются т. о., что инструмент обладает только одним поступательным движением, вращение же сообщается непосредственно нарезаемому стволу при помощи системы зубчатых передач, как у токарно-расточных станков, однако этот способ может иметь применение только при нарезках постоянной крутизны. В целях более рационального использования нарезательных станков в течение последних 10 лет начали применять четырех-, шести- и восьмирезцовые головки, принцип устройства к-рых тот же, что и у двухрезцовых; америк. практика применяет количество резцов, равное половине числа нарезов. Следует различать головки, у которых все резцовые колодки сидят на одном общем клине, и головки, у к-рых каждая диаметрально противоположная пара резцов сидит на своем отдельном клине, действующем независимо от других, т. ч. во время работы любая пара резцов м. б. в случае надобности выключена. В самое последнее время наметилось стремление заменить метод работы на нарезательных станках методом прошивания путем применения комплекта специальных прогонок, производящих одновременно четыре нареза.

Окончательная механическая обработка ствола заключается в основном в следующем. Ствол, за исключением мест под кольца, обтачивают начисто снаружи и подрезают в меру с казенной части, внутри к-рой нарезают упорную резьбу под казенник и в случае поршневого затвора вытачивают канавки для обтюрирующих колец. Казенник пригоняется на краску и д. б. сдан завертыванием приемщику; обтюрирующие кольца впрессовывают в соответствующие канавки и ствол обтачивают под скреп-

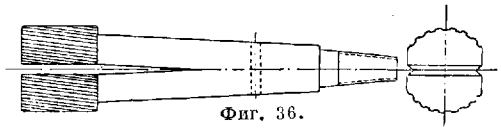
ление кольцами по размерам, взятым с последних, учитывая требующееся натяжение. Ступенчатая резьба на казенниках производится на специальных станках, в к-рых обрабатываемое изделие имеет качательное движение вокруг оси казенника на угол, соответствующий числу ступеней казенника. Далее фрезеруют, долбят, сверлят и т. д. места под экстрактор, крючок, под ось лотка, затвора, удержника, предохранителя и т. п.; фрезеруют т. н. и з в о р о т ы, служащие для возможности закрывания и открывания поршневого затвора, т. е. производят все необходимые работы. После надевания на ствол всех полагающихся колец, т. е. после скрепления кольцами, последние подвергаются необходимым сверлению и расточке ушей, проушин и т. п. В стволах, снабженных цапфами, предназначенными для производства вертикального наведения, необходимо окончательно обточить цапфы на уже собранном стволе, т. к. иначе плоскость осей цапф может получиться непараллельной оси ствола. Во избежание этого необходимо обтачивать обе цапфы одновременно, что производится на двойном горизонтально-фрезеровальном станке (фиг. 35), где изделие



Фиг. 35.

устанавливается перпендикулярно станку и обе планшайбы *A* с резцовыми суппортами получают рабочее вращение при помощи системы зубчатых передач от одного и того же вала, помещенного в середине станины. Последняя операция заключается в отрезании дула в меру, нарезке дульного конца под дульный тормоз и шарошении прицельной площадки на казенной части орудия.

С л е с а р н а я о т д е л к а с т в о л а заключается в отделке казенной части, пришабривании прицельной площадки, нанесении рисок и клейм и в доведении глубины нарезов до желаемой величины, что иногда носит название ш л и ф о в к и н а р е з о в и производится и вручную и на станках. При ручной работе употребляется так называемая ш л и ф о в о ч н а я г о л о в к а, состоящая из втулки с укрепленной в ней гайкой с храповиком; гайка снабжена внутри квадратной резьбой, которая при вращении гайки заставляет перемещаться поступательно помещенный внутри гайки имеющий на головке такую же резьбу стержень, другой конец стержня имеет клинообразную форму и при передвижении вправо раздвигает вкладыши, в к-рые вставлены направляющие, расположенные диаметрально противоположно. Последние снабжены выемкой, куда помещаются шлифовальные пилки, постоянно прижимаемые под действием пружины к шлифуемым нарезам. Собачка, упирающаяся своим концом в зубья храповика на гайке, т. е. стопорящая последнюю, фиксирует определенное положение металлических пилок; последние представляют собой кусок квадратного напильника определенной длины, в зависимости от выемки в направляющих, с насечкой на всех четырех сторонах, или имеющие такую же форму колодки, приготовленные из кожи, с наклеенной на них полоской наждачного полотна. Стальные пилки употребляются для снятия сравнительно большого количества металла при доведении нарезов до требуемой величины, кожаные же колодки—для придания надлежащей чистоты. Головка насаживается на длинную деревянную палку и двигается вручную по всей длине нарезов ствола; изделие лежит на стелюгах. Механизированная шлифовка производится на обычных полировочных станках, в которых уничтожено вращательное движение стебля. Шлифовка производится деревянной головкой (фиг. 36) с


Фиг. 36.

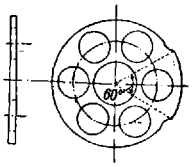
наждаком и маслом, причем такая головка позволяет производить одновременно шлифовку нарезов и полей. Рабочая часть головки, сделанная в начале гладкой, вводится внутрь канала и на ней получаются оттиски полей; головка выводится наружу и в ней выбираются (нагрубо) соответствующие углубления для полей. Нажим шлифующей части на поля и нарезы регулируются клином, как и при полировке. Изделие закреплено неподвижно в двух стойках. Нек-рые з-ды применяют этот способ, характеризующийся наличием поступательного движения инструмента, со связанным с ним иногда вращением по нарезам, при отсутствии самостоятельного вращательного движения, называемый иногда б а н е н и е м (корень: банить, банник), вместо полировки канала после нарезки, пропуская через канал несколько раз головку, подобную изображенной на фиг. 36, с тою только разницей, что головка делается в размер канала, т. е. полей, и нарезы остаются нетронутыми.

О б м е р ы и с д а ч а. В орудийном производстве приходится иметь дело с изделиями большой длины и диаметра и к тому же требующими как в процессе самого изготовления, так и при сдаче весьма тщательного осмотра и обмера и точной установки на станке. В виду больших размеров стволов при изготовлении их мерительный инструмент, употребляемый в общем машиностроении, м. б. использован только на отдельных участках производства, а вообще же приходится прибегать к инструменту специальному. В качестве мерительного инструмента при изготовлении стволов употребляют звездки, калибры, кружки, раздвижные мерки, штихмассы, калибромеры и раздвижные скобы. Для осмотра деталей ствола и готовых стволов пользуются зрительной трубой, биноклем, зеркалом и лупой. Поверочным инструментом при установке на станок служат рейсмус и индикатор. З в е з д к и служат для обмера диаметров канала и каморы ствола, а также внутренних диаметров цилиндров и кожухов. Применяемые на наших з-дах звездки бывают ручные и автоматические; звездки оптические пока в наше производство еще не проникли, но за границей применяются кроме своего прямого назначения для определения угла наклона нарезов. Наиболее распростра-

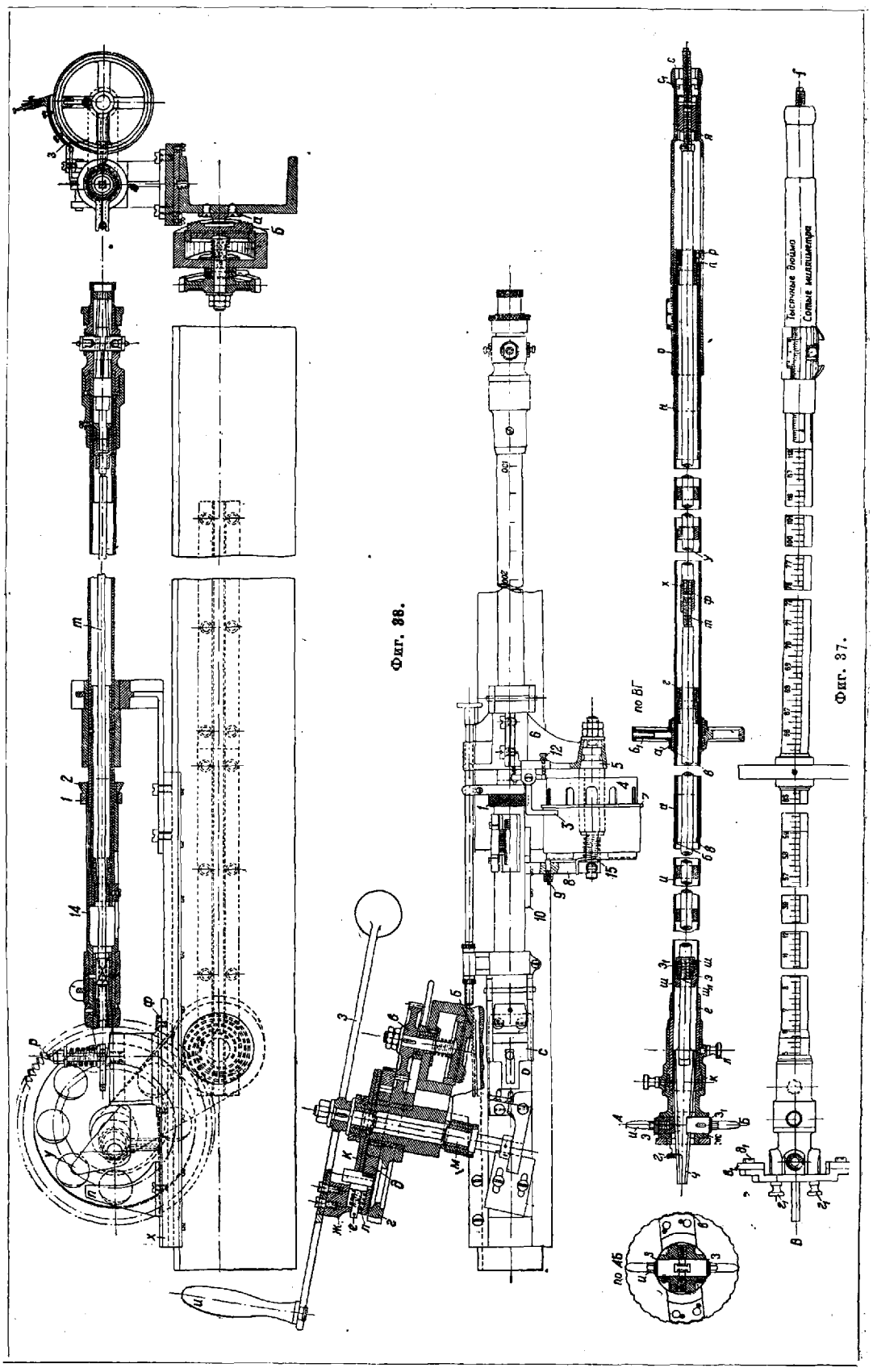
ненная ручная звездка изображена на фиг. 37. Она представляет собою трубу, составленную из нескольких колен *а* и *б*, соединенных между собою направляющими *в* и направляющими стебля *г* с навернутыми на последние гайками. На передний конец колена *а* на припое насажен наконечник *е*, а с последним соединена головка *ж* с двумя движками *з*, $з_1$, несущими шпили *и*. Соединение головки *ж* с наконечником осуществлено при помощи гайки *к* и двух стопорных винтов *л*. В конце последнего колена *б* в притык к нему помещена оправа шкал отсчета *н* с дюймовой и миллиметровой шкалой и соединение в месте стыка осуществлено, как и соединение колен трубы между собою. На нее одета оправа нониусов *о* с нониусами для каждой из двух шкал, гайкой *с* и шпонкой *п*, закрепленной винтом *р*. Внутри этой сочлененной трубы расположен стебель *т—у*, состоящий из нескольких колен, соединенных между собою муфтами *ф* и заклепками *х*. Направляющими для стебля служат опоры *щ* и *г*. Передний конец стебля соединен с клином *ч* при помощи муфты *ш*, двух гаек *щ* и $щ_1$ и штифтов *э* и $э_1$. Клин проходит через головку *ж* и связан с движками *з* и $з_1$ (разрез по *А—А*). Другой конец стебля соединен с квадратным ползуном *я*, имеющим поступательное движение при отвернутой контргайке *с* при посредстве вращения гайки $с_1$, действующей на винт ползуна *я*. Отвертывание контргайки *с* и поворот гайки $с_1$ производятся специальным торцовым ключом. В нормальном состоянии стебель, а следовательно и клин связаны с оправой нониусов и при движении последней по оправке шкал *н* совершают также поступательные движения в ту или иную сторону, и подвижные движки со шпилями под действием клина или выдвигаются из головки или убираются в нее на ту или иную определенную величину, читаемую по шкале. Для подготовки звездки к работе нужно: а) надеть поддерживающие кольца $а_1$; б) вставить соответствующие диаметру канала шпили $б_1$; в) совместить нуль шкалы с нулем нониуса; для этого пользуются установочным кольцом, внутренний диаметр к-рого равен диаметру обмеряемого канала; двигая клин, останавливают на положении его, когда концы шпилей плотно прилегают к внутренним стенкам кольца; далее отпускают контргайку *с* и начинают вращать гайку $с_1$ до совмещения нулей шкалы и нониуса; г) закрепить контргайку *с*. При обмере нарезанного канала приходится пользоваться державкой для гребенок $в_1$, устанавливаемой на головке и закрепленной винтами $г_1$. Гребенки соединяются с державкой винтами $д_1$. Наличие державки с гребенками обеспечивает совмещение шпилей или с нарезами или с полями канала ствола в зависимости от положения державки.

При обмере определяются отклонения от нормального диаметра в сторону минуса или плюса, читаемые по нониусу и приплюсовываются к величине диаметра установочного кольца. Положение того или иного обмера определяется по отношению к казенному или к дульному срезу ствола, и расстояние читается по делениям на наружной части трубы звездки. Обмер обыкновенно производится в двух взаимно перпендикулярных направлениях через каждый дюйм расстояния по длине. Точность обмера звездкой равняется 0,025 *мм* (0,001 дм.). Автоматическая звездка (фиг. 38) представляет собой усовершенствованный вид ручной звездки; при производстве ею обмеров мерительный механизм, ничем не отличающийся в принципе от описанного выше, продвигается вдоль обмеряемого цилиндра особым подающим механизмом. Запись результатов обмеров производится тоже механически при помощи пишущего механизма. Все три механизма—мерительный, подающий и пишущий—смонтированы на специальном основании и образуют стационарную машину. Постоянство установки автоматич. звездки обусловливает производство обмеров на одном определенном месте, т. е. обмеряемые изделия должны подаваться к звездке. Это обстоятельство может вызвать неудобство, особенно при производстве стволов крупной артиллерии, т. к. часто бывает необходимость произвести обмеры изделия на станке, не снимая последнего, чем избегаются лишние перевозки и установки. Механизация звездки исключает индивидуальное влияние на результаты обмеров лица, производящего их, и это главное достоинство автоматич. звездки. Точность измерения автоматической звездки та же, что и ручной, т. е. 0,02 *мм*.

П о д а ю щ и й м е х а н и з м производит работу двоякого рода: подачу всей звездки вдоль основания и подачу конуса, тяги и движущегося наконечника при неподвижности всего остального. Подача всей звездки вдоль основания производится посредством рейки *а* (фиг. 38), «червяка» *б*, шестерен *в* и *г*, храповика *д*, собачки *е*, защелки *ж* и рукоятки *з*, *и*. «Червяк» при полном обороте передвигает звездку на расстояние, равное четырем шагам рейки. Чтобы движение звездки при непрерывном повороте рукоятки *з* сделать прерывистым и в моменты останова звездки можно было дополнительным продвижением конуса измерить диаметр данного сечения, существует приспособление в виде шайбы выключателя *к*. Эта шайба имеет форму, изображенную на фиг. 39. Собачка *е* пружиною *л* все время поджимается к наружной поверхности шайбы, и в момент, когда собачка подойдет к выпуклости шайбы, сцепление между собачкой и храповиком нарушается, и шестерни *г* и *в*, а следовательно и червяк *б* прекращают вращение. Вращение червяка снова восстанавливается, когда собачка проходит выпуклость шайбы и затем снова сцепляется с храповиком. Задаваясь необходимой подачей по рейке (т. е. интервалами между измеряемыми сечениями отверстия цилиндра), можно легко подобрать шаг рейки, число заходов червяка, передаточное число шестерен, число зубьев и шаг храповика и наружную форму шайбы выключателя. Дуга выпуклости шайбы д. б. достаточна, для того чтобы в промежуток времени, когда звездка стоит неподвижно, можно было подать конус до упора рожков в стенки отверстия цилиндра и вернуть его в исходное положение. Подача конуса производится посредством рукоятки *и*, *з*, оси *м*, кулака *у*, переднего *о* и заднего *п* упоров, болта *р* и



Фиг. 39.

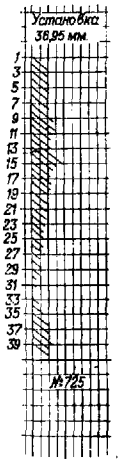


Фиг. 37.

Фиг. 38.

основания подшипника *c*. Последний посредством движущегося наконечника соединяется с концом тяги *m*. Кулак *y* закреплен на оси *м* т. о., что при своем вращении приходит в соприкосновение с передним упором *o* и начинает передвигать его, а вместе с ним тягу и конус в тот момент, когда движение всей звездки по рейке *a* прекращается. Такое относительное перемещение возможно, т. к. упоры передний *o* и задний *n* укреплены на планке *ф*, а последняя свободно передвигается по салазкам *x*. Передний упор вместе с тягой и конусом двигается вперед до соприкосновения концов рожков со стенками измеряемого отверстия. После этого продолжает передвижение нек-рое время один передний упор до выхода кулака из соприкосновения с ним. Относительное перемещение упора и основания подшипника *c* допускается широкой прорезью на основании подшипника в месте его соединения с болтом-держателем *p*. При дальнейшем вращении кулак приходит в соприкосновение с задним упором *n*, передвигает его, а вместе с ним тягу и конус влево, вращая их в исходное положение. После выхода кулака из соприкосновения с задним упором начинает работать червяк *б*, и вся звездка подается на требуемый интервал.

Пишущий механизм. В автоматич. звездке измеряемые диаметры отверстия не отсчитываются на шкале, а автоматически записываются пишущим механизмом. Последний состоит из следующих деталей (фиг. 38): регулирующей гайки *1*, толкателя *2*, рычага пера *3* со штифтом на одном конце и пером на другом, барабана *4*, сидящего на оси *5*, укрепленной в кронштейне *6*, кольца барабана *7*, подающего рычага *8*, собачки *9* и подавателя барабана *10*. Задаемся некоторым диаметром, наименьшим из тех, к-рые предполагаем получить при обмерах. Изготовляют установочное кольцо с таким внутренним диаметром. Подводя установочное кольцо к рожкам и раздвигая последние до упора в него посредством регулирующей гайки *1*, подводим толкатель *2* до соприкосновения со штифтом, предварительно установив последний вместе с рычагом *3* и пером в нормальное исходное положение с помощью регулирующего винта *12*. На кольцо барабана предварительно надевают лист бумаги, разграфленной в клетку. Величина клеток определяется плечом рычага и величиной подачи барабана. После этой предварительной установки установочное кольцо снимают и звездка готова к производству обмеров. При измерении диаметра какого-либо сечения рожки звездки раздвигаются до диаметра, равного диаметру измеряемого сечения, толкатель *2* давит на штифт рычага *3*, последний, подаваясь вперед в направлении конуса, заставляет противоположный конец рычага, снабженный пером, двигаться в обратном направлении и чертить нек-рую прямую. Если отношение плеч рычага 1 : 5, то при подаче штифта на 1 *мм*, что соответствует разнице в диаметре 0,1 *мм*, перо прочертит участок между двумя продольными прямыми на листе барабана, отстоящими друг от друга на 5 *мм*. При дальнейшем повороте рукоятки *з* (фиг. 38) произойдет следующее: труба толкателя *14* вместе с толкателем *2*, насаженным на нее, отойдет назад и освободит штифт рычага *3*, отчего последний вернется в исходное положение. Подаватель барабана *10*, укрепленный на трубе толкателя, также вместе с трубой отходит назад. Подающий рычаг *8*, имеющий относительное небольшое перемещение на оси *5* барабана и постоянно прижимающийся своим концом к подавателю барабана, благодаря давлению пружины *15* опускается вниз. Установленная в нем собачка *9* проскакивает один зубец по зубчатой насечке на кромке барабана. Шаг насечки можно назначить произвольно, лучше в целых *мм*. При обратном ходе трубы толкателя и подавателя барабана *10* подающий рычаг поднимается вверх, и собачка подает барабан на шаг насечки. Следующим этапом будет снова давление толкателя на штифт и новый штрих пером, соответствующий диаметру следующего сечения измеряемого отверстия. Если этот штрих занимает 1,5 промежутка между толстыми продольными прямыми, то это будет соответствовать диаметру большему, нежели диаметр установочного кольца на 0,15 *мм*. Полная запись измерения автоматич. звездкой имеет вид, изображенный на фиг. 40. Запись «установка 36,95 *мм*» показывает, что диаметры измеряемого отверстия ожидают получить ок. 37 *мм* и во всяком случае не менее 36,95 *мм*. Верхний штрих показывает, что диаметр отверстия в начальном сечении на 0,1 *мм* больше 36,95 *мм*, т. е. равен 37,05 *мм*. Диам. 2-го сечения равен 37,05 *мм*, 3-го—37,06, 4-го—37,06, 5-го—37,06, 8-го—37,1, 12-го—37,15, 27-го—37,0, 31-го—36,97, 39-го—37,05 *мм*. Влево от штрихов поставлена нумерация сечения по порядку. Вместо нумерации можно указывать расстояние от начального сечения. Расстояние между штрихами по вертикали равно шагу насечки барабана и соответствует расстоянию между измеряемыми сечениями. Если это расстояние равно 25 *мм*, то из записей можно видеть, что звездкой промерена труба, длина к-рой равна 25×38 *мм* $= 950$ *мм* $= 95$ *см*.



Фиг. 40.

Калибры при изготовлении ствола применяются для определения прямизны канала цилиндрические и для обмера камор мелких и средних калибров—фигурные, имеющие очертание каморы. Первые делаются длиною в 3 калибра (утроенный диаметр ствола) и диаметром, отвечающим диаметру ствола с нижним минусным допуском, согласно технич. условиям. Размеры допусков на стволы даны в табл. 5.

Прохождение такого калибра в канале ствола гарантирует против возможности заклинения в канале снаряда в силу искривления ствола. Кружки употребляют при измерении внутренних конич. поверхностей, где измерения звездкой весьма неточны. Часто при изготовлении цилиндров и кожухов приходится промерять уступы, т. е. места переходов с одного диаметра на другой, а именно галтели вертикальной стенки уступа, что обычным способом проделать не удается. В таких случаях в месте уступа заливается

Табл. 5.—Применяемые допуски в зависимости от калибра пушек (в дм.).

Калибр пушек	По полям нарезов	По дну нарезов	В зарядной каморе *1
14-дм./52 к.	+0,012 / −0,005	−0,008	0,030
12-дм./52 »	+0,010 / −0,005	−0,007	0,030
130-мм/55 »	+0,005 / −0,003	−0,004	0,020
120-мм/50 »	+0,005 / −0,003	−0,004	0,020
4-дм./60 » *2	+0,003	−0,003	0,010
75-мм/50 » *2	+0,003	−0,003	0,010
107-мм *2	+0,003	−0,003	0,008

*1 В снарядной каморе допуски те же, что и по полям. *2 В патронных пушках зарядная камора растачивается по калибрам и проверяется на краску.

масса определенного состава и по остывании ее получается слепок с уступа. Со слепка снимается прямой и обратный шаблоны, обмер к-рых никакого труда не представляет. Состав массы по весу для слепков следующий: 700 *г* серы кристаллической, 20 *г* графита, 200 *г* наждака мелкого, 10 *г* сажи голландской. Подобным же образом производится и обмер резьбы в кожухах Шнейдеровских систем для скрепления. Калибромеры представляют собой штанген-циркули, но с мерительными ножками большой длины. Длина ножек L равна половине наружного диаметра D, измеряемого изделия $+20$ или 30 *мм*. Остальной поверочный и мерительный инструмент является нормальным и остается только сказать, что при установке размеров штихмассов, раздвижных мерок и скоб пользуются специальной мерительной машиной для измерения их и контрольных мерок при поверке скоб. Оптич. труба представляет собой полую трубу, внутри которой помещены окуляр, линза, объектив и зеркало, расположенное под углом в 45° к оси трубы. Поверхность осматриваемого изделия и зеркало освещаются электрич. лампочкой, помещенной в трубе перед зеркалом, и при помощи объектива, увеличивающего изображения от $1^1/_2$ до 4 раз; все дефекты кажутся рельефными и четкими. На трубах имеется приспособление для перемещения оптич. системы относительно зеркала, что дает возможность установить трубу по глазу смотрящего. Зеркало, бинокль и лупа как предметы общеизвестные не требуют особого их описания.

Приемка ствола. В течение всего процесса производства каждая операция подвергается контролю. Приемка начинается с поковки. Поковке дают номер, к-рый остается до окончания изготовления ствола, напр. кожух № 10, от ствола № 95, поковка № 1156. Инспектор начинает свою работу, как только начинается обработка, и отмечает все дефекты. Иногда эти дефекты не имеют значения и только записываются, иногда же они имеют серьезный характер и, смотря по обстоятельствам, могут повлечь за собой браковку. Даже мелкие отверстия и царапины отмечаются, чтобы в случае надобности иметь указания в отчете. Большие царапины и трещины как продольные, так и радиальные отмечаются и если они остаются при обработке, то вызывают часто браковку детали. Другими причинами браковки являются шлаковины, чешуйчатость и слоистость строения материала и пережог стали. На внутренних поверхностях этот контроль производят при помощи сильного света и вводимого в отверстие увеличивающего зеркала. Наиболее существенным делом является проверка размеров. Каждую деталь внимательно обмеряют и внутреннюю расточку промеряют по всей длине через 20—40 *мм* специальным прибором, дающим двойные отсчеты. Эти промеры служат также для установления размеров для скрепления, принимая во внимание степень сжимания. Нарезы и поля проверяются на точность выполнения и размеров. После контроля канала следует контроль наружных обточенных поверхностей на правильность диаметров. Эти контрольные промеры также регистрируются и служат основанием для процесса скрепления. Каждую часть орудия клеймят в подтверждение правильности выполнения в отношении размеров и доброкачественности материала.

Испытание орудийных стволов стрельбою. 1) Все орудийные стволы подвергаются испытанию стрельбой, которое может быть следующих видов: а) испытание опытного экземпляра ствола, б) малое испытание, в) большое контрольное испытание, г) на меткость. Все эти испытания стрельбой должны проводиться на научно-испытательном артиллерийском полигоне.

2) В зависимости от характера стрельбы снаряды д. б. боевые принятого образца или м. б. заменены чугунными снарядами или чугунными цилиндрами по весу принятых снарядов. Первый выстрел из вновь изготовленного орудия производится уменьшенным зарядом, весом в $^4/_5$ веса нормального заряда, все остальные выстрелы при испытании стрельбой производятся зарядами, развивающими усиленное давление. Первые 2—3 выстрела из каждого орудия следует для предосторожности всегда производить при укрытых номерах, обслуживающих орудие.

3) Испытание стрельбой первого опытного экземпляра орудийного ствола производится с целью поверки ствола вновь принятой системы, или же ствола, изготовленного заводом, начинающим впервые изготовлять материальную часть артиллерии, или ствола при крупных изменениях чертежа или материала самого ствола и запирающего приспособления (затвора). Это испытание производится большим числом выстрелов, напр. 400 и более, по особой программе. Вообще при этом испытании применяются заряды, развивающие усиленное давление, ведется тщательное наблюдение за состоянием и износом канала, выясняется меткость стрельбы в разных периодах испытания и действия затвора в разных условиях стрельбы.

4) Малое испытание стрельбой производится с каждым орудийным стволом валовой фабрикации. Это испытание ведется в размере 10 выстрелов зарядом, развивающим давление, приблизительно на 200 *atm* большее обыкновенного давления, при к-ром ведется боевая стрельба полным зарядом из данного орудийного ствола. Такое испытание производится с целью подтверждения правильности изготовления ствола, выяснения правильности действия затвора и поверки прочности ствола и составных частей

затвора как комплектных, так и запасных. При малом испытании стрельбой необходимо иметь тщательное наблюдение за явлением сдвига между частями орудийного ствола, особенно же за смещением внутренней трубы и казенника.

5) Большое контрольное испытание стрельбой производится над теми орудийными стволами валовой фабрикации, к-рые будет признано необходимым подвергнуть усиленному испытанию с целью удостовериться в достаточной прочности и надежности их. Для большого контрольного испытания назначаются орудийные стволы (и затворы) валовой фабрикации, отличающиеся некоторыми замеченными во время приемки особенностями, делающими этот ствол в нек-рой степени сомнительным (недостаток в металле, неправильность в сборке ствола и т. д.). Это испытание стрельбой считается исключительным и м. б. доведено даже до 100 выстрелов; результаты его заносятся в приемный журнал и в формуляр орудия. При производстве большого контрольного испытания стрельбой необходимо периодически осматривать, поверять и обмерять орудийный ствол в том отношении, к-рое послужило поводом к данному усиленному испытанию.

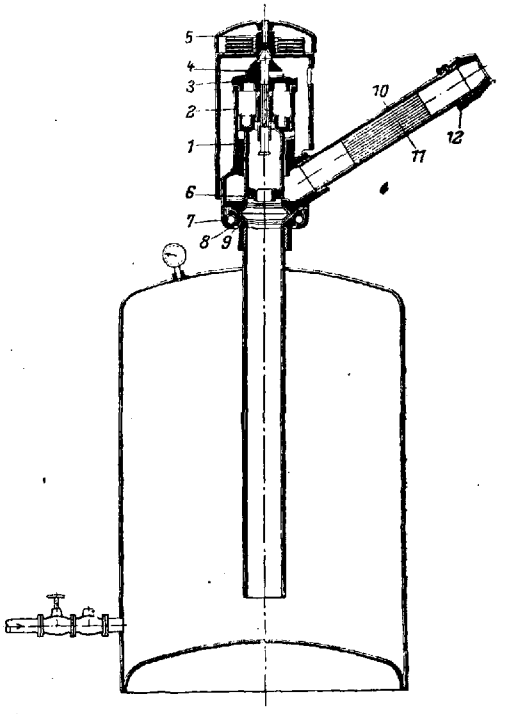
6) Стрельба на меткость производится над одним или двумя орудийными стволами из числа изготовляемых по данному валовому заказу, причем для этого испытания выбираются те стволы, в к-рых отступления от нормальных размеров нарезной части канала или какие-нибудь случайные особенности, к-рые могут иметь влияние на меткость, окажутся наиболее резко выраженными сравнительно с другими стволами. Испытание на меткость орудийного ствола можно соединить с малым испытанием или с большим контрольным испытанием стрельбой, если это окажется возможным, но должно производиться на обыкновенном грунте (а не с бетона). Самое испытание на меткость производится 25 выстрелами, причем вычисленные вероятные отклонения не д. б. более табличных свыше как на 25%. Это испытание производится стрельбой по вертикальному щиту на дистанцию 1—2 *км*.

7) После стрельбы канал и камора испытанного ствола тщательно прочищаются, и орудийный ствол представляется к окончательной сдаче. При этом приеме производится осмотр канала и каморы, а также осмотр ствола снаружи. Если ствол был допущен к стрельбе с какими-либо пороками, то обращается особое внимание на состояние этих пороков и в случае увеличения их или более резкого их проявления ствол бракуется или подвергается большому контрольному испытанию, если этому испытанию еще не подвергался. Камору поверяют калибрами.

8) После производства испытания орудийного ствола стрельбой д. б. произведены снова следующие обмеры: а) обмер канала звездкой по доньям двух пар взаимно перпендикулярных нарезов и по двум парам полей через каждые 5 *см* (2 дм.) по всей длине канала и в одном сечении по всем доньям нарезов и по всем полям; обмерить следует те же нарезы и поля и в том же сечении, к-рые были обмерены до стрельбы; б) обмер звездкой зарядной каморы по двум взаимно перпендикулярным диаметрам через каждые 5 *см* (2 дм.); в) наружный обмер орудийного ствола. **А. Давыдов и Н. Адакин.**

Лит.: Нилус и Маркевич, Полный курс артиллерии, 3 изд., П., 1916; Козловский Д., Артиллерия, 3 изд., М.—Л., 1929; Соколовский И., Курс артиллерии, М., 1923; Артиллерия и ее боевая работа, М., 1925; Гаскуэн, Эволюция артиллерии во время мировой войны, М., 1922; Справочник по сухопутной военной технике иностранных государств, Артиллерия, Москва—Ленинград, 1929; Рожe Ж., Артиллерия при наступлении, пер. с франц., М.—Л., 1927; Кампана Ж., Успехи артиллерийской техники, пер. с франц., М.—Л., 1927; Римальо, Артиллерия полевых армий, пер. с франц., М.—Л., 1927; Дроздов М., Сопротивление артиллерийских орудий и их устройство, Л., 1926, Литографиров. курс; Alvin-André, Les canons de la victoire, P., 1923, An Artillerimaterialen, «Art.-Tidskrift», Upsala, 1930; Bruchmüller, Die deutsche Artillerie in den Durchbruchsschlachten des Weltkrieges, 1922; Challéat, Systémes modernes d'artillerie, «Revue d Artillerie», v. 15, P., 1930; Dänicker, Einführung in die Waffenlehre, 1927; Mc Farland, A Textbook of Ordnance and Gunnery, 1929; Hedqviat, Tor Asikter om det moderna artillerisystement, «Artillerie-Tidskrift», Upsala, 1931, H. 1; Heigl F., Die Entwicklung des Artilleriematerials seit 1914, Schwerste Steilfeuergeschütze in Positionslafette in Mittelgruppen, Januar—Februar, 1929; Jacob L., Résistance et construction des bouches à feu—autofrettage, P., 1920; Mattei A., Dell Autoforzamento o Autocerchiatura, «Rivista di Artiglieria e Genio», Roma, 1926, Sept., Dez.; Rausenberger, Theorie d. Rohrrücklaufgeschütze, 1907; Rimailho, Artillerie de campagne, P., 1925; Schwarte M., Technick im Weltkriege, B., 1920; Sesselberg, Stellung-Krieg 1914—1918; Thouvenin, L'Artillerie nouvelle, 1921; «Archiv f. d. Art.- u. Ing. Offiziere d. deutschen Reichsheeres»; «Artilleristische Rundschau», Mch.; «Army Ordnance», Wsh.; «Artillerie-Tidskrift», Upsala; «Mémorial de l'artillerie Française»; «Revue d'Artillerie», P.; «Rivista di Artiglieria e Genio», Roma.

ПУШКА ДОЖДЕВАЛЬНАЯ, струйный вращающийся прибор для искусственного *дождевания* (см.) дальнего действия. Особенность дождевальной пушки состоит в том, что вода, поступающая из водопровода в бак дождевальной пушки, аккумулируется в нем до тех пор, пока не создастся такое давление, под действием которого вентиль струйной трубы открывается и часть



воды выбрасывается из бака подобно выстрелу, в виде длинной струи. Корпус П. д. при каждом выстреле немного поворачивается. Поворот корпуса П. д. устанавливается помощью пружинного тормоза. Частота выбрасывания струи зависит от интенсивности наполнения бака. Вентиль на напорном водопроводе служит для регулирования наполнения водою бака. Дождевальные пушки строят с баком в 100 *л*, для работы при давлении 3—6 *atm* и с баком до 400 *л* при давлении 6—12 *atm*. В стационарных установках бак закапывают в землю, в передвижных установках П. д. монтируют или на специальной тележке или на носилках. На фигуре дана схема П. д., где *1*—поршневой вентиль, *2*—корпус вентиля, *3*—направляющая крышка, *4*—регулирующий поршень, *5*—груз, давящий на регулирующий поршень, *6*—*7*—шарики, на к-рых вращается корпус вентиля, *8*—патрубок, *9*—кожаная угловая манжета, *10*—струйная труба, *11*—выпрямитель из трубок, *12*—контргайка.

Н. Раницкий.

ПУШНИНА, в широком смысле слова шкуры пушных животных, перерабатываемые на меха (см. *Меховое производство*). В пушной торговле термин П. имеет более узкое значение, а именно П. называют сырые шкуры диких пушных животных, добываемых в результате охоты. Шкуры домашних животных, перерабатываемые на меха, называются мехового сырье или сокращенно «мехсырье». К меховому сырью относятся: жерёбок, опоек, каракуль, смушка и мерлушка, пыжик и неблюй (олень), козлина пуховая и козлик (коза), кролик, кошка, собака. К П., добываемой в СССР, относятся шкуры следующих животных.

Барс, ирбис (Leopardus uncia Schreb.). Мех барса значительно длиннее, мягче и гуще, чем у леопарда. Основной тон окраски бледножелтовато-серый или светлобуровато-серый. По этому фону разбросаны редкие, расплывчатые крупные пятна темнобурого цвета. По размерам барс несколько меньше леопарда. Область распространения—горы и предгория Ср. Азии.

Барсук (Meles meles L.). Барсук образует целый ряд географических форм, группирующихся около трех основных подвидов: 1) европейского барсука, 2) песчаного барсука и 3) амурского барсука. Шкурка барсука покрыта довольно длинными, жесткими, блестящими волосами. Цвет меха на спине серовато-белый с черным. Отдельные волосы у основания обыкновенно желтоватые., посредине черные, а на самом конце серо-белые. В последнее время шкурами барсука заменяют мех америк. опоссума. Волос барсука имеет самостоятельное использование в производстве кистей для живописи. Область распространения—преимущественно Центр. полоса и юг Европ. части СССР.

Белка обыкновенная (Sciurus vulgaris, L.). По стандарту соответственно районам промысла белка делится на 16 кряжей и кроме того вне кряжей выделяется белка телеутка. Последняя является одним из подвидов белки, отличающаяся очень светлой окраской и несколько большими размерами. Житков насчитывает 40 подвидов белки: 1) восточно-украинскую, 2) зап.-украинскую, 3) средне-северно-русскую, 4) зап.-сибирскую, 5) телеутку, 6) центрально-сибирскую, 7) забайкальскую, 8) дальневосточную, 9) манчжурскую и 10) сахалинскую. По спелости волосяного покрова при сортировке относят: к I сорту зимнюю белку полноволосую, а также синеручку, синеголовку, вожжанку и горбольную. Синеручка имеет незначительную синеву на мездре у передних лапок. Синеголовка — синеву на головке. Вожжанка—на мездре по черепу (брюху) две параллельные бледносиние полосы от головы до задних лапок. Горбольная имеет рыжеватую полосу в виде ремня по хребту. По волосу все эти разновидности должны обладать всеми признаками первого сорта. II сорт называется синюха, сюда относятся шкурки позднеосеннего боя, менее полноволосые с легкой синевой на мездре. Третий сорт, или подпалъ, включает в себя шкурки осеннего боя с полуволосым волосяным покровом, с низким пухом и низкой остью. Беличьи шкурки находят разнообразные применения: из них шьют меха на низ под пальто, верхние меха на манто, воротники, шапки. При пошивке мехов белка раскраивается на несколько частей. Из частей спинки белки делают лобковые, шейчатые, загривчатые, огузчатые и хребтовые меха; из черева—черевьи, грудковые и бедерчатые меха. Область распространения—лесная зона СССР (исключая Крым, Камчатку, Туркестан и Кавказ).

Бобр морской, бобр камчатский (хищное животное, Enhydris lutris). Общая длина тела взрослого бобра достигает 1,6 *м*, из к-рых 30 *см* приходится на хвост. Мех бобра состоит из длинной шерсти, окрашенной в черно-бурый цвет; концы отдельных волос белые. Подшерсток чрезвычайно густ и нежен. Наиболее ценятся черные экземпляры с серебристым отливом. В настоящее время бобр добывается только единицами, так как стадо бобров в результате предшествующей хищнической охоты почти истреблено и только теперь благодаря принятым охранительным мерам начинает восстанавливаться. Область распространения—сев. районы Тихого океана (Командорские и Алеутские о-ва).

Бобр речной (грызун, Castor fiber). Мех имеет длинную, толстую и жесткую ость и очень густой, нежный и шелковистый подшерсток. Цвет меха темнокаштаново-бурый с сероватым оттенком. Подшерсток у основания серебристо-серый, к концу же желтовато-бурый. Длина тела взрослого бобра 75—95 *см*. Шкуры бобра в настоящее время являются редкостью. В пределах СССР насчитывают всего 900 бобров. Охота запрещена повсеместно.

Бурундук (Eutamias asiaticus, Sm.). Огнев различает на территории СССР четыре подвида бурундука: европейский, средне-сибирский, сев.-вост.-сибирский и юго-вост.-сибирский бурундук. Длина бурундука 15 *см*, хвост бывает длиной 10 *см*, шерсть короткая, плотно прилегающая к телу. Цвет волос на голове, шее и на боках желтоватый. Вдоль спины идут на неравных расстояниях пять полос черного цвета. Брюхо серовато-белого цвета. По стандарту бурундук по районам промысла не различается. Бурундук довольно красив в виде подобранных мехов, вследствие чего охотно используется за границей для подборки на дамское манто. Область распространения—лесная и лесостепная полоса Сибирск. края, Урал и С.-В. Европ. части СССР.

Водяная крыса. Водяная крыса имеет несколько форм, объединяемых в один пушной вид. Мех ее довольно густой, на спине более темный, чем на брюхе. Ость блестяще-черная, подшерсток густой, однообразного серо-стального цвета. В окраске может иметься оттенок бурого цвета. Мех водяных крыс чрезвычайно изменчив в зависимости от целого ряда факторов. Густопухие сорта шурок крыс имитируют под крота при помощи стрижки. Область распространения—Европ. часть СССР и Сибирь.

Волк (Canis Lupus, L.). Обычно различают: полярного, лесного, степного и горного волков. Волчьи шкуры полярных волков имеют серо-голубоватую окраску и пушистый мягкий волос; лесных—серо-бурую окраску и мягкий волос; степных—рыжеватую и грубый волос. У горных волков преобладает темная окраска. Шкуры волка как меховой товар не имеют большого значения. Область распространения—Европ. и Азиатская части СССР.

Выдра (Lutra vulgaris). Выдра животное однотипное. Выдра обладает щетинистой остью бурого цвета с поверхности и пепельного около основания волоса. Для изделий она применяется гл. обр. в щипаном виде (без ости). Щипаная выдра, применяется или в натуральном виде («под путрию») или окрашенная в черный цвет («под котик»). Выдра является одним из самых прочных и красивых мехов. Распространена повсеместно в пределах СССР.

Выхухоль (Myogale moschata). Зверек—около 20 *см* длины с чешуйчатым хвостом. В шкурке выхухоли ценится брюшко, покрытое густым, шелковистым стального цвета волосом; мех выхухоли употребляют для отделки. В настоящее время, вследствие малочисленности выхухоли, охота на нее в СССР запрещена. Область распространения—берега Волги, Дуная и их притоков.

Горностай (Mustela erminea). Окраска меха зимою чисто белая, хвост с черным кончиком; летом—мех ржаво-палевого тона. Мех горностая идет на отделку изделий. Область распространения чрезвычайно обширна. Лучшие шкурки из Зап. Сибири (Ишимский, Барабинский районы).

Гепард (Acionyx jubatus, Schreb.). Шкурки гепарда окрашены в блестящий ржано-буланый цвет с густым рисунком из мелких ясно очерченных черных пятен. Мех гепарда очень низкий и довольно грубый. Область распространения—Туркменистан.

Енотовидная собака (Nyctereutes procyonoides). Окраска меха с возрастом меняется: щенки совершенно черные, с возрастом окраска переходит в буровато-черный. Область распространения—ДВК.

Заяц беляк (Lepus timidus). Зимний мех—чисто белый, летний—ржаво-палевого тона с черными концами волос. Между летней и зимней окраской меха переходные формы именуются на рынке: 1) темнобусый и 2) светлобусый. Отделывается мех в натуральном виде. Продукция—экспортная. Хорошо поддается окраске и идет на имитацию ценных мехов для массового потребления. Область распространения—сев. полоса СССР. Лучшие шкурки из Шадринского и Камышловского районов (Сибирский край).

Заяц-песчаник, толай. Окраска сходна с зайцем русаком. Ость более грубая, чем у него, и мездра тоньше. Область распространения—Средняя Азия.

Заяц-русак (Lepus europaeus aquilonias). Серо-бурая окраска волоса. Мех находит гл. образом применение в фетровом производстве, т. к. его пуховой волос легко свойлачивается. Распространение повсеместно в пределах СССР.

Кидус, кидас (гибрид соболя и куницы). По меху напоминает соболя, а по желтому горлу и длинному хвосту—куницу. Область распространения—преимущественно восточные склоны Урала.

Колонок (Mustela sibirica, Pall.). Сплошная желтая окраска ости и серо-голубоватый пух. Мех идет в окраску. Прекрасная имитация «под соболя». Область распространения—Сибирский край. Лучшие шкурки из Ишимского и Томского районов.

Колонок горный, колонок каменный, солонгой (Mustela alpina). В пределах СССР водятся 3 подвида: *суслено*к, солонгой и памирский суслено-мик. Окраска меха со стороны спинки—бледная серо-палево-охристая; брюшко—белесопалево-песчаное, до яркого нежнооранжево-охристого. Область распространения—Памир, Алтай, Забайкалье.

Корсак (Vulpes corsac). Мех в два раза меньше красной лисицы; шкуры находят применение исключительно в окрашенном виде. Обладая мягким, нежным волосом, они великолепно поддаются имитированию под ценные меха. Область распространения—оренбургские степи, степи Сибирского края (Петропавловский и смежные районы) до гор Семиречья.

Котик морской (Callorhinus ursinus). Шкуры ценятся за свой прочный, густой, шелковистый подшерсток. Окраска котика различная. Молодые котики пепельного и темносеро-чалого цвета. Взрослые самцы темнобурые с серовато-желтыми кончиками отдельных волос ости. У самок голова, спина, горло и грудь шоколадно-бурая. На рынок котик выпускается с выщипанной остью и окрашенный с поверхности волоса в черный цвет. Вследствие высокой стоимости и редкости натурального котика в меховой промышленности он почти в продаже не встречается и полностью заменен имитациями из разных мехов. Наивысшие по качеству имитации это «выдра под котик» и «выхухоль под котик». Последняя имитация правильнее должна бы называться «ондатра под котик», т. к. получается путем щипки, стрижки и окраски шкурок америк. ондатры. Область распространения—Командорские о-ва. Промысел регулируется законодательством.

Кошка амурская (Oncoides euptilura, Ell.). Похожа по размерам и форме на обыкновенную лесную кошку, но резко от нее отличается окраской. Волосяной покров—рыже-красный с темными пятнышками на спине. Область распространения—Мачжурия и ДВК.

Кошка домашняя. Кошка домашняя по стандарту делится на обыкновенную коротконерстную и китайскую, или ангорскую, длинноволосую. Почти вся кошка поступает в окраску, «густопухая» кошка красится, после стрижки и выщипывания ости, «под котик», а с редким пухом и длинным волосом—«под лютер» (в черный цвет). Кошка «под котик» имеет массовое применение для воротников и шапок. Распространена повсеместно.

Кошка камышевая (Catolynx chaus), хоус, сабанча. По размерам эта кошка напоминает рысь, причем сходство увеличивается присутствием кисточек черных волос на ушах. Волосяной покров грубый, серый, однообразной масти, с рыжеватой полосой над позвоночником. Область распространения—Кавказ и Среднеазиатская часть СССР.

Кошка лесная (Felis silvestris). Похожа на большого домашнего кота тигровой масти. Волосяной покров мягкий, зеленовато-серый с черными поперечными полосками тигровой масти, хвост толстый в черных кольцах, тупоконечный. Область распространения—Кавказ, Бессарабия, Молдаванская АССР.

Кошка степная (Felis caudatus). Волосяной покров мягкий, светлосерый с поперечными черными полосками или черными пятнышками, хвост длинный, заостренный с черными кольцами. Область распространения—Казакстан.

Крот (Talpa europaea). Шкурка имеет бархатистый вид с серебристым отливом. В изделиях употребляется в натуральном виде. Шкурка крота очень легка, но непрочна по волосу, легко «вытирается». Область распространения—СССР (за исключением Севера, Крыма и нек-рых южн. и ю.-в. местностей).

Куница каменная, куница горская, белодушка (Martes foina). Шкурки отличаются от лесной куницы большей грубостью волоса, беловатой подпушкой и белым горловым пятном. Применяются шкурки в натуральном и крашеном виде («под соболя») на женские подкладочные, отделочные и верхние меха. Распространение этого вида куницы (Крым, Кавказ) слабо изучено. Лесов избегает, предпочитает гористые местности с каменистыми россыпями или вблизи человеческого жилья.

Куница лесная (Martes martes). В пределах СССР водятся, повидимому, три подвида. Мех средне-русской лесной куницы имеет тусклую буровато-палевую окраску ости и бледнопалево-сероватый, иногда белесоватый, дымчатый подшерсток. На горле имеется пятно, окраска к-рого варьирует от белесого тона с едва заметной охристой желтизной до яркого выражения этой желтизны. Летний мех бурее и темнее зимнего. Северные куницы имеют верх густого бурого цвета с черноватыми концами волос ости, подшерсток светлосерый с буроватыми концами волос. У кавказской куницы общий тон меха относительно бледный, рыжевато-серо-буроватый зимой и более темный, коричневатый—летом. Распространена в лесах преимущественно Европ. части СССР (кроме Крыма).

Ласка (Mustela nivalis). Окраска зимнего меха снежно-белая, летнего—интенсивного желто-буро-коричневого тона. Используется как суррогат горностая. Встречается всюду совместно с горностаем.

Летяга (Sciuropterus russicus, Tied.). Шерсть летяги довольно красива и шелковиста, но мездра слабая. Зимний мех выглядит серебристо-серым. Похожа в общем на белку, но значительно меньше по размерам. Обладает длинным пушистым хвостом. Применение, вследствие слабости мездры, ограниченное. Область распространения—средняя полоса Европ. части СССР (к западу до Рижского залива, к югу до лесов южного Урала) и в Сибирском крае.

Леопард (Leopardus pardus, L.). Мех леопарда имеет низкий волос; окраска спины, боков тела оранжевато-желтая или серовато-желтая, испещренная небольшими, но ясно очерченными черными пятнами. Кавказский леопард имеет очень бледную окраску и яркий рисунок из пятен; у дальневосточного леопарда более яркая основная окраска, но меньшая пятнистость. Область распространения—Кавказ, Закавказье, Уссури и Амур.

Лисица обыкновенная (Vulpes vulpes). Различают следующие разновидности лисиц: красную сиводушку, крестовку, чернобурую или серебристую. Кроме того встречаются еще подвиды: кавказская лисица, отличающаяся серотемным цветом, караганка, встречающаяся в степях к Ю.-В. от Аральского моря и Сыр-Дарьи. Окраска ее светлорыжая или сероватая. Красная лисица по интенсивности окраски в торговле делится на огневку, красную, алую, светлую. Наиболее красные лисицы встречаются в Сибири. Сиводушка имеет на спине бурую окраску, на брюхе и шее чернобурую. Сиводушка является промежуточной формой между красной и чернобурой лисицей. Крестовка—это разновидность сиводушки, отличающаяся тем, что на хребтовой части имеет резко очерченный темный крест. Чернобурая, или серебристая, лисица имеет чернобурую окраску волос с беловатыми кончиками. Лучшие экземпляры бывают черно-голубого цвета без седины. Лиса имеет разнообразное применение как для нижних мехов, так и в качестве отделочного товара. Алая, светлая и сера лисицы и караганка подвергаются большей частью окраске. В СССР, США и Канаде в настоящее время начинают разводить чернобурую лисицу в искусственных условиях («лисьи фермы»). Распространена повсеместно в СССР (исключая тундру).

Манул (Frichaelurus manul, Pall.). Манул имеет очень мягкий, высокий, чрезвычайно густой волос, вследствие чего волосы стоят почти перпендикулярно к поверхности кожи. Окраска волосяного покрова рыжевато-ржавая. Область распространения—Ю.-В. Казакстана и Забайкалье.

Медведь белый (Thalasarctos maritimus). Шкуры используются для ковров. Распространен в районах дальнего Севера.

Медведь бурый (Ursus arctos). Индивидуальная изменчивость этого вида чрезвычайно высока. Встречаются медведи почти черные и очень светлые, почти палевого цвета. Шкуры используют гл. обр. для ковров, почему и способ съемки шкуры для них применяют ковровый. Область распространения—большие леса Европ. и Азиат. частей СССР.

Нерпа обыкновенная (Phoca faetida). Различают два вида: нерпу ладожскую и нерпу байкальскую. Нерпа байкальская добывается ежегодно в количестве ок. 5 000 шт. Шерсть мягче и нежней, чем у других видов тюленей. Наивысшую ценность имеют шкуры молодых зверей. Окраска нерпы варьирует от почти белого цвета с темными пятнами до почти черного без заметных пятен. У байкальской нерпы окраска буровато-серебристо-серая и отсутствуют кольчатые пятна. Каспийские тюлени до 2 лет имеют пепельно-серую окраску с темной спиной, а старше 2 лет—соломенно-желтую с многочисленными пятнами—светлосерыми и темнобурыми. Шкуры нерпы на месте добычи используются охотно местным населением на платье, на малицы, куртки, штаны, сайоги. За границей изготовление верхних меховых вещей из нерпы практикуется в большом размере. Область распространения—Ладожское озеро, о. Байкал.

Норка (Putorius lutreola). Окраска меха—темнобурая. Ость блестящая. Подшерсток—сероватый. Волосяной покров—густой и шелковистый. Применяется норка б. ч. в натуральном виде на меха под пальто и разные гарнитуры. Светлую норку красят под соболя. Область распространения—Европ. часть СССР.

Олень. Практич. значение имеют шкуры северного оленя (пыжик—шкурка новорожденного оленя, неблюй—годовалый теленок), марала, изюбра и пятнистого оленя. Мех идет на дохи и шапки. Область распространения—Европ. и Азиатская части СССР.

Перевязка (Vormela (Peregusna) sarmatica). В СССР описано три подвида перевязки. Характерна раскраска перевязки. Между плечами несколько неправильных белых пятен. Вся остальная часть спинки испещрена белыми и рыжевато-желтыми пятнами. Применение имеет ограниченное; мех малоценен. Область распространения—юг Европ. части СССР, Сев. Кавказ, Закавказье, Закаспье, Среднеазиатская часть СССР.

Песец, полярная лисица (Alopex lagopus). Зимний мех песца имеет белый цвет и очень пушист, летний мех имеет землисто-бурую и темноржавую окраску. Среди песцов встречается разновидность, т. н. голубой песец. Окраска голубого песца голубовато-серая или аспидно-серая. Особенной красотой отличается голубой песец с Командорских о-вов; он выделяется в особый подвид. В зависимости от возраста, белый песец меняет окраску и получает в связи с этим различные торговые названия, а именно: копанец, норник, крестоватик, синяк и недопесок. Копанцом и норником называют шкурки новорожденных песцов в возрасте не более одного месяца, отличающихся наличием пепельных волос. Следующая стадия—крестоватик с серо-желтой окраской и ярко выраженным темносерым крестом на спине. Затем следует синяк; у синяка ость низкая уже белого цвета, но подшерсток синеватый, выделяющийся на общем фоне. Недопеском называется песец, имеющий вполне белесый волос, но еще не вполне развившийся. Шкуры белого и голубого песца идут гл. обр. на изготовление горжет. Область распространения—полоса тундр и островов Полярного моря, Командорские о-ва и др.

Россомаха (Gulo gulo, L.). Имеет грубый жесткий волос темнобурой окраски. Для россомахи характерна наличность большого пятна на спине, отличающегося более темной окраской от окружающего фона. Область распространения—Сибирский край, Урал, сев. и центр. полосы Европ. части СССР.

Рысь (Lynx lynx). Рисунок, тон окраски шкуры, качество меха и размеры чрезвычайно разнообразны. Основной тон окраски—рыжевато-серый с примесью беловатого оттенка на спине. На голове, на шее, на спине и на боках—темносерые пятна, у разных особей различной интенсивности. Самые красивые—пятнистые рыси; добывают их в Закавказьи. Различают в торговле пепельно-голубую, пятнистую и красную рысь. Водится в лесах Сибирского края, сев. полосы Европ. части СССР (исключая тундру), Кавказа и Закавказья.

Соболь (Mustela zibellina). Соболь почти всюду истреблен. Соболь отличается бесконечным разнообразием своих качеств, зависящих от района происхождения. Шкурку светлого соболя подкрашивают под темного; использование соболя в швейном производстве самое разнообразное. Один из самых дорогих мехов. Область распространения—лесная часть Сибирского края.

Сурок (Arctomos). Под этим названием объединяется целая группа видов. Наиболее известный—сурок южно-русский или байбак (A. bobac), длина тела 57 см, окраска спины серовато- или песчано-желтая с расцветкой из черных остевых волос. Разновидности сурка: сурок алтайский, сурок забайкальский (тарбаган), сурок якутский, сурок камчатский (тарбаган), сурок двухцветный, сурок длиннохвостый и сурок Мензбира. Сурок всех видов в больших количествах используется в меховой промышленности как в натуральном, так и в окрашенном виде. Его красят б. ч. «под соболя» в коричневый цвет. Он используется на воротники, шапки и в виде подобранных мехов на верх и низ для зимней одежды. Область распространения—южная полоса Европ. части СССР, Алтай, Забайкалье, Монголия, Памир, Тянь-Шань, Семиречье.

Суслик обыкновенный (Citellus) и суслик тонкопалый (Spermophilopsis). Под названием суслик в пушном деле объединяется целая группа видов (13), относящихся к двум родам. В торговле обычно различают две группы: 1) суслик песчаный, или песчаник (Citelus fulvus) и 2) «просто суслик». По стандарту различают: песчаник киргизский, ново-казанкинский, суслики: колымский, камчатский, якутский, рыжеватый, крапчатый, тонкопалый. Шкурки сусликов в громадном количестве перерабатываются меховой промышленностью. По своим качествам выделяется песчаник, из к-рого получают красивые имитации соболя и норки. Крапчатый суслик идет в натуральном виде на манто, остальные дешевые виды сусликов красят б. ч. в коричневый цвет или имитируют под бурундука и пр. Область распространения—Урал, Заволжье, Казахстан, Узбекистан, Крым, Камчатка, Якутская АССР, Украина.

Тюлень гренландский. Добывают тюленя на ледяных полях Белого моря и частично у мыса Канина и Мурманского берега. Промысел ведется весной. Окраска тюленя с момента его рождения до зрелого возраста меняется. Шкуры новорожденных тюленей, называемых бельками, имеют мягкую, пушистую шерсть светложелтого цвета, сохраняемую ими в течение 3—4 недель до первой линьки. Линька продолжается 2—3 недели, после чего тюлень покрывается гладкой, короткой шерстью цвета стали и получает название серка. Позднее постепенно появляются на верхней половине туловища более темные пятна. Старый самец называется крылан, или лысун. Цвет шкуры у них белый с соломенно-желтым оттенком, более сильным на спине. По бокам спины полулунные пятна. Взрослая самка называется утельга и имеет светлосерую окраску. Добывают гренландского тюленя ежегодно ок. 400 000 шт. Область распространения—Полярное море, Белое море.

Тюлень каспийский. Добывают до 50 000 шт. ежегодно. По окраске подходит к нерпе. Область распространения—Каспийское море.

Харза (Charronia flavigula, Bodd.). По сравнению с другими куницами животное довольно крупное. Длина тела 61 см. Окраска верхней части шеи и передней части спины—интенсивно желтая. Огузок, хвост и лапы — черные. Область распространения—ДВК (Южно-Уссурийский район).

Хомяк (Cricetus cricetus, L.). Окраска меха со стороны спины светлобуро-желтая, а со стороны брюха—черного цвета. В нек-рых районах встречается хомяк с интенсивно черной блестящей шерстью. Лучший сорт шкурок добывается весной. Длина тела колеблется от 180 до 200 мм. Область распространения—Европ. часть СССР, Западная Сибирь и северные районы Казахстана.

Хорь темный, хорь обыкновенный (Putorius putorius). Окраска его сильно варьирует от весьма темных до очень светлых тонов. Молодые животные в общем гораздо темнее взрослых. Общий тон меха темнобурovато-серый; у старых появляется ржаво-рыжий тон на боках; употребляется мех хоря в изделиях в натуральном виде. Область распространения—лесная полоса Европ. части СССР.

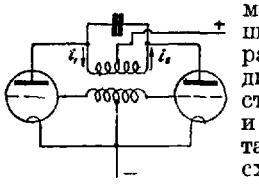
Хорь светлый, хорь белый (Mustela eversmanni). В СССР водятся три подвида. Главный район добычи—Сибирский край. Самый лучший по размеру и волосу Петропавловский белый хорь. Белый хорь в больших количествах красится в коричневый цвет («под соболя»). Шкурки хоря очень жирны. Область распространения — Европ. часть СССР и Сибирский край.

Шакал (Canis aureus). Шкуры шакала имеют ограниченное применение вследствие грубости волоса. Окраска меха кавказского шакала на спине и на боках желтовато-серая или буран с черным оттенком. Область распространения—Кавказ и Средняя Азия.

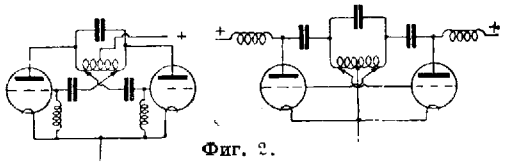
Лит.: Систематич. обзор пушных видов стандарта, под ред. проф. Б. М. Житкова, «Пушное дело», М., 1928, *10*, *11*, 1929, *6*, *10*, *11—12*, 1930, *2*; Товарная энциклопедия, под ред. В. Р. Вильямса и Ф. В. Церевитинова, М., 1927; Соловьев Д. К., Основы охотоведения, ч. 1, Л., 1922; Кузнецов Б. А., Второстепенные виды пушнины СССР, М., 1931; Каверанев В. Н., Белка и беличий промысел, М., 1930; Жилинский А. А., Промысел морского зверя в Белом море и Ледовитом океане, 1930; Зворыкин Н., Крот и его добывание, Л., 1930;

Суворов Е. К., Командорские острова и пушной промысел на них, Петербург, 1912; Стандартные правила приема пушнины (оффициальное издание), М., 1930. Н. Булгаков.

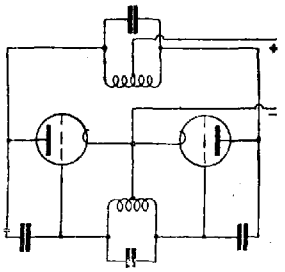
ПУШ-ПУЛЛ (push-pull). Схемы push-pull, часто называемые двухтактными схемами [7, 9, 13, 16, 18]. В настоящее время схемы эти довольно широко применяются в различных областях радиотехники как в качестве генераторных, так и усилительных. Двухтактные генераторные схемы м. б. осуществлены с посторонним возбуждением, смешанным и с самовозбуждением, причем последнее м. б. осуществлено обычными способами. На фиг. 1 показана схема с индуктивной связью, на фиг. 2 даны схемы с автотрансформаторной связью, на фиг. 3—с емкостной и на фиг. 4—с комбинированными связями [10]. Исходя из классич. представлений, для каждой из этих схем можно составить две системы линейных диференциальных ур-ий, совместное решение которых дает выражение для токов в подводящих проводах, возможных частот и условия их самовозбуждения. При синусоидальных колебаниях получаем для токов в подводящих проводах ур-ие:



Фиг. 1.



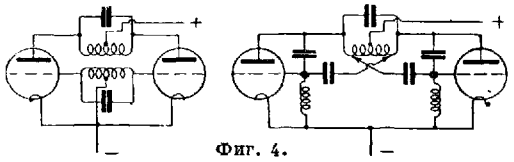
Фиг. 2.



Фиг. 3.

$$A\left(\frac{di_1}{dt}+\frac{di_2}{dt}\right)+A_0(i_1+i_2)=0,$$

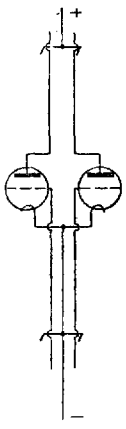
справедливое для электрически симметричных схем. Решение этого ур-ия для случая установившегося режима ($t=\infty$), $i_1+i_2=0$, показывает, что в подводящих проводах отсутствует переменная слагающая тока. При несинусоидальных колебаниях ток в подводящих проводах м. б. представлен выражением:



Фиг. 4.

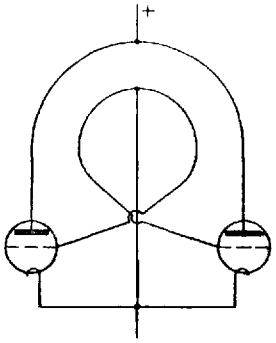
$$i_a=I_0+\sum_{k=1}^{k=\infty}B_{2k}\cos 2k\omega t;$$

показываемое т. о. отсутствие в подводящих проводах таких схем тока основной частоты обусловливает их малую емкостную чувствительность. Это свойство приобретает большое значение при работах с короткими, а в особенности с метровыми волнами, когда является чрезвычайно важным устранить влияние подводящих проводов на режим схемы. Для соблюдения этого условия следует помещать точки подвода питания в электрич. серединах колебательных контуров, к-рые иногда из-за трудноустранимой несимметричности монтажа схемы и неодинаковости ламп могут не совпадать с геометрич. серединами контуров. Выражения, характеризующие частоты и условия самовозбуждения двухтактных генераторов, отличаются от аналогичных выражений для соответствующих одноламповых генераторов, собранных с теми же лампами и контурами, тем, что в них всюду фигурируют параметры: $2R_i$ и $S/2$ (см. *Лампа электронная*). Это свойство двухтактных схем позволяет рассматривать их как схемы последовательного включения ламп, в отличие от параллельного включения, когда фигурируют параметры $R_i/2$ и $2S$[4]. Для того чтобы каждая лампа двухтактного генератора работала при заданном режиме, следует сначала рассчитать обычным способом на заданную волну и половинную мощность соответствующий одноламповый генератор, а затем, удвоив найденные значения эквивалентных сопротивлений колебательных контуров, собрать с ними двухтактный генератор. Для модуляции двухтактных генераторов применимы обычные способы, употребляемые при работах с одноламповыми схемами. Следует отметить, что для получения в двухтактном генераторе заданной глубины *модуляции* (см.), от модулирующего устройства требуется двойная мощность по сравнению с одноламповым генератором, собранным с такой же лампой, работающей при том же режиме [4, 5, 6].



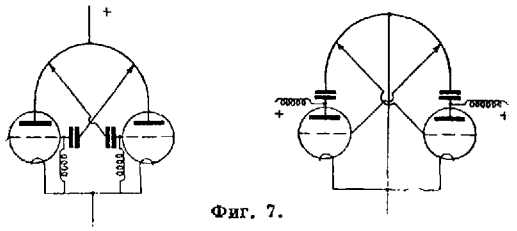
Фиг. 5.

Для генерирования метровых волн (см. *Ультракороткие волны*) применяются схемы с емкостной и комбинированной связями. Схема с емкостной связью (фиг. 5) известна под названием схемы Хольборна [17]. Употребляя соответствующие лампы, с помощью такой схемы можно получить волны $\lambda \geqslant 100$ *см*. При таких больших частотах емкостная связь осуществляется при помощи внутриэлектродной емкости сетка-анод [2, 12, 14, 17]. Схема с емкостной и индуктивной связями (фиг. 6), предложенная Мени, и так наз. би-трехточечная (фиг. 7), разработанная в лаборатории ультракоротких волн Всесоюзного электротехнического института, дают возможность получения устойчивых и интенсивных колебаний при весьма удобном конструктивном оформлении [1, 10]. Особенно изящным решением вопроса об индуктивной и емкостной связи является помещение



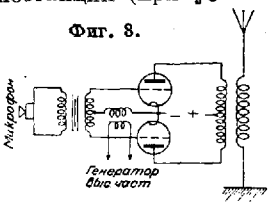
Фиг. 6.

одного витка внутри другого, сделанного из трубки. При работах с метровыми волнами для получения хорошей отдачи схем следует употреблять лампы, обладающие наряду с большой крутизной и током насыщения малыми внутренними емкостями и ко-

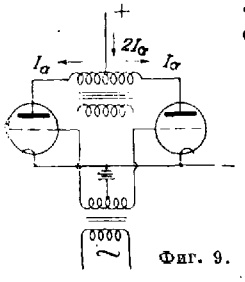


Фиг. 7.

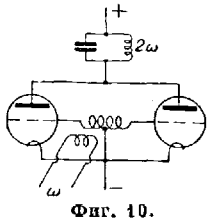
роткими толстыми вводами. Опыт и расчет показывают, что при метровых волнах эквивалентные сопротивления контуров $\left(Z_a = \frac{L}{RC}\right)$ значительно меньше необходимых для данных ламп критич. сопротивлений; поэтому для улучшения действия схем следует стремиться к применению в колебательных контурах по возможности больших самоиндукций и малых емкостей [8]. Отсутствие основной частоты в подводящих проводах двухтактных схем дает возможность удобного осуществления радиотелефонии без несущей частоты, при которой м. б. достигнуто уменьшение излучаемой мощности и увеличение числа одновременно работающих в данном диапазоне радиостанций (при условии фильтрации одной из боковых полос частот). Система модуляции, применяемая для этой цели, носит название б а л а н с н о й модуляции (фиг. 8) [3]. Постоянные слагающие токов по отношению к нулевым точкам колебательных контуров текут в разные стороны; этим пользуются в двухтактных усилителях низкой частоты для уничтожения постоянного намагничивания железа трансформатора. Т. о. достигается уменьшение



Фиг. 8.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

размеров трансформатора (фиг. 9). В одноламповых усилителях для получения н е и с к а ж е н н о г о усиления рабочую точку выбирают на середине прямолинейной части характеристики, в двухтактном же усилителе рабочую точку можно смещать по характеристикам вниз до сгиба. При указанном изменении режима ламп уменьшается постоянная составляющая анодного тока и увеличивается кпд. Мощность, выделяемая в трансформаторе двухтактного усилителя переменной составляющей анодного тока, по сравнению с одноламповым усилителем увеличивается. Для целей радиоприема двухтактные схемы находят себе применение гл. обр. при работах с короткими и с метровыми волнами, т. к. дают возможность получения сравнительно устойчивых режимов работы [11]. Наличие в подводящих проводах высших гармонических четного порядка с удвоенными амплитудами дает возможность получения из них высших частот и находит применение в д в у х т а к т н ы х у д в о и т е л я х при решении задач, связанных со стабилизацией частоты (фиг. 10) [15].

Лит.: [1]) М е н и Р., Короткие электрич. волны, пер. с франц., М.—Л., 1928; [2]) Б а р к г а у з е н Г., Катодные лампы, пер. с нем., ч. 2, М., 1928; [3]) Ш м а к о в П., Принципы радиотелефонии, М., 1930; [4]) В в е д е н с к и й Б. А., «Вестник теоретич. и эксперим. электротехники», М., 1928, *3*; [5]) А р е н б е р г А., там же, 1928, *11*, стр. 425; [6]) е г о ж е, там же, 1929, *1* (7), стр. 6; [7]) е г о ж е «Вестник электротехники», М., 1930, *12*; [8]) е г о ж е, там же, 1930, *7—8*, стр. 243; [9]) е г о ж е, там же, 1931, *5*; [10]) А с т а ф ь е в и А р е н б е р г, «Вестник теор. и экспер. электро-техники», М., 1928, *9*, стр. 352; [11]) и х ж е, там же, 1928, *1*, стр. 29; [12]) С к р и ц к и й и Л е р м о н т о в, «ТиТбП», 1927, *40*; [13]) Ш и р к о в, там же, 1928, *46*; [14]) М и л л е р и Ц и м б а л и н, «Ж», часть физич., т. 62, вып. 4, стр. 382; [15]) Р а м л а у, «Вестник электротехники», 1930, *2*; [16]) E c c l e s W. a. J o r d a n F., «Electrician», 1919, v. 83, p. 229; [17]) H a l b o r n, «Ztschr. f. Phys.», Berlin, 1921, B. 6, p. 328; [18]) M e s n y R., L'onde électrique, Paris, 1927.

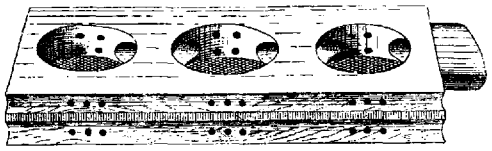
А. Аренберг.

ПЧЕЛОВОДСТВО, разведение пчел с целью получения меда и воска. В наше время П. является самостоятельной отраслью с. х-ва. Промышленное П. России до начала 20 в. гл. обр. велось в колодных ульях, в рамочных ульях редко, и только в последние годы перед войной (1914 г.) число рамочных ульев сильно увеличилось, причем П. за немногим исключением носило любительский характер. К старым промышленным районам России надо отнести Кубань с ее кочевым П., отчасти Украину, лесные районы б. Уфимской и Вятской губ., известные Ветлужские липовые леса, Алтай и Фергану. Рамочное П. преобладало: 1) на Кубани, где были мощные хозяйства, доходившие до нескольких тысяч семей, 2) на Алтае, где существовало полтора десятка крупных хозяйств, дававших мед высокого качества, гл. обр. для экспорта, и 3) в Фергане, где число рамочных ульев к концу 1913 г. достигло 90%. В настоящее время любительское П. влачит жалкое существование, не имея характера самостоятельного занятия. На смену уничтоженному и разоренному частному П. появился специальный промышленный тип пасек, т. н. колхозный или артельный, с одной стороны, а с другой—чисто государственный, или совхозный. К о л х о з н а я п а с е к а—объединение мелких любительских и частнопромысловых пасек своего района. В нек-рых хозяйствах число семей исчисляется десятками тысяч. С о в х о з н а я п а с е к а—государственное коммерческое предприятие. Все пасеки нашего времени, где бы они ни находились, делятся на два основных типа. К первому из них относятся пасеки, целью к-рых является получение с них продуктов П., т. е. меда, воска и самих пчел. Ко второму типу относятся пасеки, цель которых направлена на опыление с.-х. растений. Как известно, целый ряд с.-х. растений нуждается в искусственном опылении при помощи насекомых; эту роль великолепно исполняют наши домашние пчелы. Для этих целей пчела служит как незаменимый по-

мощник для тех районов, где развиты садово-огородные культуры, плодовые деревья, посевы гречи, бобовых и гл. обр. в красноклеверных районах. В иных случаях такое искусственное опыление повышает урожайность отдельных видов культур до 75%. В настоящее время, учитывая значение пчел как опылителей, законодательные органы СССР провели ряд постановлений по организации больших пасек, не только при каждом колхозе, но и в тех совхозах, где главное внимание обращено на получение семенного материала. С другой стороны, имея нужду в племенном пчелином материале, для пополнения и укомплектования таких пасек организован ряд государственных питомников по выводу и селекции пчелиных маток определенной породы. Наибольшую известность в СССР получил Терский питомник. Ряд других небольших питомников государственных и артельных расположен по Сев. Кавказу. Для изучения пчеловодных проблем с 1930 г. в СССР открыт специальный Ин-т пчеловедения, находящийся около г. Тулы. Кроме того в Союзе имеется ряд зональных станций, находящихся на Кубани, Урале, в Туркестане, В. Сибири и пр. Для подготовки кадров специалистов, к-рые особенно нужны при организации крупных хозяйств и для постановки в них дела ухода за пчелами, при ряде вузов в Москве и Ленинграде открыты пчеловодные отделения. Для получения младшего персонала для работы в пчеловодном хозяйстве в целом ряде городов СССР имеются техникумы и краткосрочные курсы, выпускающие инструкторов-пчеловодов. Наибольшей известностью пользуются Вятские курсы, как одни из наиболее старых.

В деле организации крупных хозяйств громадных успехов достигли США. Как показал опыт, такая организация прежде всего столкнулась с отсталыми способами пчеловедения. Ряд приемов, к-рые м. б. вполне рентабельны в хозяйствах с небольшим числом ульев, оказались совершенно неподходящими в условиях хозяйств, имеющих несколько тыс. семей. В этом отношении США явились первой страной в мире, где П. представляет собою значительную отрасль с.х-ва. Огромные площади, запущенные под клевер, донник, люцерну, большие площади гречи, плодовые сады, а также целинные степи по берегам рек и гористые плоскогорья дали возможность организовать крупные доходные хозяйства, обладающие тысячами семей. В США в настоящее время не редкость встретить пчеловода, обладающего таким огромным пчеловодным хозяйством и управляющегося с таким делом почти без помощников. Конечно в таком хозяйстве вся масса ульев не находится в одном месте. Считая, что радиус промышленного полета пчел не превышает $1^1/_2$—2 км, в одном месте располагают такое количество семей, к-рое было бы доходным при существующей медоносной флоре; оно различно для разных местностей. Следовательно может создаться такое положение, что данная местность будет насыщена пчелами, и пчеловод не сможет поставить большого числа ульев. При ведении хозяйства новыми приемами число семей, с каким может управляться в сезон один опытный работник, сильно возросло. У нас считается на одного работника до 200 пчелиных семей в сезон, в США это число считают равным 400, а в нек-рых случаях и больше. А т. к. в большинстве местностей редко можно поставить в одном месте более 200 семей, то опытный человек, ведя хозяйство в 200 семей, будет загружен только на 50%. У нас такое положение вместе с особенностями цветения южной флоры заставило кочевать пасеки со взятка на взяток, т. е. получился т. н. кочевой метод пчеловедения, особенно развившийся на Кубани, тогда как в США нашел применение метод выносных пасек. Первое упоминание о выносных пасеках относится к 1874 г., но и до этого времени отдельные пчеловоды пытались, увеличивая свои пасеки, ставить отдельные небольшие группы семей на небольших расстояниях от главной. Постепенно число выносных пасек увеличилось, и владелец такого огромного хозяйства не в состоянии был объезжать регулярно каждую пасеку. Пришлось прибегнуть к наемным помощникам. Вначале считалось за правило, что каждая выносная пасека должна иметь собственного пчеловода на все время сезона. Впоследствии пчеловоды нашли, что пребывание помощника не является необходимым на все время сезона, а вполне достаточно на время роевого периода. Конечно пчеловод-владелец или его помощник не в состоянии были терять столько времени на работу с каждой отдельной семьей, сколько на это уходит времени у любителя, поэтому целый ряд старых приемов и способов пчеловедения пришлось отбросить. Среди методов, оказавшихся неприемлемыми в крупном хозяйстве, надо поставить и метод свободного роения. Если на пасеке, где пчеловод находится беспрерывно, роение приносит громадный ущерб делу и доставляет массу ненужных и обременительных хлопот, то можно себе представить, что может сделать свободное роение на пасеке, к-рую пчеловод посещает не чаще, чем один раз в месяц. Поэтому ограничивают свободное роение, если не на все 100%, то во всяком случае настолько, чтобы не терпеть больших убытков от улетевших роев; кроме того в настоящее время ведутся опыты над получением улучшенной породы пчел, более трудолюбивых и менее склонных роиться. Т. к. селекция пчел неразрывно связана с выводом маток, то целый ряд хозяйств нашел для себя выгодным не только выводить маток для удовлетворения своих потребностей, но и на сторону. Таким путем появился особый вид хозяйства по выводу и пересылке маток. Пересылочная клеточка современной конструкции позволяет возить матку до 22 дней, не причиняя ей заметного вреда. Такая клеточка имеет 2 отделения по краям для корма, а посредине—сравнительно большое помещение для матки и пчел-сопроводительниц (фиг. 1—решетка, закрывающая верх, снята). Раньше в кормовое отделение клался севший мед, но это, как показали опыты, было причиной многих неудач. Впоследствии был найден продукт, получающийся стиранием вместе двух частей сахара и одной части севшего меда. Такая смесь, названная кандй, стойка к переменам $t°$ и не нуждается в размачивании водой. Клеточка с двух сторон имеет сетку, а с обоих боков она рубча-

тая с желобками вдоль клетки; в желобках сделаны маленькие дырочки для воздуха на случай, если почтовая бандероль или другой вид укупорки заклеят сетчатые стороны. Маток почта пересылает большой скоростью. Далее опыт крупных хозяйств в нектароносных районах показал, что в хозяйствах, занятых производством меда, заниматься увеличением пасек за счет искусственного или естественного прироста собственных пасек невыгодно. Гораздо выгоднее покупать до сезона, весной, готовые рои пчел с выводными плодными матками. При помощи надлежащего ухода такая маленькая семейка своевременно развивается в нормальную семью и приносит в первый же сезон доход, равный доходу зимовавшей семьи. Усиленный спрос на такие семейки развил в США



Фиг. 1.

(преимущественно в южных штатах) посылочное П. Целый ряд хозяйств занимается исключительно тем, что тысячами заготовляют маток и образуют небольшие семейки в 1,5—2 *кг* весом и отправляют их на север. Разница между наступлением весны в северных и южных штатах позволяет прислать такую семью за 6—8 недель до наступления главного взятка. Эти 6—8 недель необходимы для того, чтобы эту семейку превратить в нормальную мощную семью. Обычно посылочные хозяйства не имеют своих пасек в северных районах, но как исключение существуют и комбинированные хозяйства. В таком хозяйстве главный его филиал находится в нектароносной местности умеренного климата, а в южной местности имеется подсобное хозяйство для вывода маток и получения пчел-работниц. Как матки, так и пчелы своевременно посылаются в главное хозяйство для пополнения и увеличения пасек.

Способов вывода маток было предложено очень много. Все способы можно разбить на три группы. К первой группе относятся приемы, заставляющие пчел закладывать большое число маточников и самим выводить маток. Ко второй группе относятся приемы, где пчеловод делает сам из воска искусственные начатки маточников, раскладывает в них маточный корм и прививает личинкой, перенося последнюю при помощи специальной лопаточки из пчелиной ячейки. На долю пчел относится достройка маточника, воспитание и уход за личинкой. И к третьей группе относится использование естественно заложенных маточников в семьях, желающих роиться или сменить свою матку. Во всех указанных случаях оплодотворение маток происходит нормальным способом и вне поля. наблюдения пчеловода. Поэтому при желании получить селекционный племенной материал, пасеки по выводу маток помещают в уединенные места, изолируя по возможности от залета трутней другой породы. Совершенно особняком стоит способ искусственного оплодотворения маток при помощи шприца. Этот способ еще не вышел за пределы лабораторного опыта и не м. б. применен еще для массового вывода в виду большого процента неудач. Из всех известных работ по этому вопросу наиболее заслуживающей внимания является работа Ватсона (США, 1929 г.). Последний изобрел особый аппарат для введения семени трутня во влагалище матки и пользовался бинокулярной лупой. Некоторые считают, что оставлять пчел зимовать невыгодно, лучше их убить осенью, а весной купить новых пчел и развить их к главному взятку до нужной силы. Для умерщвления пчел служит цианистый калий. Все соты и постройки сохраняются при этом до весны, когда они нужны для новых семей. Также оставляется и нужное количество меда в рамках, остальной мед идет в доход хозяйства. Надо отметить, что даже в США такой способ (убийства пчел) не пользуется распространением.

К достижениям последнего времени, полученным в США, надо отнести вопросы, связанные с получением больших количеств сотового меда. Как известно, потребитель в США предъявляет усиленный спрос на мед в сотах. Но последний обходится обыкновенно почти в два раза дороже центробежного. Т. к. обычно продажные цены сотового меда не бывают выше двукратной стоимости центробежного, а чаще ниже, то пчеловод, производящий сотовый мед, не мог понятно мириться с тем обстоятельством, что его доход ниже дохода тех пасек, к-рые производят спускной мед. В настоящее время америк. пчеловоды имеют правильно разработанные планы и способы ухода за пчелами для получения с них таких же количеств сотового меда, как и спускного. По экспорту меда США занимают чаще всего первое место, в некоторые только годы уступая первенство другим странам. Внутреннее потребление США требует помимо сотового меда больших количеств центробежного, к-рый имеет крупное преимущество благодаря легкости упаковки и меньшей возне с транспортом и более простым приемам хранения, чем мед сотовый. В производстве больших количеств центробежного меда США опередили все другие страны. В технике производства после введения ряда существенных изменений широко использовано применение машин, на первом месте электрических и паровых. Изобретены крупные медогонки, вместимостью до 45 рамок и отплескивающие до 160 *кг* меда за один раз, изобретены специальные машины для распечатывания сотов, применяются специальные отстойники, разливательные машины и прогреватели. Вышеуказанное оборудование позволяет поставить производство меда в больших количествах и больших хозяйствах на фабрично-заводское положение. Есть пасеки, к-рые ежегодно вывозят по нескольку вагонов меда. Механизация центральных пасек позволила облегчить и упростить подсобные и технич. работы хозяйства, благодаря чему явилась возможность увеличить на одного пчеловода нагрузку по уходу за большим числом семей. Это сыграло огромную роль в деле выносных, или отъезжих пасек. Отъезжей (выносной) пасекой вообще называется отделение главной пасеки того же хозяй-

ства. Применение автомобилей легкого типа и большая сеть хороших дорог позволили владельцу такого хозяйства более аккуратно и почти ежедневно бывать на них и вовремя исправлять все пробелы и регулировать всю работу. Такой род хозяйства в СССР также начинает применяться. Первые попытки были сделаны в отношении дальневосточных государственных пасек и нек-рых крупных заволжских колхозов. Если пасеки расположены вдоль берегов крупных рек, то в таких местах, где это доступно, транспорт частей ульев и меда производится на моторных лодках. Там, где нет рек, но существуют хорошие дороги, пользуются автомобилями; там, где нет и этого, как напр. в лесистых штатах Америки, приходится пользоваться конной тягой.

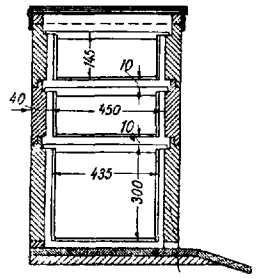
Техника П. При организации крупных промышленных хозяйств, кроме прочих экономич. соображений, должны учитываться три основных фактора П., а именно: климат, местность и знание руководителя. Первый фактор, имеющий решающее значение, является стихийным условием, не поддающимся влиянию человека и может быть учтен только относительно той или другой местности. Второй фактор—местность—д. б. всесторонне изучен с точки зрения естественной флоры, а также и культурной растительности, при учете не только временного цветения тех или иных растений, но и площади последних, а также и нектароносности их. Третьим фактором является опытность и знание пчеловодного дела у лиц, которые будут заведывать данным хозяйством.

Приемы и способы ухода. Отличительными чертами старого П. являются: свободное роение, узкие маломерные ульи, небольшое количество меда, к-рое оставалось в семье, плохая зимовка, естественная смерть маток и годовой доход в виде 4—12 *кг* меда с семьи. Новые методы основаны на больших запасах, даваемых пчелам на зиму (до 20 *кг* на семью и больше), на ведении пчел в больших объемных стандартных ульях, на обилии пчел-работниц (семьи-гиганты до 75—100 тыс. пчел), молодых матках, не старше двух лет, на регулярной их смене и полной ограниченности роевой свободы. Эти приемы позволили получать в благоприятные годы до 160 *кг* меда на семью, а в годы средней урожайности до 100 *кг*. Такие условия работы требуют кроме знания и умения обращаться с пчелами еще и новейших приспособлений современной техники. Для достижения указанных условий и получения огромных семей с большим числом рабочей пчелы, прежде всего д. б. урегулирован вопрос зимовки пчел. Проблема зимовки относится к наиболее сложным вопросам П. и до сих пор считается еще не разрешенной. Различают два вида зимовки: на воле и в специально устроенных помещениях-зимовниках. В среднем считается, что там, где средняя *t*° зимы ниже −13°, пчелы лучше зимуют в специальных зимовниках. Где средняя *t*° выше, там предпочтительней зимовка пчел на воле. Полного согласия по этому вопросу нет, и есть исключения с той и другой стороны. При зимовке на воле ульи утепляются со всех сторон сухим листом, сеном, соломою, еловым лапником и снегом. Самого большого внимания заслуживают америк. разборные защитные ящики. Чаще всего их делают на 4 семьи, реже на 2. Они делаются немного просторнее, чем объем 2—4 ульев с кормовыми этажами, так чтобы кругом ульев можно было положить утепляющий материал. Сверх ульев также кладется слой утепляющего материала и весь ящик закрывается крышкой «внахлобучку». В качестве утепляющего материала обычно служит сухой древесный лист. Слой листа с боков ульев д. б. не менее 20 *см*, а сверху ульев не менее 28 *см*. В суровые зимы такие ящики прикрывают кроме того снегом. В СССР при зимовке на воле ульи ставят или группами или рядами, укрывая их еловым лапником и снегом, чаще же ульи зимуют на воле, на тех же местах, где стояли летом. В умеренном климате наших центральных районов зимовка на воле не имеет большого применения, и предпочитается зимовка в зимовниках.

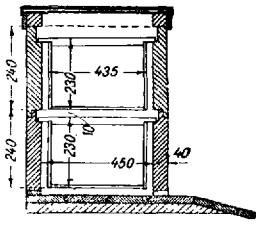
Зимовниками, или омшанниками, называются постройки, специально оборудованные для зимовки пчел. По своему устройству зимовники бывают подземные, полуподземные и надземные. Это деление зависит от качества грунта: в сухих местностях, с глубоко лежащей грунтовой водой предпочитают зимовники подземные, потолок к-рых лежит на 1 *м* ниже уровня земли. В более сырых местах употребляются полуподземные, а в совершенно сырых—надземные зимовники. Кубатура зимовника рассчитывается по числу семей. На каждую семью считается в среднем 0,5 $м^3$. Главные условия хорошей зимовки—это обилие пчел в семье, не изнуренных летней работой, большие запасы меда, до 20 *кг* на семью и более, хороший теплый улей, сухой зимовник и хорошая вентиляция последнего. Если ульи зимуют на воле, то при достаточном их утеплении они внутри обычно бывают сухими, т. к. снег пропускает воздух через себя и, защищая хорошо от резких ветров, регулирует поступление свежего воздуха. В зимовнике с вентиляцией обстоит значительно хуже: если вентиляция слаба, ульи выходят весной сырыми из зимовника, если она велика, пчелам холодно. В настоящее время условия вентиляции зимовников лучше всего разработаны в США, где считается правилом, что воздух, попадающий в зимовник, должен пройти слой земли, нагреться до *t*° земли, т. е. 5—10°, и тогда уже попасть в зимовник. Это достигается проведением приточной трубы вне зимовника на расстоянии 20—30 *м*. Выходное отверстие устраивается у пола зимовника, а забирающее отверстие находится на расстоянии 1—2 *м* над уровнем земли. Холодный воздух спускается по вертикальной трубе до уровня пола зимовника, проходит слой земли в 20—30 *м*, приобретает *t*° земли, входит в зимовник и, будучи теплым, не остужает ульи, нагреваясь за их счет, что неизбежно бывает при всех других способах вентиляции. Испорченный воздух уходит через потолочные отверстия. В США зимовники иногда устраивают вместе с подвалами для свежих фруктов, размещая подвалы для фруктов первыми от входных дверей. Попытки отапливать зимовники в зимнее время (СССР, Зап. Европа, США) относятся к опытам, и пока никаких определенных данных

еще не имеется. Вторым условием доходности является обилие пчел-работниц. Это достигается большими запасами меда, даваемыми на зиму и весеннее время, т. е. на время развития семьи при помощи молодых плодных маток, не старше двух лет, и ограничением роевой свободы. Количество запасов меда д. б. не ниже 20 *кг* на семью и состоять из лучшего по качеству меда, без каких-либо примесей падевого меда. Эти запасы д. б. в непосредственной близости над гнездом. Обычно осенью на ульи ставят сверху второй этаж, наполненный печатным медом, кормовой этаж. Применение последнего сделало ненужным всякую подкормку пчел и облегчило уход за ними, позволив увеличить число обслуживаемых семей на одного пчеловода. В последнее время применение кормового этажа приобретает большое распространение в США и постепенно внедряется и в СССР. Наличие молодых маток имеет то значение, что при обильном выводе детки матки долго не выдерживают, т. к. происходит изнашивание их полового аппарата, и матки требуют замены. Считается, что матка может выдержать два сезона усиленной работы, после чего д. б. заменена молодой. Ограничение роевой свободы достигается рядом мер. На первом месте стоят меры предупредительного характера, на втором—исправительные меры. К первому роду относятся: а) правильно отстроенные рамки с пчелиной сушью, где матка может класть яички на пчел-работниц от одной стороны до другой и от нижнего бруска до верхнего, сплошь без пропусков; трутневые ячейки д. б. единичны на весь улей; своевременная дача надставок усиливает вентиляцию и увеличивает рабочую площадь улья; молодые матки из неройливых семей наименее склонны роиться; б) срыв маточников в ранней их стадии; в) подрезка крыльев маткам; г) расширение летков и притенение самого улья в жаркую погоду. Ко второму роду относятся меры (применяемые к семьям, или роившимся или к имеющим уже запечатанные маточники): а) прием Симменса или Демари, заключающийся в переносе запечатанной детки на самый верх улья и в заключении матки под решеткой, в первом корпусе от пола; нахождение детки, с двух сторон разделенной рядами надставок с пустыми сотами, заставляет пчел быстро отстроить вощину этих надставок и залить их медом; б) прием Геддона, позволяющий не разделять рабочую силу семьи, что бывает при всяком роении, а полностью использовать ее для сбора взятка.

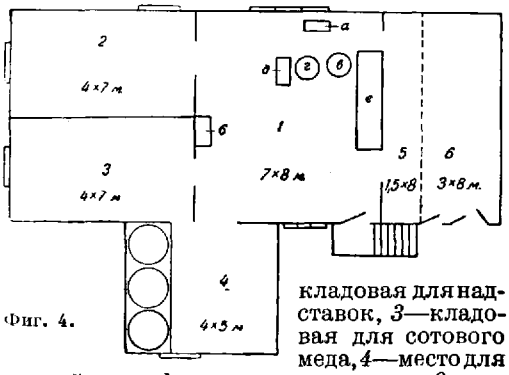
Все эти новейшие приемы пчеловедения потребовали удобного улья как с точки зрения самих пчел, так и с точки зрения пчеловода. В результате этого получился стандартный улей. В США (первой стране, к-рая ввела стандарт на ульи) таковым считают улей Рута на рамку Лангетрота (232×447 *мм*). В СССР приняты типы ульев: Дадана (фиг. 2) под рамку 300×435 *мм* и Рута (фиг. 3) под рамку 230×435 *мм*. Улей типа Дадана состоит из отъемного пола, корпуса на 10 гнездовых рамок, двух магазинов-надставок (под рамку 435×145 *мм*) и крыши, надевающейся внахлобучку. Улей типа Рута (фиг. 3) вместо двух магазинов имеет лишний корпус. Такой тип улья позволяет водить в нем пчел с применением всех новейших приемов П. и современной техники. По вопросу об ульях имеется большая литература, но данных для оценки ульев для разных районов СССР пока имеется мало. Стандартность улья, а следовательно и частей его, имеет огромное преимущество не только для изготовления ульев, но и в повседневной работе пчеловода. Быстрота и бесшумность в работе пчеловода является главным условием. Мало уметь определить, что надо сделать в той или другой семье, но надо иметь еще возможность сделать это как можно скорее, чтобы, с одной стороны, меньше мешать пчелам в работе, а с другой,—притти на помощь возможно большему числу семей в возможно короткий срок. Получая большие количества меда, естественно пришлось обратить серьезное внимание и на устройство пасечных мастерских, оборудование к-рых позволило бы, с одной стороны, облегчить технич. работу, а с другой,—хранить большие запасы меда, не подвергая его риску испортиться. На фиг. 4: *1*—отгоночное помещение, *2*—



Фиг. 2.



Фиг. 3.



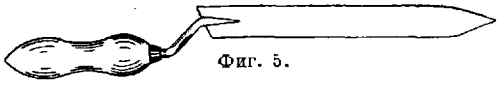
Фиг. 4.

кладовая для надставок, *3*—кладовая для сотового меда, *4*—место для чанов, *5*—платформа для разгрузки, *6*—гараж. В мастерской размещена необходимая аппаратура, где *а*—мотор, *б*—кипятильник для ножа, *в*—медогонка, *г*—стол для распечатанных сотов, *д*—стол для распечатывания паровым ножом, *е*—место для магазинов. Современная мастерская большого пчеловодного х-ва США—просторное, светлое, хорошо отапливаемое и вентилируемое помещение, состоящее из нескольких комнат и гаража для автомобиля. В этом помещении производят все технич. работы по снаряжению ульев, надставок, рамок, а также и отгонку меда из рамок, процеживание его, разливку в тару и укупорку. Одна из комнат мастерской, прилегающая непосредственно к гаражу, имеет дверь в последней. Дверь выходит на платформу, к-рая устраивается

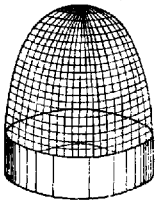
вровень с платформой автомобиля для удобства разгрузки и погрузки. Полы мастерской делают вровень с платформой гаража. В этой комнате помещаются десятичные весы для взвешивания целых надставок перед отгоном из них меда, машина для распечатывания или стол, оборудованный паровыми ножами, приводная медогонка, насос с трубопроводом в другую комнату в отстойные, сливные чаны, двигатель (электрич. мотор или двигатель внутреннего сгорания) для медогонки и насоса, небольшая плита, паровой воскопресс и небольшого размера парообразователь для паровых ножей, если не употребляют машины для распечатывания. Все эти приборы должны быть так размещены, чтобы работающему не приходилось много двигаться. Другие комнаты, прилегающие к первой, служат местом хранения надставок с пустыми сотами, для чего надставки ставят плотно одна на другую без щелей и окуривают сероуглеродом для предохранения от восковой моли, а также для хранения сотового меда. Специальная пристройка оборудована сливными чанами для спускного меда и связана под полом трубопроводом с медогонкой и насосом. Чаны эти ставят на такую высоту от пола, чтобы можно было прямо из них через краны наливать бидоны. В тропич. местностях США эти чаны часто ставят под открытым небом. Рядом с пасечной мастерской ставят сараи для пустых ульев и запасных частей их. Понятно, что такими мастерскими оборудуют только пасеки, находящиеся у дома пчеловода, т. н. главные пасеки. Все же филиальные и выносные пасеки обслуживаются или наскоро сколоченными палатками, или сараями, или переносными палатками. Последние чаще всего приспосабливают к платформе автомобиля, и обслуживающий персонал ездит с одной пасеки на другую, возя все оборудование с собой.

Дезинфекционная камера. Пчелиные соты, части ульев и принадлежности к ним нуждаются в периодич. окуривании в целях дезинфекции, к-рую и производят в дезинфекционных камерах. Они бывают каменные, деревянные и фанерные. Дезинфекция производится против восковой моли, мелких паразитов, живущих в ульях, и против заразных пчелиных болезней, напр. гнилец, наземотоз и пр. Для окуривания применяют серу, формалин, цианистый водород и сероуглерод. Последний применяют чаще всего, но т. к. он не убивает яичек паразитов, окуривание им производят 2 раза.

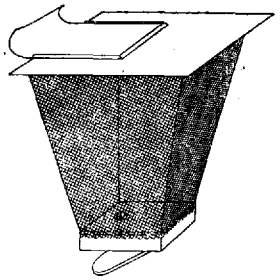
Пчеловодный инвентарь. Весь инвентарь, употребляющийся в пчеловодном деле, можно разделить на два рода. К первому относится инвентарь, употребляющийся непосредственно на пасеке при работе с пчелами. К нему относятся ножи Джонса и Аббата (фиг. 5), скребок Рута, маточный колпачок (из проволоки) и клеточка для подсадки маток в ульи (фиг. 6, 7), дымарь (фиг. 8) и сетка для лица двух видов (металлическая или тюлевая), шприц для роев и роевня для огребания роя. Современное пчеловодство (как у нас, так и в США) отбросило все лишнее и мало употребительное, оставив очень небольшое число действительно необходимых предметов. К перечисленным выше предметам надо прибавить еще солнечную *воскотопку* (см.); заградительную решетку для маток, к-рая кладется на корпус или другую часть улья и преграждает доступ матки в надставки; ее прутья отстоят на 4 *мм* друг от друга, так что пропускают рабочую пчелу и не пропускают маток; небольшие глазные ножницы с изогнутыми тупыми концами для подрезки крыльев маткам и удалитель пчел Портера (фиг. 9). Последние врезаются в деревянные потолки и дают возможность пройти пчелам только в одном направлении. Ко второму роду относится инвентарь, употребляющийся в пасечных мастерских. Ножи Новиса или Джонса для распечатывания сотов перед отгоном из них меда: простые и паровые. В паровом ноже Джонса проходит трубка, проводящая пар из парообразователя и отводящая его обратно. В последнее время в США сконструирована машина для распечатывания сотов. Приводится она в действие электрич. мотором. Скорость работы такой машины в два с лишним раза больше скорости работы парового ножа в опытных руках и почти в 5 раз более скорости работы ручного обыкновенного ножа. Для выплескивания меда из сотов употребляют центрифуги, или медогонки, разных типов. Из них наиболее употребительны медогонки тангенциальные и радиальные. Первые устроены так, что рамка во время отгона стоит по хорде круга вращения, и мед слетает с внешней стороны. Т. о. рамку надо поворачивать, чтобы отогнать мед с обеих сторон сота. Для поворота рамки ее вынимают и перевертывают на воздухе (старый тип медогонки) или поворот производят посредством особых металлич. тяжей, соединенных с рукояткой привода (новый тип — фиг. 10). В Америке такие медогонки имеют электрич. моторы, если число входящих в медогонку рамок велико. Вторые устроены



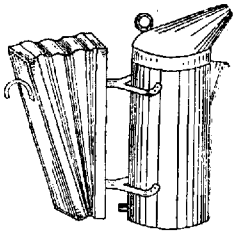
Фиг. 5.



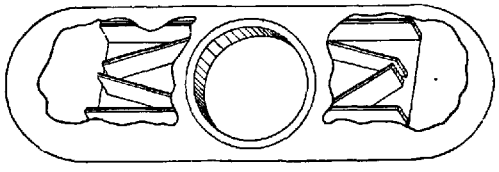
Фиг. 6.



Фиг. 7.

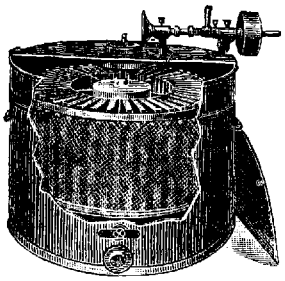


Фиг. 8.



Фиг. 9.

так, что рамки во все время отгона стоят по радиусам. В США Рут выпустил такую медогонку под привод на 45 шт. стандартных рамок и медогонку на 20 рамок с ручным приводом. К особенностям этой медогонки надо отнести устройство вращающегося сетчатого барабана, в котором заключены рамки. Скорость радиальной медогонки ~400 об/м. Говорить о преимуществах той или другой системы центрифуг пока преждевременно, так как вопрос всесторонней оценки работы этих машин еще мало изучен. Для процеживания меда употребляют большие сита или ведра типа Александра, у к-рых дно и бока сделаны из сетки. Процеживать мед надо тотчас после отгона, пока он еще не загустел. Площадь отверстия сита для процеживания меда бывает до 9 *мм*². После процеживания мед поступает в сливные чаны. Последние делают из луженого железа емкостью до нескольких *m*. У дна такие чаны имеют краны для выливания меда и разлива по бидонам. Для разлива меда в небольшую тару (стеклянную или металлическую) применяют двустенные баки. Внутри находится мед, а снаружи—вода. Темп-ра нагревания не д. б. выше 40°, иначе мед теряет аромат. Эти же баки употребляют для смешивания медов перед разливом в тару, для придания большей однородности отдельным партиям. Несколько лет тому назад для удаления механич. примесей и осветления темных медов (светлые меда ценятся дороже темных) у нас были поставлены опыты по применению центрифуг больших скоростей типа Лаваля. Опыты дали положительные результаты, но практич. применения эти центрифуги до сих пор не имеют.



Фиг. 10.

Для укупорки меда употребляют стеклянную и металлич. тару разной емкости. Для экспорта употребляют квадратные бидоны емкостью до 20 *кг*. Два таких бидона пакуются в ящик с перегородкой посредине. При наливании бидона медом должна учитываться расширяемость меда при жаркой погоде, т. ч. бидоны нельзя доливать до пробки. Т. к. в современном П. правильно отстроенная рамка является одним из главных требований, то во избежание провисания, изгиба и деформации искусственной вощины и будущего сота во всех рамках натягивается луженая тонкая проволока. После ряда изысканий (как в СССР, так и за границей) остановились на том, что самая выгодная форма натянутой проволоки—горизонтальная. В стандартную рамку Дадана обыкновенно натягивают 4—8 рядов, а в рамку Рута 4—6 рядов проволоки. Лист вощины, положенный под рамку, прикатывается к проволокам прогретой шпорой или вплавляется при помощи электрич. тока. При отплескивании меда на радиальной медогонке медовые рамки должны иметь проволоку, иначе при большой скорости сот может сломаться и вылететь. При производстве сотового меда, т. н. секционного, кроме перечисленных предметов применяются еще и специальные приспособления. К ним надо отнести приборы, употребляющиеся для навощивания секций искусственной вощиной. Все эти приборы основаны на небольшом нагревании края листка вощины, отчего воск расплавляется и плотно пристает к планке секции. Недостаток у этих приборов почти один и тот же: благодаря примитивности лампочек очень трудно регулировать *t*°, а при употреблении керосина часть копоти, садящейся на секцию, портит ее внешний вид. При больших производствах сотового меда применяют надставки для секций, дающие то удобство, что секции в них плотно сжаты друг к другу, в результате чего секции получаются правильно отстроенными.

Одним из главных условий современного промышленного П. является широкое применение воска в виде искусственной вощины. Навощивание рамок (как гнездовых, так и магазинных) целым листом вощины во весь просвет рамки считается обязательным правилом. Целью такого навощивания является получение правильно отстроенных сотов с пчелиной ячейкой; трутневые ячейки допускаются в количестве нескольких десятков на весь улей. Т. к. матка несет яички на детку рабочей пчелы только в идеально правильные ячейки, а все деформированные ячейки становятся трутневыми, то спрос на вощину, наименее способную деформироваться и растягиваться от *t*° улья и тяжести пчел, сильно возрос за последнее время. Наиболее удачным разрешением этого вопроса явились достижения США. Первой попыткой этого рода было применение трехслойной вощины Рутом. Два наружных слоя такой вощины сделаны из натурального пчелиного воска, средний слой сделан из растительного воска. Разность физич. констант воска—натурального и искусственного—позволяет вощине быть более стойкой под влиянием указанных выше условий. Но эта вощина, как и обыкновенная, требует укрепления лужоной проволокой. Второй работой был выпуск в продажу (Dadant a. Sons, Hamilton, Ill.) вощины, в которую при ее изготовлении закатывается лужоная проволока. При прохождении листа вощины через гравированные вальцы проволока изгибается в соответственных местах. Укрепление листа такой вощины в рамки не требует предварительного натягивания проволоки, т. к. концы проволок, идущих из вощины, внизу и вверху привязываются к гвоздям, вбитым в нижний и верхний бруски рамки. Третьей работой по времени является вощина (The Fred W. Muth Co. Cincinnati, O.), в к-рой проходящая проволока не изогнута по форме вощины, а прямая и имеет два направления снизу вверх: одно вертикальное, как и у дадановской вощины, а другое рядом с каждой вертикальной проволокой (ряд наклонных). Расположение проволок напоминает фермы моста. После появления вощин этих образцов в продаже многие з-ды начали выпускать вощину с закатанной разными способами проволокой. В СССР подобная вощина не изготовляется и устранение деформации идет пока по линии повышения качества выработки вощины (мало достигает цели). Количество вощины, приходящееся на долю одной семьи в сезон, для условий

америк. пчеловодства исчисляется от 0,6 *кг* и выше; для условий П. в СССР—до 0,5 *кг*, хотя и это количество воска применяется только на передовых пасеках, а многие хозяйства еще недооценивают пользу вощины. См. также *Вощина*.

Лит.: Брюханенко А. Н., Пчеловодство, 2 изд., М.—Л., 1926; его же, Вопросы пчеловодной техники в крупных хозяйствах, М.—Л., 1931; Новости русского и иностранного пчеловодства, под ред. А. Брюханенко, М.—Л., 1930, вып. 4; Шимановский В. Ю., Методы пчеловождения, применяемые в России и на Западе, Л., 1926; его же, Главнейшие способы ведения пасеки, М.—Л., 1927; Дернов М. А., Главные пасечные работы, 9 изд., М.—Л., 1930; Музалевский Б. М., Пчеловодство, Свердловск, 1931; Буткевич А. С., Самоучитель пчеловодства, 4 изд., Ленинград, 1926; Рут А. И. и Э. Р., Энциклопедия пчеловодства, пер. с англ., Л., 1927; «Пчеловодное дело», М.; «Пчеловод-практик», М.; «Колхозная пасека», Свердловск; «Новое промышленное пчеловодство», Владивосток; «Вестник иностранного пчеловодства», М.; «American Bee Journal». Hamilton, Illinois. **А. Фольц.**

Экономика. П. в древней Руси было одним из наиболее распространенных промыслов; еще в начале прошлого века бортневое П. крепко держалось в Приуралье с его громадными липовыми лесами, а пасечное было широко распространено как в нечерноземной, так особенно в черноземной полосе (Украина). Вывоз меда еще в 70-х гг. прошлого века достигал 10 000 *т* в год, но к концу века вывоз сошел почти на-нет, а затем стал быстро заменяться импортом и меда и воска: в 1892—96 гг. в среднем меда ввозилось не меньше 300 тыс. *т* на сумму в 66 млн. р. (из Персии гл. обр.); еще быстрее развивался импорт воска: в 1898 г. было ввезено воска более 2 тыс. *т* на сумму в 2,1 млн. р., а в 1908 г. уже 3,3 тыс. *т* на сумму в 5,1 млн. р. В настоящее время ввоз того и другого прекратился, вывоз же ограничивается очень скромными цифрами; напр. было вывезено меда:

Вывоз	1929 г.		1930 г.	
	т	руб.	*т*	руб.
Всего	1 758	882 000	1 141	460 000
В том числе:				
в Германию	760	409 000	737	297 000
» Латвию	272	101 000	10	5 000
» Францию	11	7 000	12	5 000
» Италию	158	74 000	—	—
» Австрию	224	105 000	10	4 000
» Англию	234	159 000	170	64 000

Для поощрения П. декретом СНК от 11 апреля 1919 г. при условии применения личного труда или труда членов семьи воспрещено ограничение какими бы то ни было нормами как размеров пасеки, так и числа ульев; на них не м. б. обращены претензии каких бы то ни было организаций или лиц; количество меда, заготовляемое для прокормления пчел и личных потребностей, никаким ограничениям безусловно не подлежит; обложение какими либо специальными налогами не допускается. Земотделы обязуются оказывать П. всяческое содействие.

Из европейских стран П. сохранилось в сколько-нибудь значительных размерах только в Германии, где по последним статистич. данным насчитывается более 2 млн. ульев. Из внеевропейских стран довольно обширную торговлю продуктами П. ведут США. Промышленная перепись 1910 г. насчитывала здесь ок. 3,5 млн. ульев, с к-рых было взято более 55 млн. англ. фн. меда (25 тыс. *т*). Принимая средний сбор с 6 млн. ульев равным 25 англ. фн., америк. статистики определяют продукцию П. США (в настоящее время) приблизительной цифрой в 150 млн. англ. фн. (70 тыс. *т*). Ввоз меда в США из мелких государств Центр. Америки, Филиппинских о-вов и др. местностей в 1910—14 гг. составлял 1 254 тыс. англ. фн. на сумму 57 тыс. долл., в 1929 г. он не превышал 108 тыс. англ. фн. на сумму 24 тыс. долл.; воска—1 039 тыс. англ. фн. на сумму 322 тыс. долл. в 1910—14 гг. и 5 258 тыс. англ. фн. на 1 546 тыс. долл. в 1929 г. Вывоз собственного и привозного меда достиг в 1921—1925 гг. 3 357 тыс. англ. фн. на сумму 154 тыс. долл., в 1929 г.—10 752 тыс. англ. фн. на 775 тыс. долл. Главным покупателем меда в США является Англия (80%), затем Канада, Франция, Дания, Италия.

Лит.: Свод сведений по истории и статистике внешней торговли России, под ред. В. И. Покровского, СПБ, 1903; «Внешняя торговля СССР за 1930 г.», М., 1930; U. S. Department of Agriculture, Bul. *685*, Washington, 1918; Statistical Abstract of U. S., Washington, 1930. **В. Ш.**

ПЫЛЕВИДНОЕ ТОПЛИВО, см. *Топливо*.

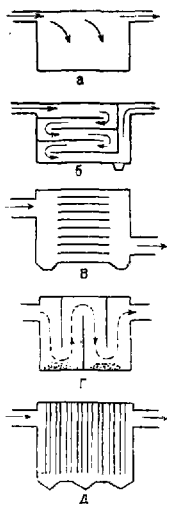
ПЫЛЕМЕРЫ, см. *Пыль*.

ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ, аппараты для отделения твердых частиц пыли из воздуха или газов. Воздух приточной вентиляции, подаваемый снаружи, рециркуляционный и удаляемый вентиляцией, часто содержит значительное количество пыли, к-рую необходимо удалить из воздуха, чтобы не загрязнять помещений или окружающей местности. Некоторые производственные процессы требуют очистки воздуха или применяющихся газов от пыли; напр. химич. процессы, дымовые газы центральных электрич. станций, воздух, поступающий в двигатели внутреннего сгорания.

Способы очистки воздуха от пыли можно разделить на три основных вида: сухой, мокрый и электрический. Выбор способа зависит от ценности задерживаемой пыли; так, применение мокрого способа связано с изменением ее основных свойств (потерей ценности). Если пыль ценности не представляет, то задачей фильтрации является возможно полное удаление пылевых частиц из газа или воздуха. Выбор способа очистки и конструкции П. зависят и от того, как полно (по весовому содержанию) и как тонко (по размеру остающихся за П. в воздухе пылинок) необходимо очистить воздух. Поэтому степень очистки воздуха (газов) от пыли можно разделить на грубую, задачей к-рой является задержать максимальное количество пыли по весу (в %) и гл. обр. пыли крупной (больше 100 μ), среднюю, где задерживается пыль и сравнительно мелкая (до 100 μ), и главное внимание уделяется остаточному (весовому) содержанию пыли, и тонкую очистку, при к-рой представляется необходимым задержать и очень мелкую (до 10 μ) пыль и свести остаточное весовое содержание до очень малых (1 *мг* в $м^3$) величин.

Сухая очистка. 1) Осаждение пыли в осадочных камерах, действие к-рых основано на выпадении частиц пыли из потока, движущегося с малой скоростью; 2) отделение пылевых частиц за счет центробежной силы (циклоны); 3) задержка пыли шероховатыми поверхностями (ловители пыли); 4) пропускание загрязненного воздуха через пористые материалы (собственно фильтры).

Наиболее простым (технически) способом очистки газов от пыли является осаждение пыли в пылеосадочных камерах (фиг. 1,а). Размеры камеры обычно выбирают с таким расчетом, чтобы средняя скорость газов в сечении камеры была не больше 0,1 *м/сек*. Для грубой очистки воздуха от пыли длина камеры обычно берется вдвое больше ее ширины. Для случаев, когда необходимо знать, какая пыль будет задержана в пылеосадочной камере, необходимо производить точный расчет. Пусть l — длина камеры, b — ширина и h — глубина потока (часть всей высоты камеры, т. к. для сбора пыли необходимо оставлять в нижней части камеры зону неподвижного газа), Q — секундный объем газов, тогда объем потока газов в камере будет lbh, а время пребывания газов в отстойной камере $\frac{lbh}{Q}$ сек. Из газов за это время будут удалены пылинки, к-рые успеют упасть на высоту h. Если v—скорость падения пылинок, к-рые мы задаемся целью осадить в камере, то падение их на высоту h произойдет за $\frac{h}{v}$ сек. Приравнивая время выпадения пылинок из потока и время пребывания газа в камере, получаем:



Фиг. 1.

$$\frac{lbh}{Q} = \frac{h}{v},$$

откуда

$$\frac{lb}{Q} = \frac{1}{v}$$

или

$$Q = v \cdot l \cdot b,$$

т. е. секундный объем очищенных газов при данной скорости осаждения частиц пыли зависит только от площади плана камеры. Выразив секундный объем газов через произведение скорости потока w на поперечное сечение его, получим:

$$Q = b \cdot h \cdot w = v \cdot l \cdot b,$$

т. е.

$$hw = v \cdot l$$

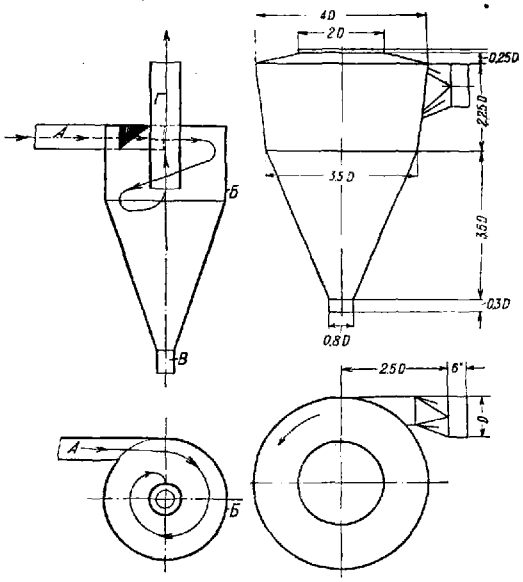
и

$$v = \frac{hw}{l};$$

из этого видим, что эффект очистки м. б. повышен при тех же размерах камеры за счет удлинения пути газов устройством горизонтальных перегородок, поочередно не доходящих до противоположных стенок (фиг. 1,б), т. е. заставляя поток при той же ширине камеры b пройти длину камеры l несколько раз. Действительно, если мы разделим глубину потока h на n частей, то получим:

$$v = \frac{\frac{h}{n} \cdot w \cdot n}{l \cdot n} = \frac{h \cdot w}{n \cdot l},$$

т. е. при тех же размерах камеры и той же производительности осядут пылинки, падающие в n раз медленнее, или при том же эффекте очистки камера будет в n раз производительней. Т. к. при этом увеличивается скорость движения газов в камере, то опасность взмучивания осевших частиц увеличивается, и необходимо позаботиться чтобы в каждом этаже камеры было устройство для сбора осевшей пыли. Еще больший эффект получится, если всю глубину потока разбить на ряд мелких потоков (камера Говерда, фиг. 1,в) горизонтальными полками на



Фиг. 2. Фиг. 3.

расстоянии 6—8 *см* друг от друга. Тогда при n—1 полках получаем n потоков с секундной производительностью $\frac{Q}{n}$ *м*³, т. е. скорость потока w остается неизменной, а эффект очистки увеличивается в n раз. Недостатками такой камеры является отсутствие места, где осевшая пыль не могла бы взмучиваться вновь потоками газа, и сложность удаления пыли из камеры. Следует итти на нек-рое уменьшение числа полок и увеличение скорости w, но устроить на каждой полке зону неподвижных газов, где пыль могла бы спокойно собираться. Вертикальные перегородки (фиг. 1,г). не доходящие до пола и потолка камеры или до продольных стен, удлиняют путь газов, но одновременно увеличивая скорость газов, не уменьшают глубины потока, и следовательно не могут дать повышения эффекта очистки газа. Использование завихрения газов для отделения пыли достигается введением в камеру большого числа вертикальных узких железных полос (камера Фраша, фиг. 1,д) или дырчатых щитов. Пылеосадочные камеры д. б. герметичны, стены их гладко оштукатурены и защищены от грунтовых вод и газов, светлы и удобны для осмотра и очистки. Камера должна иметь плотно закрывающиеся клапаны, отделяющие камеру от подводящей и отводящей газ (воздух) системы.

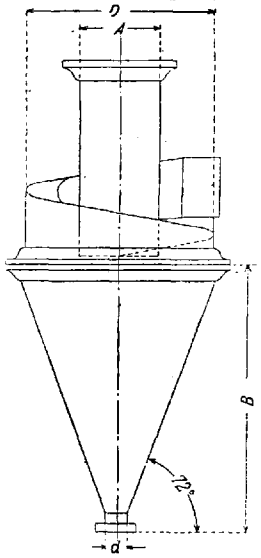
Для быстрого отделения крупной пыли (опилок, шелухи от зерноочистительных машин и т. п.) употребляются ц и к л о н ы. Простейший вид циклона дан на фиг. 2. Подводящая пыльный воздух труба A подходит к циклону по касательной и при большой скорости воздуха при входе круговое

(винтообразное) движение его создает центробежную силу, к-рая отбрасывает взвешенные частицы к стенкам *Б*. Частицы ударяются о стенку, падают в нижнюю часть циклона и через короткий патрубок *В* удаляются в мешок или ящик для собирания пыли. Очищенный от пыли газ выходит наружу через нижний конец входящей внутрь циклона трубы *Г*. Вследствие больших скоростей выхода воздуха (1,5—4,0 *м/сек*) из циклона, они для осаждения мелкой пыли мало пригодны. Сопротивление циклона зависит от правильности выбранных соотношений размеров входного отверстия, диаметра и высоты цилиндрич. и конич. частей, диаметра и длины выходной трубы и колеблется в очень больших пределах от 10 до 100 *мм* вод. ст. и больше. Теория и расчет циклона не получили до настоящего времени общепринятых форм, и каждая фирма, строящая циклоны, дает свои стандартные размеры, выведенные на основании экспериментальных данных, составляющих секрет фирмы. На фиг. 3 указаны относительные размеры циклонов, принятых америк. компанией Buffalo Forge Co. В табл. 1 приведены размеры и производительность циклонов немецкой фирмы Seck.

Табл. 1.—Характеристика циклонов фирмы Зек.

№	Диам. цилиндрич. части, *мм*	Высота цилиндрич. части, *мм*	Высота конич. части, *мм*	Высота без регулир. крышки, *мм*	Размеры входного отверстия, *мм*	Диам. выходн. отверстия, *мм*	Производит., *м³/мин*
10	1 000	500	1 120	1 720	200×400	500	100
12	1 200	600	1 340	2 040	240×480	600	150
14	1 400	700	1 560	2 360	280×560	700	225
16	1 600	800	1 785	2 635	320×640	800	300
18	1 800	900	2 015	3 015	360×720	900	375
20	2 000	1 000	2 230	3 330	400×800	1 000	450
22	2 200	1 000	2 460	3 650	440×880	1 100	550
24	2 400	1 200	2 680	3 980	480×960	1 200	650

На фиг. 4 представлен вид циклона Акц. о-ва Техмашстрой; основные размеры и производительность циклона даны в табл. 2.



Фиг. 4.

Для расчета циклонов обычного вида дается некоторое теоретич. обоснование, приводимое проф. Л. Ф. Фокиным и выведенное из следующих соображений. Центробежная сила

$$F = \frac{mw^2}{x},$$

где w—окружн. скорость потока в расстоянии x от центра вращения, m—масса пылинки, которую можно выразить в следующем виде

$$m = \frac{4}{3}\pi R^3(\varrho_2 - \varrho_1)$$

при условии, что частица имеет правильную сферическ. форму; R — радиус пылинки в *м*, ϱ_2 и ϱ_1—плотности пылинки и газа в *кг·сек²·м⁻⁴*; $w = \Omega x$, где Ω—угловая скорость газа. Сопротивление среды S принимается по закону Стокса: $S = 6\pi Rv\eta$, где v—скорость движения частицы, η—коэф. вязкости среды в *кг·сек·м⁻²*. Движение частиц будет равномерным, когда действующая центробежная сила уравновесит трение, т. е.

$$6\pi Rv\eta = \frac{4}{3}\pi R^3(\varrho_2 - \varrho_1)\frac{w^2}{x},$$

откуда

$$v = \frac{2}{9}\frac{R^2(\varrho_2 - \varrho_1)\Omega^2 x}{\eta}.$$

Т. к. $v = \frac{dx}{dt}$, то время перемещения частицы из точки x до стенки циклона, отстоящей на расстоянии r, будет:

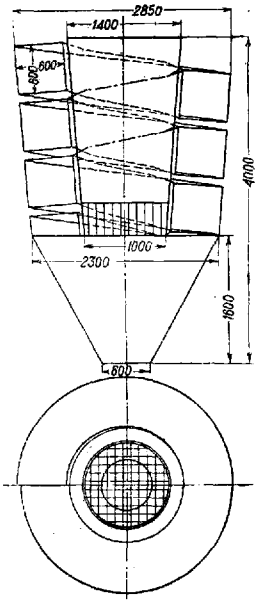
$$t = \frac{9}{2}\frac{\eta}{R^2(\varrho_2 - \varrho_1)\Omega^2}\int_x^r \frac{dx}{x};$$

для удаления частиц, находящихся в начале циклона на расстоянии r_1 от центра, нужно, чтобы

$$t_1 = \frac{4{,}5\,\eta}{R^2(\varrho_2 - \varrho_1)\Omega^2} ln \frac{r}{r_1}.$$

Этой ф-лой следует пользоваться только в случае отделения из воздуха очень мелкой пыли (размерами 0,1—10 μ). Таким обр. высчитав время, достаточное для прохождения наиболее удаленной частицы (у внутренней трубы) до внешней стенки, и задаваясь скоростью газа в циклоне, определяют длину винтового пути газового потока внутри циклона:

$$d = w \cdot t.$$



Фиг. 5.

Инженер Смухнин предложил циклон, состоящий из прямоугольного воздуховода, свернутого спиралью, переходящей в нижней части в конус (фиг. 5). Такой циклон поддается более точно расчету по приведенной формуле и успешно отделяет мелкую пыль. Для крупной пыли им же предложена ф-ла для расчета циклонов, исходящая из ф-лы аэродинамики:

$$S = \frac{1}{2}k\varrho_1 f v^2,$$

где S—сопротивление среды движущемуся телу, k — коэф-т сопротивления, ϱ_1 — плотность среды (газа), f—проекция движущегося тела на плоскость, перпендикулярную к направлению движения тела, v—скорость движущегося тела. Приравнивая попрежнему центробежную силу сопротивлению среды: $F = S$ и выражая скорость перемещения частицы через время и путь, получим после преобразования

$$dt = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot \varrho_1}{8 \cdot R(\varrho_2 - \varrho_1)\Omega^2}}\, x^{-\frac{1}{2}}\, dx;$$

Табл. 2. — Характеристика циклонов Техмашстроя.

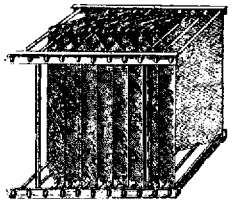
№ цикл.	Диам. D, *мм*	Производительность, *м³/мин*	Входное отверстие *1	Входное отверстие *2	Скорость входа, *м/сек*	Выходное отверстие *3	Выходное отверстие *4	Скорость выхода, *м/сек*	Площ. на 1 *м³* воздуха, *м²*	Диам. d спускного отверстия, *мм*	Высота B, *мм*
4	1 750	120—150	550×279	0,1515	13,25	700	0,385	5,20	1,15	125	2 535
5	2 350	255—330	750×425	0,3190	13,50	1 000	0,785	5,42	1,00	125	3 455
6	2 700	360—440	900×500	0,450	13,50	1 200	1,130	5,32	0,955	125	3 950

*1 Размеры, *мм*. *2 Площадь, *м²*. *3 Диам. A, *мм*. *4 Площадь, *м²*.

коэф. k есть ф-ия Рейнольдсовых чисел; если обозначить через r наружный радиус циклона, а через r_1 расстояние от оси до внутренней грани газохода, то для самой невыгодно расположенной частицы время для прохода пути $r—r_1$ будет:

$$t = \sqrt{\frac{3\,k\varrho_1}{2\,R\,(\varrho_2-\varrho_1)\,\Omega^2}}\,(\sqrt{r}-\sqrt{r_1})\ \text{сек.},$$

где ϱ_2 и $\varrho_1\left(=\frac{\gamma}{g}\right)$ в $\frac{кг\cdot сек^2}{м^4}$; R, r и r_1 в *м*. Из этой ф-лы видно, что чем больше угловая скорость Ω и чем меньше $(r—r_1)$, тем скорее частицы пыли будут удалены из потока. Сопротивление циклонов не поддается точному подсчету. Можно учитывать сопротивление в циклонах в пределах 0,25—0,75 от скоростного напора в подводящей трубе, выбирая тот или другой предел в зависимости от конструкции циклона.

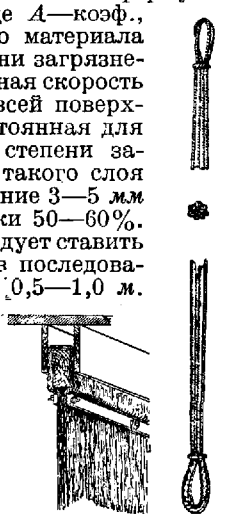


Фиг. 6.

В отличие от установившейся точки зрения, что отделение пыли в циклоне происходит от центробежных сил, Карг объясняет сущность физич. явлений процесса внезапной переменой скоростей внутри циклона, вызывающих вихри, распределяющие воздух и пыль по всему циклону. Слой воздуха под давлением вновь поступившего опускается вниз, при этом происходит отделение тяжелых частиц, падающих в нижнюю часть циклона. Трение в этом случае играет малую роль.

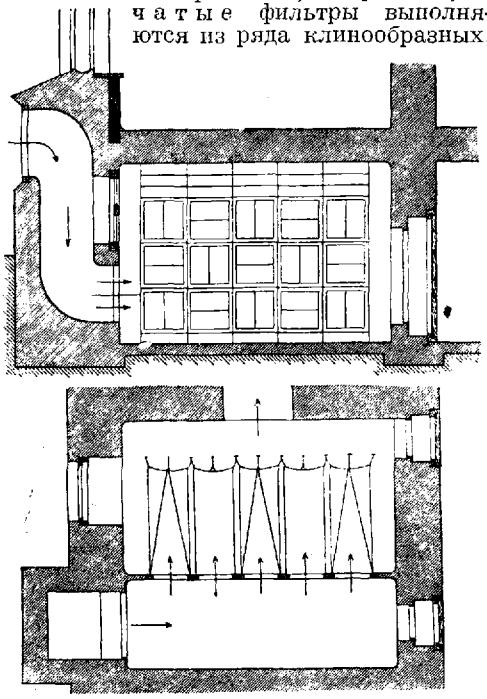
Для лучшей задержки пыли в пылеосадочных камерах устраивают заграждения в виде шероховатых поверхностей (ловители пыли) вдоль движения газов, с оставлением узких проходов для газа между ними (фиг. 6). В качестве поверхностей применяется ворсистая бумажная или шерстяная ткань, натянутая на деревянные или железные рамы. Улавливающие плоскости ставятся под углом к движению газового потока или получают сегментный или углообразный профиль. Очищающее действие таких ловителей действительно лишь для грубой и тяжелой пыли.

П., в к-рых газ очищается, проходя через пористые материалы, т. е. собственно фильтры, м. б. 1) тканевые, 2) из суррогата ткани и 3) из слоев сыпучих материалов. Очищающее действие пористых материалов основано на выпадении пыли из газа и осаждении ее на фильтрующих поверхностях вследствие частых изменений величины и направления скорости при прохождении через поры. Переход от ловителей пыли к проходным (пористым) фильтрам представляют фильтры, у к-рых пористый слой выполнен из нитей, натянутых в отвесном положении в один или несколько рядов плотно друг к другу. Получается суррогат ткани без поперечного переплетения, благодаря чему такой слой меньше забивается пылью. Нити обычно делают из нелощеного шпагата $\varnothing$=2,5÷5,0 *мм* или из пряжи «русской шерсти» кустарной работы $\varnothing$=2,0÷2,5 *мм*. При очищении газов с высокой $t°$ (> 100°) нити делают из огнеупорного материала, напр. асбеста. Из нитей вяжут пучки, примерно по 10 нитей, с петлями на обоих концах. Пучки надевают плотно друг к другу на раму, к-рую укрепляют в камере фильтра (фиг. 7). Образуется пористая, рыхлая стенка толщиной 1,5÷3,0 *см*. При проходе через нее воздуха отдельные нити шевелятся, благодаря чему стряхивается скапливающаяся на них пыль. Для удаления пыли из середины слоя необходимо его сильно встряхивать, для чего устраивают приспособления для ручного или механич. встряхивания. Такие фильтры применяют для грубой очистки газов (напр. для очистки пыльного вентиляционного воздуха, выкидываемого наружу). При этих условиях скорость газа принимается равной 0,4—0,6 *м/сек* (при более тонкой очистке до 0,04 *м/сек*). Сопротивление тканевых фильтров выражается формулой $h = Av^n$ *мм* вод. ст., где A—коэф., постоянный для данного материала (но меняющийся от степени загрязнения фильтра), v—фиктивная скорость в *м/сек* (отнесенная ко всей поверхности фильтра), n—постоянная для данного материала и степени загрязнения. Для одного такого слоя (в 10 нитей) сопротивление 3—5 *мм* вод. ст. и степень очистки 50—60%. Для лучшей очистки следует ставить два или несколько слоев последовательно с промежутками 0,5—1,0 *м*. Фильтрующие поверхности располагают в виде прямых или зигзагообразных соединений рам, а также выполняют в виде цилиндрич. поверхностей. Для пыли волокнистой применяют фильтры из мелкой (с ячейками 2—4 *мм*) металлич. сетки. Скорость воздуха 0,05—0,5 *м/сек* в зависимости от располагаемого напора, желаемой степени очистки и сорта пыли; сопротивление 5—20 *мм* вод. ст. Степень очистки до 80—85%. Материальные фильтры выполняются разнообразных конструкций по форме фильтрующей поверхности: в виде плоской рамы, зигзагообразной рамы, сумчатого (конич. или клинообразные мешки) фильтра, барабан-



Фиг. 7.

ного фильтра, трубчатого (рукавного) или мешочного фильтра. Рамные фильтры состоят из деревянных или железных прямоугольных рам, обтянутых материей. Зигзагообразные фильтры составляются из нескольких рамных фильтров. Сумчатые фильтры выполняются из ряда клинообразных,



Фиг. 8.

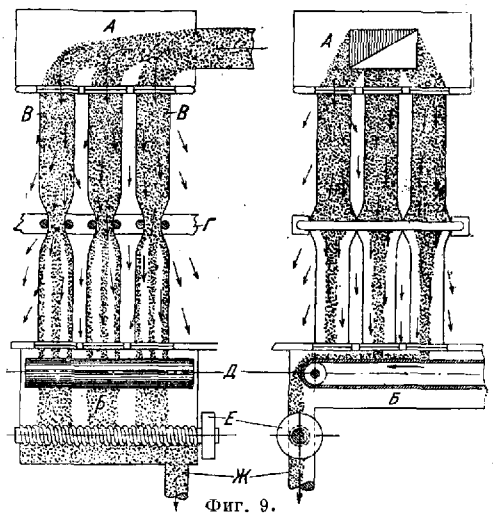
пирамидальных или конических мешков, своими основаниями натянутых на рамки; воздух входит в отверстие рамки и выходит через всю поверхность мешка, а пыль остается в мешке (фиг. 8). В барабанных фильтрах материя образует поверхность барабана, обычно вращающегося. Трубчатые, или рукавные, фильтры имеют форму труб из материи; концы этих труб открыты и присоединяются к стенкам воздухоприемника и пылесобирателя. Мешочные фильтры делаются так же, как и рукавные, но с одного конца рукав закрыт. Фильтровальные свойства материи зависят от рода, толщины и длины волокон, толщины и крутки нити, от характера переплетения ткани и числа ниток утка и основы на 1 $см^2$ и от того, имеет ли ткань начес или нет. В применяемых в СССР матерчатых фильтрах употребляются ткани: хлопчатобумажные (миткаль и бумазея), шерстяные (шерстянка) и льняные (мешковина). Для тонкой очистки газов обычно применяют шерстяную материю, давая на нее при этом меньшую нагрузку, чем на бумажную.

Сопротивление ткани: для муслина при длительном пользовании $h = 24\,v^{1,46}$ (Риттшель), для бумазеи $h = 7{,}6\,v^{1,83}$. В табл. 3 приведены данные з-да Меллер, характеризующие зависимость сопротивления фильтров от количества газа (в $м^3$), пропущенного фильтром в 1 ч. на 1 $м^2$ его полезной поверхности в чистом и загрязненном состоянии. Приблизительно можно считать, что при нагрузке 50 $м^3/ч$ на 1 $м^2$ чистой ткани сопротивление равно 1 *мм* вод. ст., а при загрязнении—2 *мм*. Gibbs приводит, что при механич. очистке мешков на 1 $м^3$ очищаемых газов в минуту достаточно 2 $м^2$ фильтрующей ткани, а для неочищаемых механически—12÷16 $м^2$. Автоматически встряхиваемые фильтры при этом понижают содержание пыли в газе с 0,01 *г* до 0,001 *г* в 1 $м^3$.

Табл. 3.—Зависимость сопротивления от количества пропускаемого газа.

Тип и состояние фильтра	Количество газа, $м^3$						
	40	60	65	65	100	145	150
Хл.-бум. ткань							
Чистый	0,25		0,5		1,0		2,0
Загрязненный	1,5	3,0		6,0		12,6	
Шерстяная ткань							
Чистый	0,12		0,25		0,5		1,0
Загрязненный	0,75	1,5		3,0		7,(	

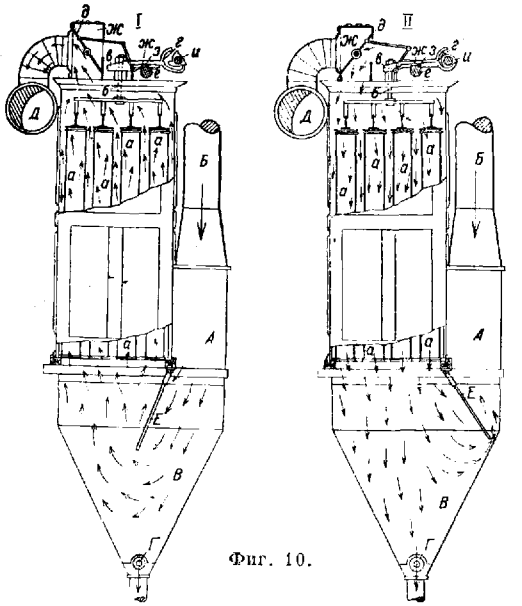
Наиболее совершенными из матерчатых фильтров являются фильтры рукавные, изготовляемые фабричным путем. Рукавные фильтры бывают нагнетательные и всасывающие. В нагнетательных фильтрах пыльный воздух входит в приемную коробку *А* (фиг. 9), проходит через рукава *В* и через поры ткани рукавов наружу, оставляя пыль на внутренней поверхности рукавов; часть пыли падает непосредственно из проходящего по рукавам воздуха в нижнюю коробку (пыльную) *Б*. Рукава очищаются от пыли сильным током воздуха, образующимся в местах сужения рукавов непрерывно движущейся вверх и вниз вдоль рукавов рамкой *Г*. Пыль, падающая в нижнюю сборную коробку *Б*, попадает на ленту транспортера *Д*, сбрасывается в короб шнека *Е*, сдвигающего пыль к отводящей трубе (течке) *Ж*, по к-рой пыль собственным весом сваливается в пыле-



Фиг. 9.

сборник. Очистка воздуха такими фильтрами недостаточно совершенна, чтобы допускать полную рециркуляцию очищенного воздуха в производственном помещении, почему иногда такой фильтр устанавливают в изолированном помещении, из к-рого воздух может выпускаться на улицу или частично возвращаться в помещение. В мельничной практике нагрузка в таких фильтрах с рукавами из бумажной материи обычно 0,65—1,00 $м^2$ ткани на 1 $м^3$ очищаемого воздух

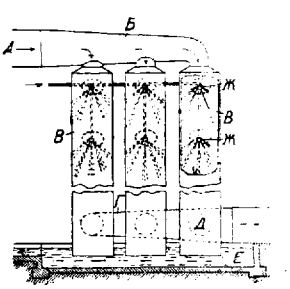
в мин. при сопротивлении 10—15 *мм* вод. ст.; нагрузка ниже 0,65 $м^2$ на 1 $м^3$ вызывает ухудшение степени очистки. Всасывающие рукавные фильтры имеют рукава, заключенные в футляры из дерева или железа. Очищение рукавов от накопления пыли достигается одновременным встряхиванием рукавов и продуванием их обратным током воздуха (фиг. 10). В положении I фильтр очи-



щает проходящий через него воздух от пыли. Приемная коробка *А*, общая для всего фильтра, соединена с воздуховодом *Б*, отсасывающим пыльный воздух; вводный клапан *Е* открыт для свободного прохода воздуха в нижний конус *В* фильтра, откуда воздух попадает в рукава *а* и оставляет на них пыль. Очищенный воздух направляется через клапанную коробку *Ж* и воздуховод *Д* к вентилятору и нагнетательным воздуховодом подается в любое помещение. Группа рукавов (4—8) подвешена к тяге *б*, поддерживаемой чугунной колодкой *в*, соединенной с вилкой *г*. Валик *е*, медленно вращаясь по стрелке, упирается выступом *ж* в зуб *з*, поднимает вилку *г* и, подвигая ее в горизонтальном направлении звездочкой *и* вправо, переводит клапан *д* в положение II. Воздух из помещения врывается внутрь фильтра, находящегося под разрежением, проходит снаружи рукавов внутрь, выдувая из ткани накопившуюся пыль, проходит через пылеосадочный конус и неплотности клапана *Е*, переместившегося в положение II, в приемную коробку *А* и через соседние группы рукавов, находящихся в фазе I, идет к вентилятору. В то же время звездочка *и* вращаясь ударяет 7—10 раз по вилке *г* и встряхивает тягой *б* рукава, что способствует лучшей очистке от пыли рукавов. Тем временем выступ *ж* валика *е* соскальзывает с зуба *з*, вилка *г* опускается, и звездочка *и* передвигает ее влево, переводя клапан *д* в положение I. Пыль, частично выпадающая во время работы фильтра на всасывание (положение I) в сборный конус и падающая во время встряхивания и продувания (положение II), собирается внизу конуса и непрерывно (или периодически) удаляется шнеком *Г* в пылесборник. Степень очистки при начальной запыленности в 110—450 $мг/м^3$ достигает 98—99%. Недостатком этих фильтров является быстрое расстройство и изнашивание встряхивающего механизма. В настоящее время натяжение рукавов достигается грузами, что значительно повышает надежность встряхивания. Крутые повороты и большие скорости входа и выхода воздуха (в клапанах) вызывают сопротивления фильтров до 60—100 *мм* вод. ст. Недостатком всасывающих фильтров является большой подсос воздуха, доходящий до 20—40% полезно очищаемого воздуха, что вызывает излишнюю затрату мощности вентиляторов и ухудшает очистку. В мельничной практике принятая нагрузка ткани (двусторонней шерстяной байки) всасывающих фильтров 0,125—0,40 $м^2$ на 1 $м^3/мин$.

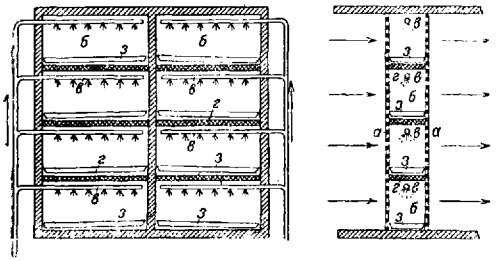
Мокрая очистка. 1) Промывание воздуха или газа (пропускание через слой воды); 2) осаждение пыли—смачивание мелко распыляемой водой или паром; 3) пропускание воздуха через смоченные водой пористые материалы; 4) то же, но материалы смочены маслом.

Для осаждения пыли из газов и воздуха весьма действительным средством является промывка их водою или другими жидкостями, для чего газ пропускается или мелкими пузырьками через слой воды или же через зону, заполненную мелко разбрызгиваемой водой и сильно развитыми смоченными поверхностями. Первый метод требует затраты большего напора на проталкивание воздуха через слой воды, второй метод при незначительном сопротивлении и мелком раздроблении жидкости дает огромную поверхность, которая обеспечивает в значительной мере возможность встречи пылинок с капельками воды. Отделение пыли водой облегчается, если в очищаемый газ или воздух вводится насыщенный пар, который быстро конденсируется на частицах пыли, служащих при этом ядрами конденсации. Для наиболее полной очистки газа от пыли необходимо последовательно: 1) осадить на поверхности пылевых частиц влагу путем примешивания к очищаемому газу насыщенного пара и охлаждением его до точки росы; 2) промыть газ мелкораспыленной водой до полного удаления из промываемого газа тумана; 3) уловить увлекаемую газом водяную пыль, в к-рой м. б. и пылевые частицы. Мокрая очистка газов м. б. разделена на три типа: 1) промывка в неподвижных камерах, башнях и других резервуарах; 2) в медленно движущихся ротационных и плоскостных промывателях; 3) в быстро движущихся ротационных промывателях. Промывка в неподвижных камерах обычно включает все три фазы пылеулавливания: конденсацию на пыли паров воды, промывку и задержку взвешенных смоченных частиц на мокрых поверхностях.



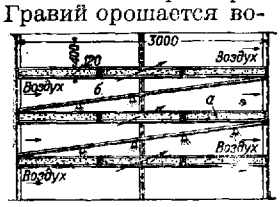
Фиг. 11.

Для удаления из газа больших концентраций пыли (~10 *г/м*³) применяют аппараты, изображенные на фиг. 11. Пыльный газ поступает через трубу *А* в сборный цилиндр *Б*, поворачивает в цилиндрич. шахты *В*, где проходит через пространство, заполненное

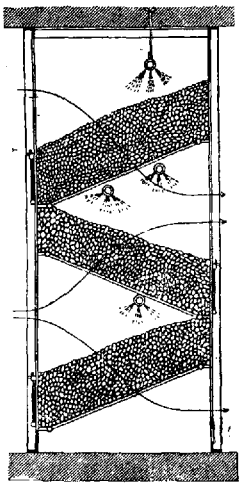


Фиг. 12.

водяными брызгами, образуемыми распылителями *Ж*. Смоченная пыль выпадает из потока в воду в нижнем сборном цилиндре *Г* или стекает с водой по стенкам шахт *В* в отстойный бак *Е*, а очищенный газ уходит в трубу *Д*. Давление воды, подводимой к распылителям, достаточно иметь 2 *atm*, а расход воды до 1 *кг* на 10 *кг* очищаемого газа или 10 *кг* воды на 1 *кг* осажденной пыли, что указывает на выгодность во многих случаях устройства отстойных резервуаров для очистки и повторного использования воды. При меньшей первоначальной запыленности и более тонкой очистке газа присоединяют пропускание газа через орошаемые водой слои зернистых материалов—кокса, гравия, шлака, крупного песка, асбеста и пр. По форме такие устройства выполняют или в виде башни, заполненной насадком из указанных выше материалов, или в виде камер с вертикальными, горизонтальными или наклонными (фиг. 12, 13, 14) слоями зернистых материалов, через к-рые пропускается очищаемый газ. На фиг. 12 представлен фильтр с вертикальными стенками *а* из металлич. решеток, отстоящих друг от друга на 200—250 *мм*. Пространство *б* заполнено гравием. Для устранения распора стенок фильтр по высоте разбивается на несколько рядов высотой около 1 *м*. Каждый такой ряд поддерживается металлич. решеткой *г*, опирающейся на стойки фильтра. Гравий орошается во-



Фиг. 13.



Фиг. 14.

дой трубами *в*, проложенными в верхней части каждого ряда, с мелкими отверстиями. Вода, обтекая равномерно поверхность гравия, собирается внизу секции в водоотводном жолобе *з* и стекает в сборник, откуда может или опять подаваться насосом для орошения или удаляться в сточное устройство. На фиг. 13 изображен фильтр с горизонтальным расположением фильтрующего слоя. Гравий (или другой материал) *а* слоем толщиной ~200 *мм* расположен на стеллажах с сетчатым дном. Каждый слой отделяется наклонной стенкой *б*. Орошение производится дырчатыми трубами. Газ, проходя через слой, оставляет пыль на поверхности гравия, откуда она смывается и в виде грязной воды стекает на стенки *б* и с них на пол грязной половины фильтр-камеры и дальше в отстойник или наружу. Эта конструкция фильтра по сравнению с 1-й позволяет при тех же поперечных размерах развить значительно большую поверхность фильтрующего слоя. Наклонное расположение слоев (фиг. 14) позволяет еще больше развить поверхность фильтра, но конструктивно представляет бо́льшие затруднения (скатывание гравия по наклонной сетке, тесное расположение и малый наклон разделяющих стенок и т. п.) и вынуждает часть грязной воды сливать в чистую половину фильтр-камеры, что представляет недостаток, если фильтр служит для гигиенич. целей. Для более полной очистки газа от пыли необходимо его пропускать последовательно через 2—4 таких слоя. Расход воды колеблется обычно в пределах 30—60 *л/ч* на 1 000 *м*³ газа или воздуха при запыленности 200—20 *мг/м*³ и степени очистки 85—95%.

Сопротивление сухого слоя сыпучего материала определяется по формуле:

$$Z = A \cdot h \cdot v^n,$$

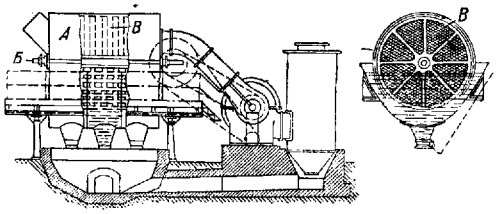
где *Z*—сопротивление слоя в *мм* вод. ст., *h*—высота слоя в *мм*, *v*—фиктивная скорость газа (т. е. вычисленная в предположении, что все сечение является свободным для прохода воздуха), *А* и *n*—эмпирич. константы для каждого материала. Величина *А* зависит от диаметра зерен фильтрующего материала и уд. в. протекающего газа или воздуха; показатель скорости *n*, как показали опыты, значительно меньше 2 для мелких зерен, что расходится с обычным предположением, что сопротивление слоя пропорционально квадрату скорости. По испытаниям сушильной лаборатории Теплотехнич. ин-та, для сухого слоя толщиной 50—500 *мм* и скоростей 0,1—2,0 *м/ск* получаются следующие значения постоянных *А* и *n* (продувался воздух $\gamma \cong 1{,}17$ *кг/м*³):

⌀ зерна, *мм*	6	10	15	20
n	1,51	0,61	1,76	1,85
A	0,82	0,33	0,15	0,10

По Браббе для слоев сухого и смоченного камня размером с кулак (продувался воздух) n=1,46 и 1,96, а A=0,11 и 0,16. По этим данных выбирают скорость прохода воздуха т. о., чтобы сопротивление каждого слоя было 3—10 *мм* вод. ст. В Америке промывка воздуха распыляемой водой широко распространена, и аппараты для этой цели стандартизированы для получения определенных условий обеспыливания, увлажнения и охлаждения или осушения газа. Прибор состоит из железной коробки, в передней части к-рой расположена сеть водопроводных труб с разбрызгивающими соплами, дающими факел весьма мелко распыленной воды. Распыление достигается тем, что вода под давлением 1,5—2,0 *atm* вводится в соп-

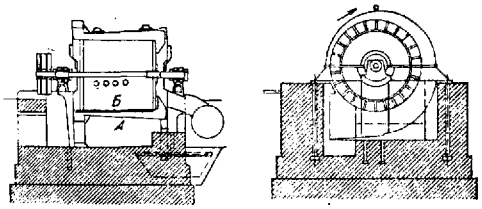
ло по касательной и, приобретая быстрое вращательное движение, весьма совершенно разбрызгивается. Газ, проходя через зону распыленной воды со скоростью 2,0—2,5 *м/сек*, увлекает за собой значительное количество мелких водяных частиц, задерживающихся сепаратором, состоящим из изогнутых металлич. пластин. Газ, проходя около них, резко меняет несколько раз свое направление, и взвешенные частицы, обладающие значительно большей инерцией, ударяются о пластинки, прилипают к ним и стекают в бак, расположенный в нижней части прибора. Смоченные пластинки служат также для развития водяной поверхности прибора и для лучшего задержания пыли. Собирающаяся вода перекачивается центробежным насосом и снова распыляется. Каждое сопло распыляет при давлении ~1,5 *ат* 300 *л/ч*, и общий расход воды для промывки достигает 0,5 *кг* на 1,0 *кг* промываемого газа.

Типичным примером медленно вращающегося газового промывателя может служить аппарат Bian'a (фиг. 15). Главной частью



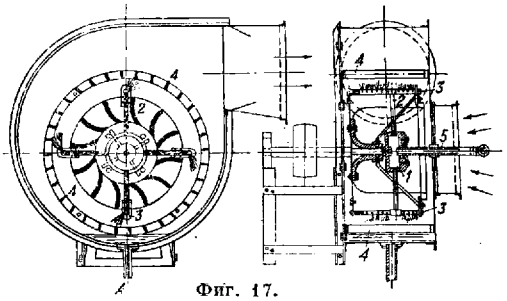
Фиг. 15.

его служит неподвижный цилиндр *А* диаметром в 3 *м* и длиной 3—5 *м*. Часть (нижняя) стенки отсутствует, и этой открытой частью он погружен в воду. На горизонтальной оси *Б* насажен ряд параллельных дисков *В* из проволочных сеток с отверстиями в 1 *см*². Эти диски делают 10—12 об/м. и ячейки сетки, проходя через воду, затягиваются пленкой воды. Промываемый газ проходит вдоль цилиндра и осаждает пыль на смоченной поверхности сетки и водяной пленке. Для газа, входящего с *t*° 200°, содержание пыли после промывания м. б. понижено с 10 *г* до 0,5 *г* в 1 *м*³. Аппарат потребляет ~1 HP на очищение 300 *м*³/*ч* газа. Такого же типа газопромыватели делаются в виде ряда вертикальных бесконечных непрерывно движущихся полотен из проволочных сеток, нижние части к-рых опущены в водяную ванну. Ротационные быстро движущиеся газопромыватели изображены на фиг. 16 (системы



Фиг. 16.

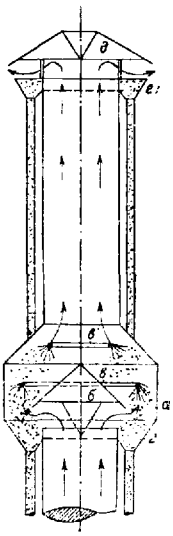
Theisen'a) и на фиг. 17 (гигролятор сист. Зихтига). В первом горизонтальный барабан *Б* помещен в неподвижном конич. кожухе *А*. Барабан делает 300—450 об/м. К поверхности барабана прикреплены спиральные лопасти, заставляющие газ проходить по спиральному пути. Внутренняя поверхность кожуха *А* снабжена тонкой сеткой, сквозь к-рую непрерывно просачивается вода, входящая через отверстия в барабане. Газ, двигаясь справа налево, приходит в тесное соприкосновение с водой, идущей в обратном



Фиг. 17.

направлении. Промыватель затрачивает 1,5 HP на очистку 300 *м*³/*ч* газа и понижает содержание пыли до 0,4 *г*/*м*³ газа. Гигролятор представляет центробежный вентилятор, к лопастному колесу *2* к-рого присоединяются трубки *3* с мелкими отверстиями; трубки соединяются с коробкой *1*, в к-рую вода подводится из водопровода трубой *5*. Трубки вращаются вместе с лопастным колесом, и вода, вылетая с большой скоростью, под действием центробежной силы ударяется о неподвижные лопатки отбойного колеса *4* и раздробляется в мельчайшие капли, насыщая пространство кожуха. Запыленный газ проходит через эту водяную зону, смоченные пылинки задерживаются отбойными лопастями и стенками кожуха, смываются с них новыми порциями водяных капель, стекают в низ кожуха и отводятся трубой *А* в отстойник или канализацию. На мелкой органической пыли при начальном содержании 18—20 *мг*/*м*³ получена эффективность гигролятора в 60—65%.

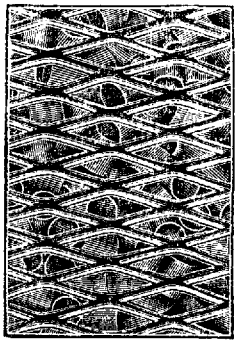
В больших котельных при пылевидном топливе применяются П. для задержания золы, которая уносится в размере 50—80% ее содержания в топливе. Мокрый способ по системе Babcock представлен на фиг. 18. В расширенной части дымовой трубы *а* устанавливается отражательный конус *б*, вокруг которого укрепляются две кольцеобразные трубы *в* и *в'* с распыливающими воду соплами. Дымовые газы в расширенной части *а* встречают отражательные поверхности конуса *б* и выделяют крупные частицы золы, падающие в карманы *г*. Огибая конус, газы попадают в зону распыленной воды, где увлажняются, а частицы золы осаждаются на стенки уширения *а* и верхней части конуса *б* и смываются водой в карманы *г*. Конденсационный колпак *д* служит для конденсации содержащихся в газах паров воды, которые осаждаются вместе с оставшимися частицами золы на поверхность колпака и стекают в карманы *е*.



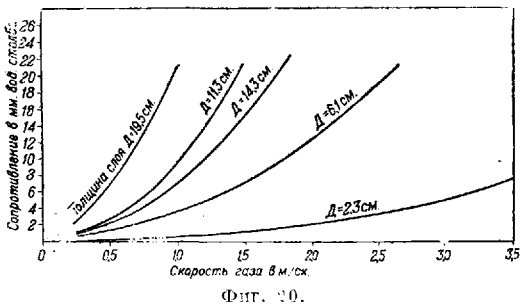
Фиг. 18.

Карманы *г* и *е* соединены трубами с зольным подвалом. Эффективность такой установки составляет 96—98% при угле с содержанием 12—15% золы. Расход воды—10 *кг* на 1 *кг* осаждаемой золы. При сернистых углях внутренние поверхности П. футеруются свинцом толщиной 5 *мм*, а трубопроводы делаются из кислотоупорной глины.

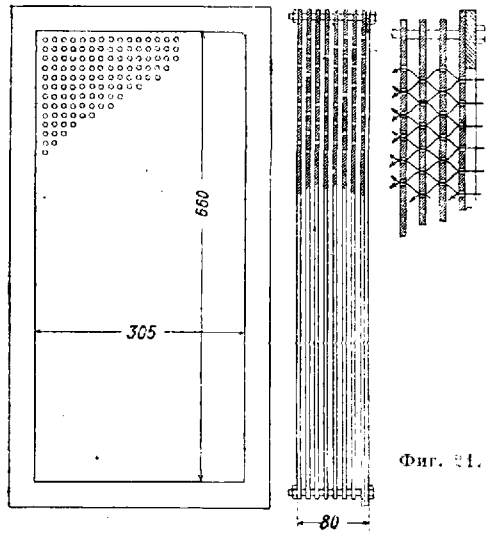
Кроме воды смачивание производится маслом, дающим весьма совершенное осаждение пыли. Применяемые в настоящее время металлич. масляные фильтры представляют собою железные рамки размерами 0,5 × 0,5 × × 0,08 *м*. Дно и крышка рамки сделаны из металлической сетки (фиг. 19). Внутренность рамки заполнена короткими тонкостенными (0,3 *мм*) покрытыми медью трубочками (кольцами Рашига) диам. и длиной ~13 *мм*. Такое заполнение создает сложные извилистые пути для протекания газа. Отдельные ячейки (рамки) фильтра вставляются в общую раму (стеллаж). Перед установкой на место каждую рамку опускают в ванну с так наз. висциновым маслом, к-рое представляет собою минеральное масло, достаточно жидкое, не летучее и долго не сохнущее. Для этой цели могут применяться парфюмерное масло, веретенное и высшие сорта цилиндровых масел. Каждая ячейка нормально пропускает в 1 ч. 1 000 $м^3$ газа, создавая при этом сопротивление 10 *мм* вод. ст. Изменение сопротивления при различной толщине фильтрующего слоя и различной скорости можно видеть из диаграммы фиг. 20. Очистка в таком фильтре весьма совершенна и достигает 99% или остаточного содержания 0,2 $мг/м^3$ газа. Успешное применение висциновых фильтров возможно лишь при небольших начальных запыленностях ~10 $мг/м^3$. Ячейки фильтра требуют систематич. очистки, которую производят прополаскиванием в горячем содовом растворе. Период замены грязных ячеек чистыми 5—10 дней. Кроме заполнения специальными кольцами употребляют обрезки металлических и стеклянных трубок, тонкую проволоку, металлич. стружки с токарных станков и пр. Госсантехстрой предложил конструкцию металлич. фильтра, представляющую собою ряд железных листов с отверстиями (фиг. 21), постепенно уменьшающегося диаметра и не совпадающими по направлению. Листы эти также смачивают маслом. Сопротивление этих фильтров при различном числе пластин и скорости газа представлено на диаграмме фиг. 22. Смачиваемые маслом П. выполняются также в виде бесконечного цепного полотна, непрерывно движущегося и проходящего через масляную ванну.



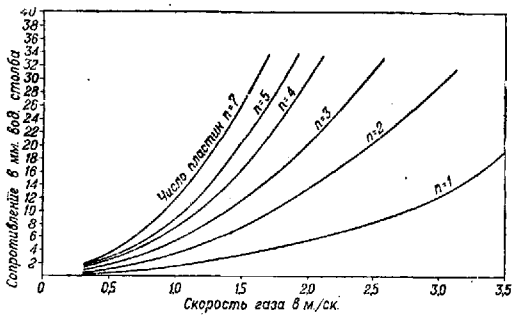
Фиг. 19.



Фиг. 20.



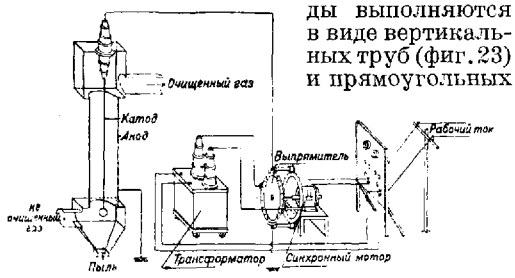
Фиг. 21.



Фиг. 22.

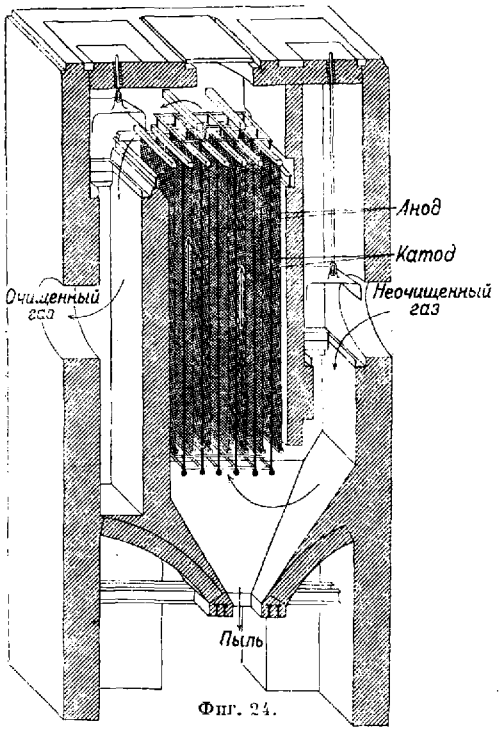
Электрическая очистка. В последнее время за границей (Америка, Германия) сильно развивается электрический способ очистки газа от пыли, т. н. способ Котреля. В аппаратах Котреля имеются 2 электрода: один активный, заряжающий частицы пыли (или тумана), а другой—пассивный, на котором собирается эта пыль. Процесс пылеосаждения возможен как с переменным, так и с постоянным током. Но при больших скоростях газов постоянный ток дает лучшие результаты, так как он относит суспендированные частицы к поверхности осаждающего электрода. Имеющийся на предприятии переменный трехфазный ток трансформируется до 40 000—200 000 V, а затем при помощи (обычно) механич. или (реже) ртутного выпрямителя (кенотрон) перерабатывается в пульсирующий постоянный ток. Проволока, обычно несущая отрицательный заряд, располагается на нек-ром расстоянии от поверхности, заряженной положительно. Около проволочного электрода образуются отрицательные ионы, под влиянием к-рых заряжаются газовые молекулы или твердые частицы, присутствующие в промежуточном пространстве, и под действием электрич. по-

ля двигаются от проволоки к осаждающей поверхности. Чем меньше д. б. остаточная запыленность за электрофильтром, тем дольше газ должен находиться под действием электрического поля. Необходимое время пребывания газов в электрическом поле определяется эмпирич. путем для каждого сорта пыли. Наиболее часто встречается продолжительность в 2—3 ск. Осаждающие электроды выполняются в виде вертикальных труб (фиг. 23) и прямоугольных



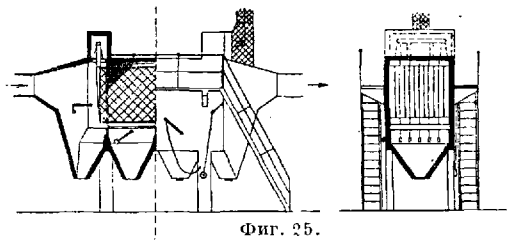
Фиг. 23.

шахт (фиг. 24) или горизонтальных прямоугольных камер (фиг. 25). Трубы наиболее поддаются точному расчету, но они дороже прямоугольных типов и редко применяются на практике. При выборе времени пребывания газа в электрич. поле руководствуются следующими основными размерами и условиями. 1) Наибольшая высота электрич. поля



Фиг. 24.

5 м; при большей высоте правильность центрировки электродов становится затруднительной. 2) Горизонтальные размеры вертикального шахтного аппарата редко превосходят 2×2 м, т. к. при большем сечении трудно равномерно распределить газ по сечению шахты. 3) В горизонтальных камерных электрофильтрах сечения доходят до 3×4,5 м и больше. 4) Горизонтальная длина электрич. поля каждой секции обычно не превосходит 2,5—3,0 м, однако в одной камере м. б. установлено несколько секций. 5) Чем больше скорость газа, тем при прочих равных условиях равномернее распределение газа по сечению. 6) Скорость газа обычно


Фиг. 25.

принимается от 1 до 4 *м/ск*. Больше 4 *м/ск* брать не рекомендуется, т. к. при этом является опасность срыва с электродов осевшей пыли и заноса ее в газопровод за электрофильтр. 7) Стоимость установки вертикальных камер на 15—20% больше стоимости горизонтальных при той же производительности; вертикальные же фильтры занимают меньшую площадь.

Пассивный (осаждающий) электрод обыкновенно заземляется. Расстояние между заземленными электродами берется в пределах 20—40 *см*. На середине расстояния между заземленными электродами располагаются ряды коронирующих электродов, обычно проволок ⌀1,5—2,0 *мм*, натянутых грузами, подвешенными внизу. Если расстояние от одного заземленного электрода до другого обозначим через 2 Δ, то расстояние от крайней проволоки ряда до стенки, нормальной к осаждающим электродам, в шахтном уловителе берется $\Delta + (1{,}0 \div 2{,}0)$ *см*; расстояние между проволоками одного ряда берется в пределах от 1,5 до 2,0 Δ. Напряжение выбирается в зависимости от величины Δ, вида пыли и требуемой задерживающей способности фильтра. Обычно принимают 3÷4 тыс. V на 1 *см* расстояния между активным и пассивным электродами. Обычно чем больше производительность установки, тем выгоднее большие междуэлектродные расстояния и большие напряжения. Сила тока на 1 *м* каждой проволоки (считая на длину заземленной части пассивного электрода) при расстоянии между проволоками одного ряда в 2 Δ равняется 0,3 mA при Δ=10 *см*, 0,4 mA при Δ=15 *см* и 0,5 mA при Δ=20 *см*. Если расстояние между проволоками меньше 2 Δ, то сила тока пропорционально уменьшается. Мощность, потребляемую фильтром, получаем, перемножая напряжение в kV на потребляемый ток в mA, вводя кпд трансформатора и распределительного устройства η=0,80÷0,85 и добавляя мощность мотора, вращающего выпрямитель, ~0,5 kW. Степень очистки доходит до 99,9%, но она не пропорциональна расходу энергии, и если необходимо степень очистки довести например с 98 до 99%, то при этом расход энергии может увеличиться вдвое. Темп-ра газов до 120° не отражается на степени очистки; с повышением $t°$ выше этого предела степень очистки падает и м. б. удержана на той же высоте уменьшением скорости прохода газов. Возможность очистки газов в горячем состоянии позволяет организовать т. н. фракционированную очистку. Так, в первый момент можно осадить минеральную пыль, затем после некоторого охла-

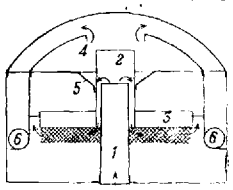
ждения газов конденсируются и осаждаются окислы нек-рых металлов, и наконец следующая ступень охлаждения позволит выделить капельки жидких примесей, напр. серной к-ты или воды или смолистых органич. примесей. Следует иметь в виду, что осаждение пыли при наличии в ней свинцовых и цинковых оснований значительно затрудняется, и приходится уменьшать скорость газов в 2—3 раза против обычной.

Главную трудность в постройке электропылеочистительных устройств представляет поддержание постоянного заряда отрицательного электрода. Применяемое напряжение в 40—200 тыс. вольт требует хорошей изоляции, а для безопасности в обращении пассивные электроды требуют надежного заземления. По мере осаждения пыли на положительных электродах изменяется величина A, с одной стороны, и появляется опасность разрыва диэлектрика, с другой стороны. Плотно закрытые пылью положительные электроды могут не проводить ток, так как слой мелкой пыли обычно является более сильным изолятором, чем самый газ. Поэтому по мере осаждения пыли ее удаляют встряхиванием, отстукиванием молотками или сдуванием струей газа. Для предохранения всего устройства от повреждения при коротком замыкании делают специальные приспособления, напр. автоматические выключатели и т. п.

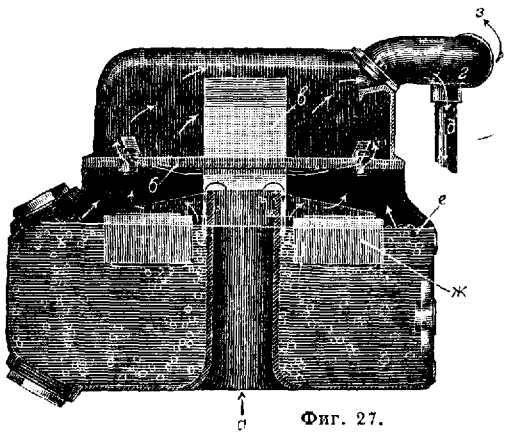
Стоимость эксплоатации складывается из стоимости обслуживающего персонала, амортизации, электроэнергии, смазки и других вспомогательных расходов. Главный расход падает на обслуживание системы и является весьма значительным, почему целесообразно электроочистку делать гл. обр. для улавливания ценной пыли на большие производительности с механизированной очисткой осаждающейся пыли и механическим удалением ее из пылесборника. При этих условиях электростатич. осаждение, позволяющее доводить степень очистки до любого предела полноты и сохраняющее пыль в неизмененном виде, является наиболее совершенным способом как для целей промышленного пылесобирания, так и для вентиляционных целей при рециркуляции воздуха.

Тракторные П. Среди факторов, влияющих на изнашивание тракторных двигателей, содержащаяся во всасываемом воздухе пыль занимает главное место. Описанные методы очистки газов и воздуха от пыли применяют и для тракторов. При оценке пригодности П. (воздухоочистителей) для тракторных двигателей должны учитываться: 1) степень очищения воздуха, 2) влияние процесса очищения на режим и мощность двигателя, 3) расходы на эксплоатацию и обслуживание П., 4) промежуток времени, в течение к-рого П. может работать без заправки или проверки, 5) стоимость П., 6) занимаемое им пространство, 7) его вес. При содержании пыли 0,1 $г/м^3$ степень очистки П. η д. б. $\geq 0{,}95$, а падение мощности двигателя вследствие добавочного сопротивления П.—не больше 1,5%, что соответствует сопротивлению П. ~ 150 *мм* вод. ст. Степень очищения и сопротивление должны оставаться приблизительно постоянными в течение 10 ч. непрерывной работы. По способу действия современные П. для тракторных двигателей могут быть разбиты на 3 основные группы: 1) жидкостные, 2) сухие, 3) комбинированные, к-рые разделяются в свою очередь: первые—на водяные и масляные, вторые—на центробежные и с фильтрующей сухой средой.

В о д я н ы е П. Действие этих П. заключается в том, что воздух пропускается тонкими струйками через слой воды, и при этом пыль задерживается водой. Недостатком этих П. является частое пополнение воды вследствие ее испарения. На фиг. 26 изображен водяной П. Renault. Воздух поступает в пылеуловитель через трубку *1* и, направляемый колпаком *2* поплавка *3*, проходит через слой воды. Увлекаемая воздухом вода б. ч. удерживается в пространстве над поплавком; дальнейшее выделение взвешенной воды происходит в камере *4* при резком повороте воздуха. Частицы воды стекают обратно между колпаком очистителя *4* и направляющей *5*, а очищенный воздух проходит через выпускные отверстия *6*. В нижней части поплавка укреплено густое сито, к-рое улавливает плавающие в воде соринки в роде шерстинок, соломинок и пр. Кроме того это сито разбивает воздух на очень тонкие струйки. Для пополнения запаса воды в боковой стенке устроен патрубок, а удаление грязных осадков производится через отверстие в дне П. За уровнем воды можно следить по прикрепленной к поплавку проволоке, которая проходит через крышку П. Кожух П. отлит из чугуна, а поплавок и сито сделаны из латуни. На фиг. 27 изображен П. трактора Фордзон, работающий по тому же принципу, где *а*—направление входа воздуха, *б*—отражатель воздуха, *в*—направляющая труба с открытым нижним концом и закрытым верхним, *г*—главная воздушная труба к карбюратору, *д*—малая воздушная труба к карбюратору, *е*—уровень воды, *ж*—поплавок, *з*—направление в карбюратор. Масляный П. Delbag (фиг. 28) состоит из разъемного жестяного цилиндрич. кожуха, в котором помещается решето, наполненное большим количеством маленьких тонкостенных трубочек, смоченных маслом. Воздух поступает снизу, проходит сквозь слой промасленных трубочек *а* и

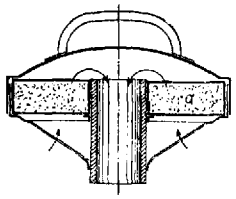


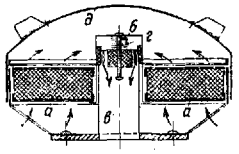
Фиг 26.



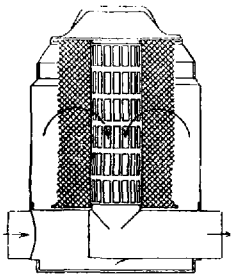
Фиг. 27.

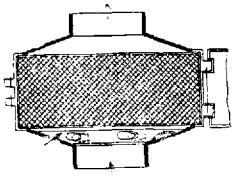
уходит к карбюратору по трубе. На фиг. 29 изображен П. сист. Delbag с автоматич. затвором. Решето *а* покоится на фланце колпака *б*, перекрывающего всасывающую трубу *в*; в колпаке и во всасывающей трубе


Фиг. 28.

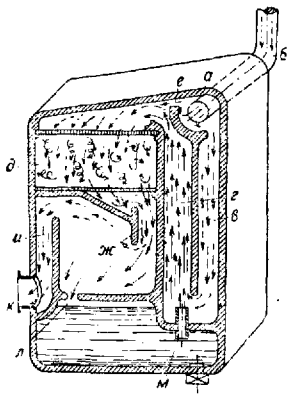

Фиг. 29.

имеются прорезы, совпадающие друг с другом, когда пружина *г* сжата решетом *а*; но когда верхняя часть кожуха *д* снята и решето вынуто, пружина *г* разжимается и поднимает колпак *б* настолько, что прорезы в нем не совпадают с прорезами во всасывающей трубе, и доступ воздуха в двигатель прекращается. Т. о. П. без фильтрующего решета не допускает работы двигателя. П. сист. Delbag строится еще в виде цилиндрич. кожуха, в к-рый вставлены 2 цилиндра с прорезанными в стенках щелями (фиг. 30). Между этими


Фиг. 30.

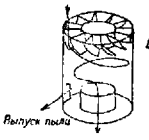

Фиг. 31.

цилиндрами помещены промасленные трубочки. П. системы Hanomag (фиг. 31) устроен по тому же принципу, что и П. системы Delbag, но фильтрующее решето наполнено колечками, и воздух, проходя через очищающий слой, не меняет своего направления. Решето вынимается из кожуха через боковое отверстие, которое закрывается прихлопной дверцей. Для регулировки подогрева засасываемого воздуха на входящей стороне П. снабжен отверстиями для поступления холодного воздуха. Величина отверстий регулируется при помощи цилиндрич. кулисы с такими же отверстиями. На фиг. 32 представлен П. трактора Валлис 12/20 HP. Процесс работы П. состоит в следующем. В отверстие *а* по трубе *б* вследствие разрежения

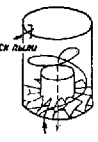

Фиг. 32.

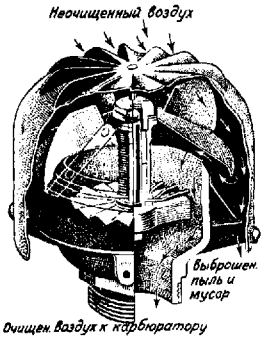
в кожухе П. поступает воздух и направляется частью по каналу *в*, а частью через щель *е* в камеру *д*. Воздух, идущий по каналу *в*, проходит около трубочки *м*, наполненной маслом, и подсасывает нек-рое количество масла в виде мелких капелек, после чего поступает по каналу *г*, смешивается с воздухом, прошедшим через щель *е*, проходит через камеру *д*, наполненную волосяным фильтром, и очищенный идет к карбюратору через отверстия *ж*, *и* и *к*. Грязное масло стекает по стенке и через отверстие *л* попадает в резервуар для масла. Взвешенные капельки масла при повороте воздуха по пути от *ж* до *и* ударяются о дно и перегородку канала *и* и тоже стекают в резервуар.

Центробежный воздухоочиститель Hirth схематически представлен на фиг. 33. Струя входящего воздуха приводится во вращательное движение при помощи направляющих лопаток неподвижного турбинного колеса, вследствие чего содержащаяся в воздухе пыль выбрасывается центробежной силой из струи. Частички пыли, собирающиеся на дне кожуха, выпадают сквозь устроенную в боковой стенке щель. Воздухоочиститель А. С. (фиг. 34) отличается от предыдущего тем, что воздух входит снизу и уходит вниз. В воздухоочистителе Pallas воздух поступает (фиг. 35) через направляющие лопатки внутрь кожуха и попадает там на быстро вращающееся конич. лопастное колесо, приводимое в движение маленькой воздушной турбиной, к-рая расположена во всасывающей трубе. Частички пыли, отнесенные центробежной силой к стенкам кожуха, выдуваются вниз избыточным давлением, образующимся благодаря действию лопастного колеса. Выделению пыли способствует и внезапное изменение направления воздушной струи. К П. с сухой фильтрующей средой принадлежит матерчатый фильтр фирмы Zenith, по конструкции напоминающий мельничные рукавные фильтры, но без встряхивающего приспособления, которое считалось излишним в виду сильной встряски трактора. Сложность обслуживания и выяснившаяся неудовлетворительность работы этого П. сделали его непригодным для тракторных двигателей. П. сист. Lanz (фиг. 36) состоит из 5 надетых друг на друга жестяных цилиндров с пробитыми дырками, напоминающих терку; цилиндры служат фильтрующей средой. Воздух поступает через всасывающий патрубок в пространство между кожухом и внешним цилиндром, проходит последовательно через все цилиндры и выходит через отверстие

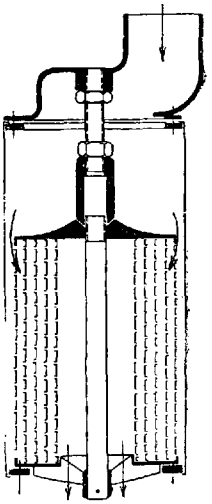


Фиг. 33.


Фиг. 34.

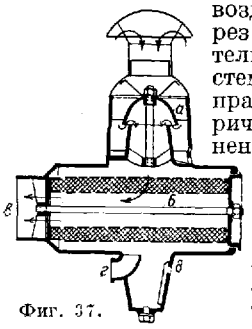


Фиг. 35.


Фиг. 36.

в днище кожуха. Чтобы вынуть фильтр, надо снять днище, к-рое навинчено на закрепленный в кожухе шпиндель.

Из группы комбинированных П. заслуживает внимания сист. Stock (фиг. 37); воздух проходит сперва через центробежный очиститель *а*, напоминающий систему Hirth, а затем направляется через цилиндрическое решето *б*, наполненное конским волосом, к всасывающему патрубку *в*; для увеличения улавливающей способности конский волос смачивается масляными парами, засасываемыми из картера двигателя через патрубок *г*. Чтобы масло не могло конденсироваться и скопляться, пристроенный сбоку сифон *д* отводит из воздухоочистителя масло наружу. К комбинированным типам П. следует отнести П. трактора Интернационал 10/20 HP (фиг. 38), состоящий из двух частей: нижней, в к-рой налито масло, и верхней—собственно П. Воздух поступает в П. по трубе, выведенной вверх, чтобы забирать воздух наиболее чистый. Подводящая труба подходит к корпусу фильтра под острым углом в вертикальном разрезе и по касательной в плане, благодаря чему воздух, входя в фильтр, совершает винтообразное движение, при этом частицы пыли отбрасываются к стенкам фильтра и падают в масло. Воздух ударяется о поверхность масла, захватывает мелкие его частицы и идет в верхнюю часть, где между двумя металлич. сетками расположено большое количество смятой тонкой проволоки. Постоянно смачиваемые маслом сетки и проволока задерживают пыль, оставшуюся в воздухе после прохода через нижнюю часть П. В промежутках между всасываниями воздуха в цилиндры двигателя пыль, осевшая на нижней сетке от сотрясения П., падает вниз в масло.



Фиг. 37.

Испытания Брауншвейгской лабораторией П. выявили, что состав почвы, образующей пыль, не вызывает заметной разницы в степени очищения. При испытании масляных П. системы Delbag (фиг. 28) выяснилось, что при нагрузке в 2 *м³/мин* степень очищения упала с 1,0 вначале до 0,93 после задержки 200 *г* пыли. Сопротивление составляло 110 *мм* вод. ст. Допустимая продолжительность работы при этой нагрузке составляла 14 часов. Из опытов выяснилось, что с возрастающей нагрузкой степень очищения неизбежно падает. Указанная фирмой максимальная нагрузка 200 *м³/ч* представляется допустимой. П., показанный на фиг. 29, м. б. загружен до 300 *м³/ч*, а цилиндрический П. (фиг. 30) до 180 *м³/ч*. П. сист. Hanomag выявил свою непригодность, т. к. очищающей средой у него служили кольца с очень большим диаметром, так что размеры пор были слишком велики. Продолжительность его работы не превышала 0,75 ч. П. сист. Lanz (фиг. 36) при нагрузке в 6 *м³/мин* через 4,5 ч. дал степень очищения 93%, а через 6 ч.—90%. Сопротивление оставалось за все время испытания в допускаемых пределах. Очистка П. от грязи затруднительна. Испытание центробежного очистителя Hirth выявило степень очищения около 80% при нагрузке 3,1 *м³/мин*. Полученная зависимость степени очищения от способа изготовления и формы лопаток показана в табл. 4.

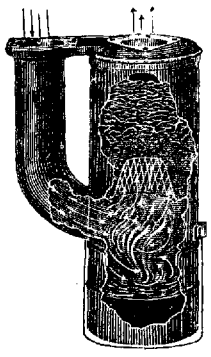

Фиг. 38.

Табл. 4.—Зависимость степени очищения от формы лопаток (в %).

Нагрузка, *м³/мин*	Литые	Штампованные	Расширенные
1	88,6	81,0	83,3
2	89,5	84,0	82,6

Испытание П. сист. Pallas (фиг. 35) показало, что при нагрузке в 3 *м³/мин* $\eta = 92\%$, а при 5 *м³/мин* η доходит почти до 94%. Полотняный П. сист. Zenith не позволяет его загружать выше 3 *м³/мин*, т. к. степень очищения при этом падает ниже 95%. Прочистка грязного П. очень затруднительна. В сырую погоду возможно залипание ткани. Комбинированный П. сист. Stock дал хорошие результаты. Степень очищения 98%. Сопротивление в течение 10-часового дня не превышало 150 *мм* вод. ст. Данные испытания всех П. сведены в табл. 5.

Табл. 5.—Сравнительная характеристика пылеуловителей.

Марка	Степень очищения	Допускаемая нагрузка, *м³/мин*	Вес, *кг*
Renault	0,97	2,8	43,80
Delbag (гриб)	0,95	3,3	1,37
Delbag (автом.)	0,95	5,0	4,46
Delbag (цилиндр)	0,95	3,0	2,13
Hanomag	—	—	2,60
Lanz	0,95	4,0	11,20
Donaldson	0,98	3,0	1,85
Hirth	0,80	3,1	0,37
A. C.	0,87	5,0	0,30
Pallas	0,94	5,0	0,85
Zenith	0,95	3,0	1,30
Stock	0,98	2,0	7,35

Занимаемое пространство и вес П. для нормальных тракторов большого значения не имеют. По стоимости дешевле всех центробежные. Эксплоатационные расходы больше всех у масляных П.; одинаковы с ними по расходу матерчатые, затем идут водяные и наконец центробежные, почти не требующие никакого ухода.

П. для автомобильных двигателей построены на тех же принципах, но благодаря меньшей напряженности работы имеют обычно и меньшие размеры.

Лит.: Ритшель Г. и Браббе К., Центральное отопление и вентиляция, пер. с нем., 7 издание, т. 1—2, Харьков, 1928; Гартман К., Вентиляция промышленных заведений, пер. с нем., Москва, 1926; Будников П. П., Химическая технология минеральных веществ, Иваново-Вознесенск, 1927; Вейнер М., Электрич. очистка газов, Л., 1930; Мельдау Р., Пыль в производстве и способы ее удаления, пер. с нем., М., 1931; Мондье А., Технич. физика, пер. с франц., М.—Л., 1930; Джиббс В. Е., Пыль и ее опасность в промышленности, пер. с английского,

Л., 1930; Чаплин В. М., Курс отопления и вентиляции, вып. 2, 2 изд., М.—Л., 1928; Ермаков Ю. Е., Система Котреля и циклоны как метод улавливания пыли, Сборн. «Из опыта капитального строительства текстильной промышленности», Москва, 1930; Карельских Д. К., Фильтрование воздуха для двигателей тракторов и автоплугов, «Бюллетень НАМИ», Москва, 1923; Будников П., Электрич. способ очистки газов, «ЖХП», 1925, т. 1, 2; Смухнин П. Н., Центробежные пылеотделители-циклоны. «Известия Военно-технической академии РККА имени тов. Дзержинского», Л., 1930, т. 2; Изгарышев Н. А., Физико-химич. методы борьбы с дымами и туманами, «Труды I Всесоюзн. съезда по проф. гигиене и технике безопасности», Москва, 1926; Котельников Г. Н., Электронасаждение по способу Котреля, Сборник «Вентиляция промышленных предприятий», под ред. М. Г. Рафес и П. И. Синева, М., 1929; Вейнер М. А., Электрофильтры (газоочистители), Технич. условия на импортное оборудование, М., 1930; Фабрикант М. Б., Об испытании воздухоочистителей, «Изв. отдела машиноведения Гос. ин-та опытной агрономии», Л., 1929, серия 2, т. 2, выпуск 4; Фокин Л. Ф., Методы и орудия химич. техники. ч. 1. Обработка газов, П.—М., 1923; Грановский Р. Г., Мокрый способ обеспыливания и очистки дымовых газов. «Тепло и сила», 1930, 5; Черноба ев Д. А., ЖХП, 1930, т. 7, 2—3; Gibbs W., Clouds a. Smokes, L., 1924. **В. Кучерук.**

ПЫЛЬ. В обычном, принятом в технике понимании этого термина П. называются газодисперсные системы (или только дисперсная фаза этих систем), в к-рых диаметр взвешенных пылевых частиц колеблется от 0,1 *мм* (мелкие песчинки и каменная П., носящиеся в воздухе в ветреный день) до 0,00001 *мм* (частицы сигарного дыма). В более строгом физич. смысле термином П. обозначают лишь газодисперсные системы (аэрозоли) с диаметром твердых или жидких частиц порядка 0,1÷0,01 *мм*; системы же с частицами меньших размеров рассматривают как *дымы и туманы* (см.).

Атмосфера непрерывно получает большие количества П., частицы почвы поднимаются в воздух под действием ветра, частицы золы и копоти поднимаются из труб фабрик и з-дов и долго удерживаются в воздухе прежде чем вновь опуститься на землю. При извержениях вулканов мелкая П. заносится мощными воздушными токами в верхние слои атмосферы и при благоприятных воздушных течениях может оставаться в суспендированном состоянии в течение ряда лет. Кроме П. земного происхождения в атмосферу поступает также П. из межпланетного пространства—распыленные продукты распада метеоритов и потоки П. с солнца. При диам. частиц $>1\ \mu$ П. сравнительно скоро осаждается из воздуха и рассматривается как временное загрязнение; пыль из частиц с диам. $<1\ \mu$ очень долго остается в суспендированном состоянии и называется постоянным загрязнением. Запыленность атмосферы можно разделить на 4 основных слоя. Первый, относительно густой пылевой слой расположен непосредственно над землей и простирается примерно на 1 *км* от поверхности земли. Пыль в нем большей частью грубая, легко оседающая. Второй слой имеет высоту почти до 4 *км* и состоит из более мелких частиц, уносимых вверх конвекционными воздушными токами. Третий слой занимает пространство по высоте 4—10 *км* и состоит из очень мелких частиц П., поднимающихся на такую высоту из нижних слоев лишь в исключительных случаях в результате циклонов или вулканич. извержений, создающих восходящие токи воздуха огромной силы. Еще выше расположен слой П. космического происхождения; иногда к ней примешивается земная пыль, поднимаемая на такую высоту при исключительно сильных извержениях; этот последний слой П. простирается до самых границ земной атмосферы.

Во многих производствах нормальная запыленность воздуха значительно увеличивается пылью, образующейся в процессе производства. П. в промышленности образуется в большинстве случаев путем дезинтеграции твердого или жидкого тела и может состоять из частиц обрабатываемого материала и орудий производства. Если обычная уличная П. очень разнообразна по своему происхождению и состоит из обрывков тканей, волос, насекомых, частиц почвы, сажи и копоти, органич. веществ от отбросов и гниющих листьев и растений, плесневых спор, пыльцы растений и пр., то производственная П. большей частью однородна и по своему составу всегда характерна для данного вида производства. Различные виды производственной П. можно классифицировать по происхождению следующим образом:

А. Органич. П.	I. Растительная	Пеньковая, льняная, джутовая, хлопковая, древесная, табачная, мучная, сахарная, угольная и пр.
	II. Животная	Шерстяная, роговая, костяная, меховая, кожаная, пуховая
Б. Неорганич. П.	I. Металлическая	Железная, чугунная, стальная, медная, цинковая, свинцовая и пр.
	II. Минеральная	Наждачная, песчаная, цементная, ультрамариновая, пикриновая, стеклянная, фарфоровая, известковая и пр.

Различают 3 состояния производственной П. во взвешенном состоянии в зависимости от размеров составляющих аэрозоль частиц, иными словами—от степени дисперсности. 1) П., диам. частиц к-рой превышает 10^{-3} *см*; в неподвижном воздухе такие частицы оседают с возрастающей скоростью и не диффундируют. 2) П., в которой диаметр частиц колеблется от 10^{-3} до 10^{-5} *см*; такие частицы оседают в неподвижном воздухе с постоянной скоростью, пропорциональной их уд. весу и квадрату радиуса (закон Стокса, см. *Дымы и туманы*), и практически также не способны диффундировать. 3) Дымы, в к-рых диам. частиц колеблется от 10^{-5} до 10^{-7} *см*; таким частицам свойственно активное броуновское движение, т. е. способность к самостоятельной диффузии; в неподвижном воздухе практически их можно считать неосаждающимися.

Санитарное значение П. зависит от ее происхождения, химич. состава, степени растворимости, формы частиц, твердости и в значительной мере от размера пылевых частиц. По размеру частиц санитарное значение П. можно характеризовать след. обр.: частицы меньше 0,2 μ заносятся в легкие с трудом и встречаются в них редко; санитарное значение их ничтожно. Частицы порядка 0,2—5 μ легко заносятся в легкие и больше всего остаются в них; наиболее вредны в санитарном отношении. Частицы 5—10 μ могут заноситься в легкие, но встречаются в них редко. Частицы 10—50 μ в легкие почти не проникают, т. к. задерживаются верхними дыхательными путями; санитарное значение их невелико. Частицы

более 50 μ в легкие не проникают; их санитарное значение ничтожно. Количество П. в воздухе зависит от ряда причин. Главным источником пылевыделения в наружный воздух является верхний покров почвы. Поэтому в городах при отсутствии мостовых или при наличии мостовых из легко истирающегося материала, а также вне городов при незначительности растительного покрова (особенно когда верхний слой почвы состоит из мелких частиц глины, лёсса или ила, напр. в нек-рых областях Средней Азии, Аравии и др.) значительные количества П. поднимаются в воздух. Количество П. увеличивается в сухую погоду и в ветреные дни. При снежном покрове количество П. в воздухе резко снижается. В сельских местностях и над морем содержание П. в воздухе не более 1 *мг/м*³ воздуха, в промышленных центрах оно доходит до 5 *мг/м*³, а иногда бывает и значительно больше. Количество, размеры и состав нек-рых видов П. в различных промышленных производствах приведены в табл. 1.

Табл. 1. — Характер различных видов производственной пыли и ее содержание в воздухе рабочих помещений.

№	Место, где взята проба П *1.	Содерж. пыли в *мг/м*³ воздуха	Число пылинок в 1 *см*³	%-ное содержание пылинок различного размера				Примечание
				до 2 μ	2÷6 μ	7÷10 μ	>10 μ	
1	Ультрамариновый завод, просеивательное отделение . . .	412—1 176	—	14,6	30,1	26,7	28,6	Частицы исключительно синего цвета
2	Канатный завод, ческа пеньки	82.4—86,2	—	56,7	11,5	10,4	21,4	Смешанная П. пеньковая и почвенная
3	Монетный двор, отделение плавильных печей	5.9—14.4	—	58,84	23.04	11,86	6,26	Металлич. пыль Найден свинец до 3 *мг*
4	Катушечный завод, у шкуровального стола	451—496	—	64,4	18,7	11,0	5,9	Древесная П., стекло, наждак
5	Завод карбида кальция, у дробилки	9,8—25,6	—	10,8	17,1	21,7	50,4	Карбид кальция, уголь и известь
6	Табачная фабрика, трясильные машины	75—254	1 700—2 000	41,6 *2	37,4 *3	11,4 *4	9,6	Содержание никотина в П. 1,23—1,34%. Золы ~ 40%.
7	Льночесальное отделение . . .	43,46	570	48,6 *2	41,9 *3	6,87 *4	2,63	

*1 Пробы №№ 1, 2, 3, 4, 5, 7 брались в воздухе помещения; проба № 6 бралась в вытяжном воздухе.
*2 До 1 μ. *3 1÷5 μ. *4 6÷10 μ.

Содержание П. в воздухе промышленных предприятий необходимо доводить до возможно малой концентрации, т. к. она вызывает целый ряд хронических заболеваний (главным образом дыхательных и пищеварительных органов) и кроме того при известных условиях способна воспламеняться и взрывать с большой силой.

Воспламеняемость и взрывы. П. Уилер (Wheeler), основываясь на результатах своих опытов, разбил различные виды П. на три класса по способности воспламеняться: 1) легко воспламеняющаяся пыль с быстрым распространением пламени; источник тепла, необходимый для воспламенения, может быть очень незначительным, например зажженная спичка; 2) П. загорающаяся легко, но для распространения пламени требующая источник тепла бо́льших размеров и с более высокой $t°$ или более длительно действующий; 3) пыль, в которой при условиях, существующих на фабриках и заводах, пламя обычно не распространяется. Из технич. материалов наиболее легко воспламеняющимися являются следующие: сахар, декстрин, крахмал, какао, рис, солод, мука, кукуруза, чай, а также нек-рые сорта угля. Распространение горения в облаке П. зависит от скорости горения, уд. теплоемкости и теплопроводности пылевого облака. Чем меньше частица пыли, тем больше ее удельная поверхность, способствующая более легкому и более быстрому соединению с окружающим частицу кислородом. С другой стороны, чем мельче частицы, тем (при одной и той же весовой концентрации) они расположены ближе друг к другу и легче передают начавшееся горение от одной частицы к другой по всему облаку. Мелкие частицы с поперечником $< 10^{-5}$ *см*, присутствующие в нек-ром количестве во всякой П., находятся в активном броуновском движении и способствуют более быстрой передаче начавшегося горения. Из этого ясно, что воспламеняемость П. увеличивается вместе с увеличением ее измельченности. Вместе с тем существует оптимальная концентрация П., обусловливающая наиболее быстрое и полное горение, а также верхний и нижний пределы концентрации, за которыми пыль перестает воспламеняться и взрывать. Обычно предельная (низшая) взрывчатая концентрация П. во много раз превышает нормальную концентрацию П. в воздухе промышленных предприятий. Так напр., минимальная концентрация, при которой угольная П. становится взрывчатой, колеблется в пределах 23—40 *г* на *м*³ в зависимости от характера угля. В наиболее взрывчатых видах П. низший предел взрывчатой концентрации колеблется в пределах от 50 до 2 *г/м*³ (табл. 2).

Табл. 2.—Минимальная концентрация П., способная дать взрыв.

Пыль	В *мг/л* воздуха		
	Раскален. тело	Вольт. дуга	Искра от индукц. тока
Крахмал	7	10,3	13,7
Маисовый элеватор	10,3	10,3	13,7
Пшеничный элеватор	10,3	10,3	*1
Сера	7,0	13,7	13,7
Сахар	10,3	17,2	34,4
Алюминий	7,0	7,0	13,7
Каменный уголь	17,2	24,1	*2

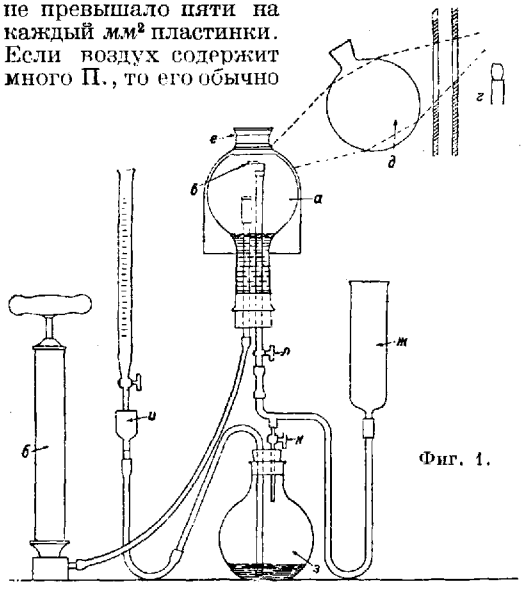
*1 Не дает хорошего распространения. *2 Нет возгорания.

Строение частиц и химический состав П. тоже влияют на воспламенение и горение. Рыхлые, пористые частицы легче адсорбируют кислород и поэтому легче загораются и быстрее сгорают. Пары горючих веществ способствуют воспламенению и горению П., а влага, отнимая тепло на испарение, замедляет горение. Таким же задерживающим горение свойством обладают инертные вещества, содержащиеся в П., к-рые характеризуются зольностью П. Поэтому увлажнение и примешивание к взрывчатой П. инертной П. часто практикуется в некоторых пыльных производствах. То же достигается введением в аэрозоль инертного газа, напр. дымовых газов; этим снижается концентрация кислорода в дисперсионной среде до предела, недостаточного для воспламенения аэрозоля. Воспламенение П. происходит обычно под влиянием каких-либо источников нагревания, но иногда может произойти самовозгорание П. в результате интенсивного окисления или от электрич. разряда внутри облака П., наэлектризованного вследствие трения частиц. Для предотвращения воспламенения и взрыва пыли в промышленных предприятиях необходимо предпринимать целый ряд предупредительных мер, т. к. борьба с уже начавшимся горением П. безуспешна в виду большой скорости горения и зачастую сопровождающих горение взрывов. Основными мерами предупреждения воспламенения и взрыва являются: недопущение опасной концентрации пылевого облака в воздухе помещения или внутри кожуха машины, просасывание через помещение или через кожух воздуха в объеме, достаточном для соответствующего разбавления концентрации П., а также содержание в чистоте помещений и машин (своевременная уборка накопляющейся П.) и устранение возможных источников нагревания. В вентиляционных установках для удаления взрывчатой П. необходимо вентилятор помещать после фильтра, так как нередки случаи, когда взрывы происходили от искры, образовавшейся от случайного задевания крыла за кожух вентилятора. При вальцовых и др. раздробляющих аппаратах для устранения возможности воспламенения от искры, образовавшейся при случайном попадании в аппарат железных или стальных частиц, ставят магнитные задерживающие приспособления, а также делают приспособления для предотвращения закупорки транспортных устройств при задержке движения раздробленного материала. Пользование незащищенным пламенем в помещениях, запыленных горючей П., должно быть запрещено; электрические лампы надлежит заключать в предохранительные стеклянные колпаки. Все нагретые поверхности, в том числе и приборы отопления, должны систематически очищаться от оседающей на них П., лучше всего пылесосами, т. к. последние не дают пылевого облака, образующегося при сметании и сдувании П. Опасность воспламенения П. от вольтовой дуги, образующейся при коротком замыкании в электропроводке или при перегорании предохранителей и выключении рубильников, д. б. устранена устройством закрытых предохранителей и выключателей и тщательным надзором за электропроводкой. Накопление статического электричества должно быть устранено надежным заземлением соответствующих частей оборудования. Наконец там, где предотвратить облака пыли с опасной концентрацией невозможно, остается примешивать к пылевому облаку инертный газ или инертную П. Для предотвращения распространения уже начавшегося взрыва в транспортных системах устраивают приспособления для постоянного разобщения отдельных участков системы друг от друга (в виде постоянного заполнения всего сечения материалом, применения вращающихся клапанов и т. д.) и на каждом изолированном участке ставят трубу достаточного сечения. Труба имеет клапан, легко открывающийся в атмосферу даже при незначительном повышении давления в системе, благодаря чему падает образовавшееся при взрыве избыточное давление и сохраняется в целости транспортная система.

Исследование П. Физич. структура П. определяется размерами частиц ее дисперсной фазы (степенью дисперсности), числом частиц в 1 *см*³, а также характером и скоростью их движения в дисперсионной среде. Размеры частиц П. могут быть определены путем осаждения их на экране—предметном стекле микроскопа, покрытом слоем глицерина, вазелина, масла или канадского бальзама, после чего производят подсчет частиц (с разбивкой их на % по характерным размерам—см. табл. 1).

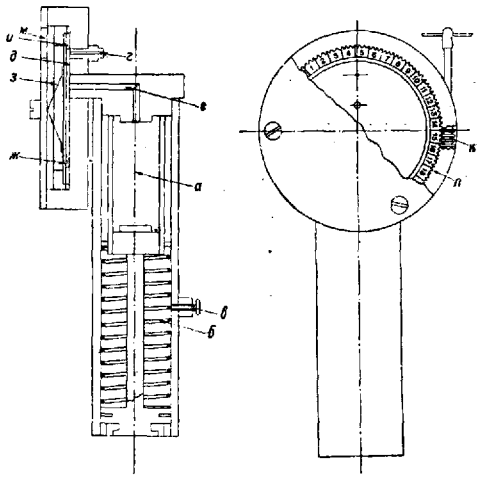
Для определения числа пылинок в 1 *см*³ воздуха Пальмер предложил метод, при котором определенный объем воздуха протягивается через промывалку, где происходит тесное перемешивание П. с мелкими брызгами воды, после чего подсчитывается число частиц в определенном объеме воды. Метод недостаточно точный; лучшие результаты получаются при более крупных частицах, а также при небольшом их числе в 1 *см*³ воздуха. Аппарат Айткена для определения числа пылинок в 1 *см*³ воздуха основан на насыщении воздуха водой и конденсации ее на пылинках под влиянием охлаждения, вызванного внезапным расширением воздуха. Счетчик П. Айткена (фиг. 1) состоит из стеклянного шара *а*, в котором испытуемый воздух сперва насыщается парами воды, а затем охлаждается путем адиабатического расширения, производимого насосом *б*. Образовавшиеся на пылинках капельки воды оседают на микрометре *в* из полированного серебра; микрометр разме-

ром в 1 *см*² разграфлен на *мм*². Освещение производится источником света *г* через водяную линзу *д*. Объем воздуха, находящийся непосредственно над *в*, точно равен 1 *см*³; поэтому число капелек, осевших на микрометре, соответствует числу ядер конденсации (пылинок), находившихся в 1 *см*³ воздуха. Их подсчет производится с помощью линзы *е*. При определении запыленности какого-нибудь образца воздуха шар *а* предварительно наполняют обеспыленным воздухом через фильтр *жс*; этот воздух путем расширения испытывают на присутствие П.; шар опорожняют и вновь наполняют до тех пор, пока воздух в нем не окажется свободным от П. Испытуемый воздух хранится в колбе *з*. Из бюретки наливают в градуированную воронку *и* 1 *см*³ воды при закрытых кранах *к* и *л*; затем открывают кран *к* до тех пор, пока уровень воды в *и* вновь не дойдет до метки. После этого открывают кран *л* и пыльный воздух засасывается в шар *а* вместе с нек-рым количеством свободного от П. воздуха из *жс*. Выждав нек-рое время, чтобы воздух успел насытиться водяными парами, производят расширение, вновь выжидают, пока капельки осядут на микрометре, и производят их подсчет. Для надежности определения необходимо, чтобы число капель не превышало пяти на каждый *мм*² пластинки. Если воздух содержит много П., то его обычно



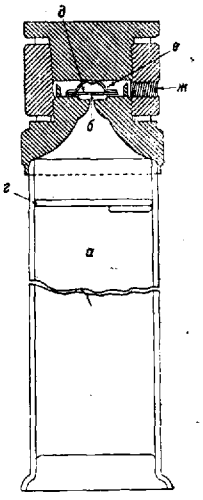
Фиг. 1.

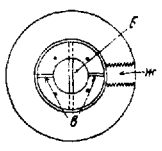
предварительно разбавляют большим количеством чистого воздуха, а затем уже вводят 1 *см*³ смеси в камеру для расширения. Число ядер конденсации в 1 *см*³ испытуемого воздуха получается умножением числа капелек, сосчитанных на 1 *мм*², на 100 (объем испытуемого воздуха = 1 *см*³), на степень разведения чистым воздухом и на степень расширения. Если степень расширения сравнительно велика ($v_2 : v_1 > 1{,}25$), то ядрами конденсации могут служить сами газовые ионы и данные о концентрации П. получатся преувеличенными. Для работ на производстве при многочисленных заборах проб П. в короткое время наиболее удобен метод удара о стекло с липкой поверхностью, как это сделано в конимет р е Котце, или метод совместного действия удара и конденсации влаги на пылевых частицах, как это осуществлено в счетчике пылевых частиц Оуенса. На фиг. 2 изо-



Фиг. 2.

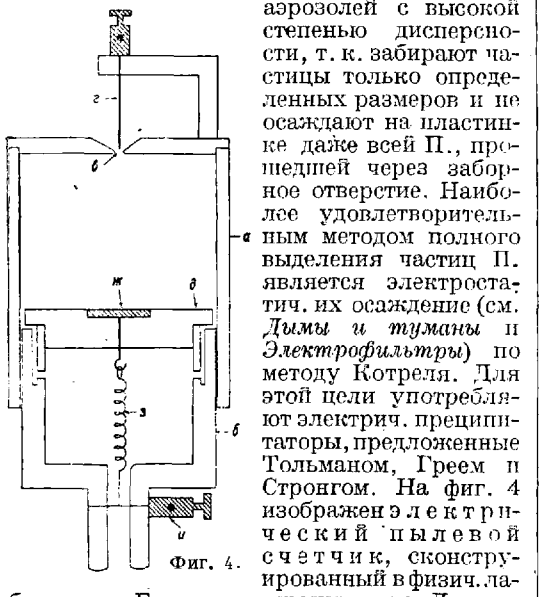
бражен общий вид кониметра Котце. Поршневой насос с емкостью цилиндра *а* в 5 *см*³, поршень к-рого приводится в действие спиральной пружиной *б*, задерживаемой в сжатом состоянии и освобождаемой в нужный момент спуском *в*, просасывает запыленный воздух через заборную щель *г* в камеру *д* и соединительный канал *е*. Пыльный воздух проходит с большой скоростью через канал *г*, ударяется о стекло *жс*, смазанное липким веществом, и прилипает к нему. Стекло в виде кружочка прижимается пружиной *з* к эбонитовому кольцу *и* и может с помощью ручки с червяком *к* и зубчатой нарезки на кольце *л* поворачиваться и подводить к отверстию *г* каждый раз новый участок стекла. Циферблат, нанесенный на кольце с зубчатой нарезкой, служит для фиксирования определенного места на стекле. Цифра видна через отверстие *м* в металлич. крышке. Достоинствами кониметра Котце являются большая портативность прибора, возможность брать подряд значительное число проб без перезарядки прибора, постоянная скорость просасывания воздуха и полнота задержания П. (до 100%); недостатками являются— малый объем засасываемого насосом воздуха, затруднительность подсчета частиц под микроскопом при значительном их содержании (>600—800 в *см*³) и смазывание липким веществом, что вносит известные неудобства и стеснение при работе с различными П. Аппарат Оуенса (фиг. 3) представляет



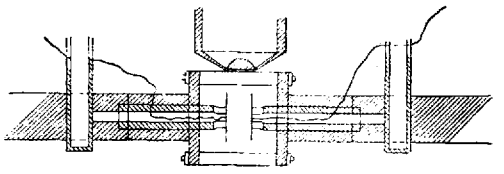


Фиг. 3.

собою ручной поршневой насос (на фиг. не изображен), привинчиваемый к отверстию с резьбой *эк*. Рабочий объем цилиндра насоса равен 50 *см*³. Воздух в зависимости от запыленности (чтобы ясно была заметна невооруженным глазом пыльная дорожка) одним быстрым качанием или несколькими, следующими с нек-рыми промежутками друг за другом, просасывается через трубку *а*, затем через узкую щель *б* шириной в 0,1 *мм* и длиной 10 *мм* и каналы *в*. Проходя трубку *а*, стенки к-рой обложены влажной фильтровальной бумагой, придерживаемой пружиной *г*, воздух насыщается водяными парами; поступая через щель *б* со скоростью до $2{,}5\times10^4$ *см/сек* в камеру осаждения П., он резко расширяется и охлаждается. Водяные пары конденсируются на пылинках, и при столкновении с покровным стеклом *д* пылинки легко к нему прилипают. Покровное стекло прижимается пружиной *е*; *эк*—место соединения насоса с камерой. Подсчет частиц производится при помощи микрометрич. окуляра, имеющего стекло с нанесенной на нем сеткой. Установлено, что аппарат улавливает около 90% суспендированной П. и притом до определенного размера (сферич. пылинки до 15—20 μ, отдельные экземпляры до 40—50 μ). Методы Оуенса, Котце и Айткена неприменимы для аэрозолей с высокой степенью дисперсности, т. к. забирают частицы только определенных размеров и не осаждают на пластинке даже всей П., прошедшей через заборное отверстие. Наиболее удовлетворительным методом полного выделения частиц П. является электростатич. их осаждение (см. *Дымы и туманы* и *Электрофильтры*) по методу Котреля. Для этой цели употребляют электрич. преципитаторы, предложенные Тольманом, Греем и Стронгом. На фиг. 4 изображен электрический пылевой счетчик, сконструированный в физич. лаборатории Гос. ин-та охраны труда. Два цилиндра, один *а* из стекла, другой *б* из эбонита, надеваются друг на друга. В крышке цилиндра *а* имеется круглое отверстие *в* диаметром в 1 *мм*, служащее для затягивания воздуха. В отверстие вставлена острая игла *г* толщиной ок. 0,5 *мм*; между иглой и стенками отверстия *в* имеется кольцевидный промежуток. В цилиндр *б* вставлен эбонитовый диск *д* диам. 5 *см*, имеющий круглую металлическую сердцевину *эк* диам. 1,6 *см*; последняя пружиной *з* соединяется с клеммой *и*. Между стенками диска *д* и цилиндра *б* сделан ряд симметрично расположенных отверстий для прохода воздуха из верхнего цилиндра в нижний. На иглу *г* и диск *эк* накладывается высокая разность потенциалов (при опытах с этим счетчиком применялось напряжение в 12 000 V). Подсчет осевших частиц П. на диске *эк* производится в отраженном свете. Наиболее тонкие виды П. (дымы) исследуются в ультрамикроскопич. кюветке (фиг. 5), к-рая наполняется испытуемым аэрозолем и рассматривается под микроскопом; этим же способом устанавливают характер и скорость движения частиц в дисперсионной среде, а также



Фиг. 4.

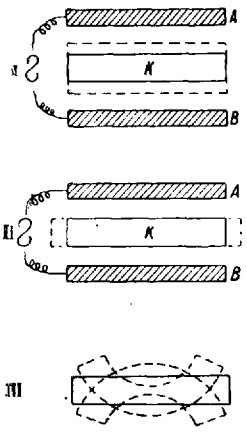

Фиг. 5.

изменение числа и размеров частиц в различные промежутки времени. Для определения весовой концентрации П. в воздухе служит метод механич. фильтрации; он м. б. применен с успехом лишь для сравнительно грубых аэрозолей и преимущественно таких, у к-рых концентрация дисперсной фазы высокая. Применяемые фильтры задерживают частицы размером > 1 μ почти на 100%; для более мелких частиц % задержания сильно падает и по отношению напр. к частицам табачного дыма ($\sim 0{,}25$ μ) задерживающая способность фильтров достигает лишь 43%. Для таких частиц применяется описанная выше электрическая преципитация со взвешиванием осадка на микровесах. Кроме непосредственного взвешивания задержанной фильтром П. применяют также и колориметрич. методы определения концентрации: напр. через фильтр из белой фильтровальной бумаги просасывают определенный объем аэрозоля и полученную степень окраски фильтра сравнивают со стандартными образцами. В некоторых случаях применяют фильтры из растворимого вещества, например коллодия, сахара и пр., к-рые после фильтрации П. растворяют в соответствующем растворителе и в известной порции раствора подсчитывают число частиц (при нерастворимой П.) или сравнивают интенсивность окраски раствора со стандартом. См. также *Дымы и туманы*.

Лит.: Гиббс В., Аэрозоли, пер. с англ., Л., 1929; Джиббс В. Е., Пыль и ее опасность в промышленности, пер. с англ., Л., 1930; Мельдау Р., Пыль в производстве и способы ее удаления, перев. с нем., Москва, 1931; Гродзовский М., Анализ воздуха в промышленных предприятиях, М., 1925; Маршак М. Е., Промышленная пыль и борьба с нею, М., 1926; Пик Ц. и Брумштейн В., Методика применения аппарата Оуенса для исследования запыленности воздуха рабочих помещений, «Гигиена, безопасность и патология труда», М., 1929, *2*; Миллер С. В., К методике колич. определения пыли в воздухе, там же, М., 1929; Бурштейн А. И., Методика качественного учета «пылевого фактора» воздуха, там же, *10*; Блинов И., К вопросу об определении пыли в воздухе при помощи электрич. фильтра, там же, 1930, *7*; Вигдорчик Е. А., К методике определения оседающей пыли, там же; Хохряков К. П., Методика микроскопич. и микрохимич. определений состава пыли промышленных предприятий, «Труды научно-исследовательской секции охраны труда Ленинградского ГОТ'а», Л., 1927, т. 1, выпуск 1—2; Пигулевский Г. В., Материалы по изучению запыленности промышленных предприятий Ленинграда, там же; Предводителев А. С. и Витт, Стеклянные микровесы, «Журн. прикладной физики», М.—Л., 1928; Вигдорчик Е. А., Определение запыленности воздуха по методу Owens'a, «Гигиена и эпидемиология, М., 1928, *11*; Изгарышев Н. А., Физико-химические методы борьбы с дымами и туманами, «Труды I Всесоюзного съезда по профессиональной

гигиене и технике безопасности», М., 1926; Карминский М. С., Материалы по морфологии, микрометрии и удельному весу промышленной пыли, Пыль и пылевая патология, «Труды и материалы Укр. гос. ин-та патологии и гигиены труда, Харьков, 1930, вып. 10; Сахновский Я. Д., Определение эффективности фильтрующих вкладышей противопылевых респираторов, там же; «General Report of the Miners Phthisis Prevention Committee», Union of South Africa, Johannesburg, 1916; «Final Report of the Miners, Phthisis Prevention Committee», ibid., 1919. **В. Кучерук.**

ПЬЕЗОКВАРЦ, кварцевая пластинка, в которой механич. колебания вызваны переменным электрич. полем. Механич. колебания возможны во всяком упругом теле, следовательно и в кварце. Главные их формы показаны на фигуре (в сильно увеличенном виде): I—колебания по толщине; II—колебания по длине; III—изгибательные колебания. В кварце они создаются переменным электрич. полем, создаваемым подводимыми от внешнего источника зарядами на электроды *A*, *B* и вызывающими пьезоэлектрич. сжатия и расширения. Пластинки в случаях I и II вырезаются перпендикулярно к электрич. оси кристалла (см. *Пьезоэлектричество*); в случае III пластинка вырезается вдоль по электрич. оси (расположение электродов сложнее). Практически заметные колебания получаются, если частота переменного электрич. поля совпадает с частотою собственных колебаний кристалла, последняя же определяется размерами кристалла. В случаях I и II такая резонансная частота вычисляется по ф-ле $\lambda = 110\ l$, где l—размер кварцевой пластинки по направлению колебаний, выраженный в *мм*, а λ—длина в *м* радиоволны, соответствующей по числу колебаний резонансной частоте, напр. пластинка в 3 *мм* толщиною приводится в колебание переменным электрич. полем, к-рому соответствует длина радиоволны в 330 *м*, т. е. имеющим частоту ок. 900 000 колебаний в ск. Возможны также и обертоны, т. е. колебания тех же пластинок с частотами, кратными от вышеуказанных основных. Изгибательные колебания вообще имеют меньшие частоты.



Применения П. весьма многочисленны и разнообразны. Пьезокварцевая пластинка употребляется как волноуказатель и как стандарт частоты (Кэди, 1922 г.), особенно будучи помещена в разреженный газ (Гибе и Шайбе, 1926 г.), где она светится при резонансе; монтировка имеет внешний вид электрич. лампы. Этим и аналогичными способами приготовлены стандарты и волноуказатели на самые различные частоты, начиная от самых коротких радиотелеграфных до 1 000 колебаний в ск., т. е. на не очень высокую звуковую частоту. Достигаемая при этом точность определения частоты весьма велика (до тысячных долей %) и обусловлена чрезвычайно малым затуханием колеблющихся пьезокварцевых пластинок, вследствие чего кривая резонанса очень остра. Влияние $t°$ на собственную частоту также очень невелико. Недавно наконец введены кольцевые П., дающие еще лучшие результаты. Далее П. употребляются как стабилизаторы и генераторы радиочастот в самых различных схемах с электронными лампами, давая также прекрасные результаты. Основанием к этому является то обстоятельство, что П. при наложении на него переменного электрич. поля ведет себя совершенно так же, как колебательный электрич. контур, содержащий сопротивление, емкость и самоиндукцию, причем сопротивление и емкость весьма малы, а самоиндукция весьма велика. Радиостанции, снабженные пьезокварцевыми передатчиками, имеют весьма устойчивую длину волны (см. *Ламповый генератор*). Кварцевая стабилизация возможна почти для всех радиочастот (см. *Стабилизация частоты*).

Если кварц, колеблющийся по толщине, поместить в жидкость, то его колебания вызывают в ней весьма мощные волны, обладающие всеми свойствами звуковых, но с весьма малой длиной волны, определяемой резонансной частотою кварцевой пластинки, и названные поэтому ультразвуковыми; такие же волны, только меньшей мощности, имеют место и в воздухе. При этом происходит ряд явлений, многие из к-рых впервые на этих опытах и обнаружены. Так, наблюдается ветер (и в жидкостях и в воздухе) настолько сильный, что Мейснер устроил на этом принципе маленький двигатель; поднятие и разбрызгивание жидкости, если волны падают изнутри на ее поверхность (Вуд, 1927 г.); физиологич. действия (разрушение водорослей, смерть рыбок). Наконец (Ланжевен, 1917—1921 гг.) был построен подводный ультразвуковой передатчик и приемник, служащие для сигнализации (см. *Звук*, Подводная акустика) и для определения глубин методом отражения от дна. **Н. Андреев.**

Лит.: см. *Пьезоэлектричество*.

ПЬЕЗОМЕТР в физике—прибор для измерения сжимаемости тел (см. *Пьезометрия*). П. в гидравлике представляет собой устройство, служащее для определения пьезометрич. *напора* (см.). В стенке трубы, где желают определить пьезометрич. напор, устраивают отверстие с возможно гладкими плавными кромками так, чтобы никакие выступающие внутрь трубы части не изменили режима движения жидкости по трубе. Отверстие снабжается насадкой, к которой присоединяют или трубку с длинным вертикальным отростком или манометр. Если течение жидкости через поперечное сечение трубки, где устроен П., происходит параллельными струйками или это течение может быть рассматриваемо как параллельное движение, то в этом поперечном сечении, на основании законов гидравлики, давление распределяется по гидростатич. закону. Следовательно для всех точек поперечного сечения потока, в том числе и для частиц жидкости, вошедших в трубку П. (пьезометрич. трубку), справедливым будет равенство

$$z + \frac{p}{\gamma} = \text{Const},$$

где z—высота расположения частицы жидкости, протекающей через поперечное сечение трубы, над нек-рой произвольно выбран-

ной горизонтальной плоскостью сравнения; p—давление той же частицы или давление в рассматриваемой точке жидкости; γ—удельный вес жидкости. Величина $\frac{p}{\gamma}$ представляет собою как-раз ту высоту, на которую поднимается жидкость в пьезометрич. трубке. Действительно (фиг. 1), если сравнить точку



Фиг. 1.

A внутри жидкости с точкой B на поверхности жидкости в П., то имеем:

$$-z+\frac{p}{\gamma}=-z+x+0,$$

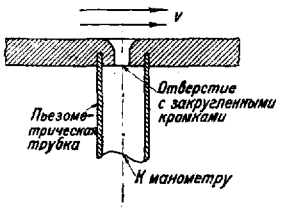
откуда $x=\frac{p}{\gamma}$. Сравнивая точку C с точкой D, имеем:

$$z+\frac{p}{\gamma}=z+a+\frac{p_0}{\gamma},$$

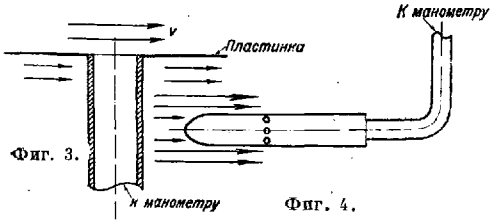
откуда

$$\frac{p}{\gamma}=a+\frac{p_0}{\gamma},$$

где p_0—измеренное по манометру давление. Так. обр., наблюдая за уровнем жидкости в пьезометрической трубке или соответственно измеряя давление p_0 при помощи манометра, мы можем получить представление о пьезометрическ. напоре $\frac{p}{\gamma}$ в любой точке рассматриваемого поперечного сечения трубы. Сопряжение пьезометрич. трубки с трубой видно на фиг. 2. Жидкость в трубе сообщается с жидкостью в П. при помощи отверстия с закругленными кромками. Если желательно измерить пьезометрич. давление не близ стенки трубы, а непосредственно внутри потока, то П. может быть введен внутрь жидкости, причем в последнем случае трубку снабжают или пластинкой, как показано на фиг. 3 (пластинка устанавливается вдоль скорости), или на конец пьезометрической трубки надевают специальный наконечник в форме тела, удобного для обтекания струй, как это показано на фиг. 4.



Фиг. 2.



Фиг. 3. Фиг. 4.

В боковой поверхности наконечника имеется ряд отверстий, служащих для пропуска жидкости внутрь П.

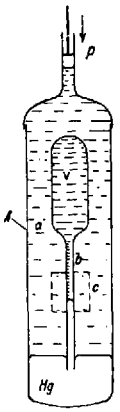
Лит.: Павловский Н., Курс гидравлики, ч. 1, Л., 1930; Pöschl Th., Lehrbuch d. Hydraulik, B., 1924; Banki D., Energieumwandlungen in Flüssigkeiten, B., 1921. **В. Бриллинг.**

ПЬЕЗОМЕТРИЯ, учение об измерении сжимаемости тел с помощью приборов, называемых пьезометрами. Сжимаемостью, или коэфициентом сжимаемости, $\varkappa$ называется относительное уменьшение объема V тела при увеличении всестороннего давления p на единицу.

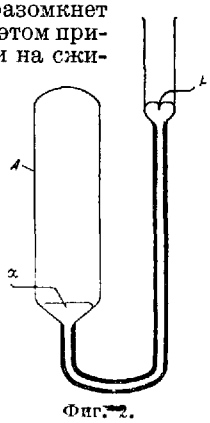
$$\varkappa=-\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T \text{ или } \varkappa=-\frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta p}.$$

$\varkappa$ имеет размерность, обратную размерности давления $[\varkappa]=[p]^{-1}$, и измеряется в CGS-системе в $[\text{бар}]^{-1}$ $\left(\text{бар}=\frac{D}{\text{см}^2}\right)$ или обычно в обратных атмосферах $(atm)^{-1}$. Величина, обратная $\varkappa$ $(k=\varkappa^{-1})$, иногда называется модулем всестороннего сжатия.

Для определения сжимаемости твердых тел и жидкостей пьезометры были впервые построены Эрштедтом в 1822 г. и Реньо в 1847 г. Схема пьезометра изображена на фиг. 1. Давление p передается посредством жидкости a, заполняющей бомбу A; внизу налита ртуть Hg, в к-рую опущен открытый конец градуированного капилляра b, соединенного с пьезометрич. сосудом v с исследуемой жидкостью; при сжатии ртуть поднимается в капилляре, и уменьшение объема ΔV определяется по отсчету положения мениска через окошечко c. Современные пьезометры в работах Ричардса, Бриджмена и Когена состоят обычно из сосуда A (фиг. 2) с сжимаемой жидкостью, заканчивающегося снизу загнутым капилляром с несколькими платиновыми контактами α, β; весь прибор помещается в стальную бомбу и подвергается в ней всестороннему давлению; измеряется то давление, при котором ртуть, отойдя от одного из контактов, разомкнет цепь электрич. тока. При этом приходится вводить поправки на сжимаемость материала самих сосудов (стекла, стали) и ртути. Весьма точн. данные для таких поправок были собраны Амага, исследовавшим сжимаемость газов, жидкостей и твердых тел до $p=3\,000$ atm. Измерения же Бриджмена были продолжены до $p=12\,000\div 15\,000$ atm, причем применялись стальные цилиндры с внешним $\varnothing=5$, с внутренним — 0,6 $см$; для измерения таких давлений применяют: 1) весовые манометры, в которых измеряемое давление стремится переместить вверх поршень определенного сечения и уравновешивается нагрузкой, накладываемой на поршень; 2) манометры сопротивления, в которых измеряется изменение электросопро-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

тивления R манганиновой проволоки при увеличении давления $\left(\frac{dR}{dp}\frac{1}{R}=2\cdot10^{-6}\ atm\right)$; 3) газовые (закрытые) манометры, в к-рых измеряется сжимаемость определенной массы газа с хорошо известной сжимаемостью и 4) обычные ртутные манометры; для более высоких давлений манометры приходится делать весьма длинными (см. *Манометр*). Для твердых тел $\varkappa$ может быть вычислено из упругих констант по следующей формуле:

$$\varkappa = 3\,a\,(1-2\,\mu),$$

где a—коэф. упругости, а μ—коэф. Пуассона (отношение растяжения к поперечному сжатию). См. *Упругость*, *Сопротивление материалов*. Амага определял $\varkappa$ брусков правильной формы, подвергая их всестороннему сжатию и принимая, что все линейные размеры бруска при деформации уменьшаются в одинаковое число раз; отсюда

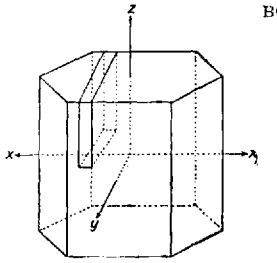
$$\varkappa = \frac{3}{\Delta p}\cdot\frac{\Delta l^{max}}{l},$$

где Δl—наблюдаемое относительное укорочение бруска.

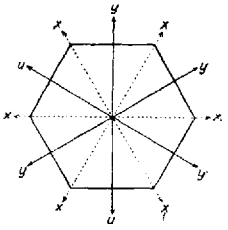
Сжимаемость газов, т. е. отклонение их от ур-ия состояния $pV=RT$, исследовалась в особенности Амага, Менделеевым, Гольборном, Бриджменом, а при низких $t°$—криогенной Лейденской лабораторией под руководством Каммерлинга-Оннеса, а затем Кеезома и Кроммелина (см. *Газ*). В пределе для газов, близких к идеальному состоянию, уравнение Клапейрона дает $\varkappa$, независящее от природы газа: $\varkappa=\frac{1}{p}$; о связи $\varkappa$ с другими физическими величинами и химич. строением см. *Жидкости*. Числовые значения $\varkappa$ см. *Спр. ТЭ*, т. V, стр. 179, 187, 190.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 1, Берлин, 1923; Менделеев Д., Основы химии, т. 1, 9 изд., М.—Л., 1927; Grüneisen E., «Annales d. Physik», Halle, 1908, B. 25, p. 848, Lpz., 1910, B. 33, p. 1239; Amagat E. H., «Annales de chimie et de physique, P., 1891, série 6, t. 22, p. 95, 1893, série 6, t. 29, p. 68; Bridgman P. W., «Proceeding of the Americ. Acad. of Art a. Sciences», Boston, 1909, v. 44, p. 255, 1911, v. 47, p. 347, 1922, v. 58, p. 165, 1924, v. 59, p. 173; Richards Th. W., «Ztschr. f. physikalische Chemie, Lpz., 1908, B. 61, p. 449, 1910, B. 71, p. 152; «Journ. of the Amer. Chem. Soc.», Easton Pa, 1921, v. 43, p. 1538; Richards Th. W. a. Stull, «Carnegie Institution of Washington Publications», Wsh., 1903, 7, 1907, 76; Cohen E., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1913, B. 84, p. 71; Holborn L., Mess-Methoden u. Mess-Technik, Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. v. Wien u. Harms, B. 1, Lpz., 1926; Holborn L. u. Otto F., «Ztschr. f. Physik», B., 1925, B. 33; Madelung u. Fuchs R., «Ann. d. Phys.», Lpz., 1921, B. 65, p. 289. **П. Ребиндер.**

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВО (пиезоэлектричество), свойство многих тел, гл. обр. кристаллов, обнаруживать электрич. заряды при сжатии или растяжении (прямой пьезоэлектрич. эффект) и менять свои размеры под действием электрич. сил (обратный эффект). Основное явление было открыто братьями Пьером и Жаком Кюри (1880 г.) на кристалле турмалина; ими же были указаны и другие кристаллы. Наиболее детально обследован кварц, на к-ром и были собственно установлены основные законы явления. Если из кристалла кварца (фиг. 1) вырезать пластинку перпендикулярно к оси X, называемой электрической осью, и, наложив на нее с обеих сторон металлич. электроды, соединенные с электрометром, сжать, то электрометр покажет, что на электродах выделились равные и противоположные по знаку электрич. заряды. Количества выделившихся электричеств прямо пропорциональны сдавливающим силам и не зависят ни от площади ни от толщины пластинки. Обратно, если растягивать пластинку в том же направлении, в к-ром производилось сжатие, то на электродах выделяются заряды, противоположные по знаку тем, к-рые выделялись при растяжении. Эти явления и составляют прямой пьезоэлектрич. эффект. Если теперь ту же пластинку поместить в электрич. поле, наэлектризовав наложенные на нее электроды противоположными зарядами, то пластинка сожмется по толщине, если заряды эти выбраны противоположно тем, к-рые образуются при сдавливании, и расширится, если эти заряды совпадают по знаку с теми, к-рые образуются при сдавливании. Это—обратный пьезоэлектрич. эффект, теоретически предсказанный Липпманом (1880 г.) и экспериментально обнаруженный теми же Кюри. Кроме того Кюри обнаружили, что и в направлении оси Y (позднее получившей название механической оси) происходит изменение длины: именно пластинка сокращается в этом направлении, когда заряды, наложенные на поверхности, перпендикулярные к оси X, таковы, что по направлению оси X происходит удлинение; и обратно, если растягивать или сжимать пластинку по направлению оси Y, то на поверхностях, перпендикулярных к оси X, появляются электрич. заряды. Позднее Фохт (к-рому принадлежит весьма полная разработка и исчерпывающее изложение П.) показал, что и в других направлениях в кварце существуют прямой и обратный пьезоэлектрич. эффекты, например при наложении поля в направлении оси Y кристалл перекашивается и т. д. Существуют также направления в кристалле, в которых пьезоэлектрич. эффект не наблюдается, например пластинки кварца, вырезанные перпендикулярно оси Z, при сжатии не электризуются, а при электризации (наложении электрического поля по направлению Z) не деформируются. Как и *пироэлектричество* (см.), П. есть следствие кристаллич. структуры и наблюдается только в кристаллах, которые имеют такие оси симметрии, на концах к-рых кристаллы ограничены различно; только в таких направлениях и проявляются пьезоэлектрич. заряды. В кварце напр. такими направлениями служат электрич. и механич. оси, к-рых собственно 3 пары (фиг. 2), но не оптич. ось Z. Все вышеописанные явления повторяются в любом из этих направлений; кроме того они наблюдаются и во многих других направлениях, хотя и в иных размерах; наконец даже при сложных механич. воздействиях на кристалл, напр. при всестороннем сда-



Фиг. 1.



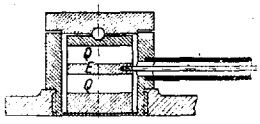
Фиг. 2.

вливании (турмалин, но не кварц). Пьезоэлектрич. свойствам кристаллов обязан своим происхождением и т. н. ложный пироэлектрич. эффект — появление зарядов при нагревании, если последнее неравномерно и поэтому вызывает в кристалле внутренние механич. напряжения, в свою очередь вызывающие пьезоэлектрич. заряды.

Способы обнаружения пьезоэлектрич. эффекта сводятся к трем. 1) Способ Кундта (1883 г.): сжатый или растянутый кристалл тотчас же посыпается хорошо смешанным порошком серы и сурика; вследствие того, что частицы сурика и серы при смешении электризуются (сера—отрицательно, а сурик—положительно), они оседают: сера на тех местах кристалла, где выделяются положительные пьезоэлектрич. заряды, окрашивая эти места в желтый цвет, а сурик—там, где заряды отрицательны, окрашивая их в красный цвет. Вместо смеси сурика и серы Бюркер (1900 г.) предлагает применять (как более действительную) смесь кармина и ликоподия. 2) Способ нанесения (наклейка, прикладывание) на кристалл электродов, сообщаемых с электрометром, имеет то преимущество перед первым, что пригоден для измерений. 3) Способ возбуждения в кристалле пьезоэлектрических колебаний (см. *Пьезокварц*) принадлежит Гибе и Шайбе (1925 г.) и особенно удобен для весьма малых кристаллов и порошков. Важнейшие пьезоэлектрич. кристаллы следующие: кварц, турмалин, сегнетова соль, сахар, цинковая обманка, пентаэритрит, боранит, хлорат натрия. Для характеристики пьезоэлектрич. эффекта приводятся следующие данные. Пластинка кварца, вырезанная перпендикулярно к электрич. оси, давала в опытах Кюри при нагрузке в 1 *кг* 0,06 V; турмалин при такой же нагрузке—0,05 V; сегнетова соль дает приблизительно в 3 000 раз больше. При наложении потенциала в 1 V на пластинку кварца в 0,5 *см* толщиною, вырезанную перпендикулярно электрич. оси, пластинка сжимается на 10^{-9} *см*, т. е. на 0,01 *mμ*. Пьезоэлектрич. свойства кварца и турмалина весьма мало зависят от $t°$; но сегнетова соль резко отлична от них в этом отношении: она обладает громадными по сравнению с ними пьезоэлектрич. свойствами, но только в интервале $-25° \div +25°$; вне этих пределов она пьезоэлектрична почти как кварц. Пьезоэлектрич. измерения много надежнее, чем пироэлектрические, однако полного изучения пьезоэлектрич. кристаллов мы еще не имеем.

Теория пьезоэлектрич. эффекта с точки зрения описательной особенно полно развита Фохтом (1910 г.), а с молекулярной—проф. Богуславским и герм. ученым Борном. Последний рассматривает кристалл как совокупность положительных и отрицательных ионов, расположенных правильными рядами и составляющих т. н. пространственную кристаллич. решетку (см. *Кристалл*). Деформации такой решетки вызывают перемещения ионов, что обнаруживается изменением электрич. поляризации решетки и представляет собою пьезоэлектрич. эффект. Теория Борна весьма сложна; до численного расчета она доведена только для кристаллов простейшей формы.

Технические приложения пьезоэлектрического эффекта. Первое применение принадлежит самим братьям Кюри, к-рые, с одной стороны, пользовались пластинкой кварца, вырезанной перпендикулярно электрич. оси и растягиваемой грузом по механич. оси для получения заданных электрич. зарядов, а с другой стороны,—предлагали пьезоэлектрич. манометр — такую же пластинку, нагрузка на к-рую измеряется по заряду, ею выделяемому. В 1915 г. академик Б. Голицын устроил сейсмич. маятник, существенной частью к-рого являлась пластинка кварца, на к-рую давил груз; при колебаниях всей системы это давление менялось вследствие развивающихся сил инерции груза, прибор этот измерял так. образом силы инерции или ускорения. Д. Д. Томсон (1917 г.) предлагал измерять давление пороховых газов в стволе орудия, помещая туда пластинку кварца с соответственно расположенными электродами, но способ этот не получил распространения. Кейс (1921 г.) устроил на этом принципе прибор, измерявший давление взрывных волн в воде и произвел с ним соответственные измерения. Прибор Кейса состоял из камеры, наполненной вазелином, в к-рой были вложены кристаллы турмалина; последний дает пьезоэлектрич. эффект при всестороннем сжатии. Весь прибор помещается в воду, а провода от него подводятся к регистрирующему прибору. Наконец совсем недавно Клюге и Линк устроили пьезоэлектрич. прибор, служащий для измерения давления, и с успехом применяли его для записи хода давления в двигателях внутреннего сгорания. Существенная часть прибора изображена на фиг. 3.



Фиг. 3.

Здесь Q, Q—кварцевые пластинки, положенные так, чтобы одинаковые заряды выделялись при сжатии на электроде E; другим электродом служит самый корпус прибора. Прибор помещается нижнею стороною на отверстие в корпусе мотора, а электроды прибора через усилитель сообщаются с осциллографом. Несомненно, что подобные вышеописанным приборы могут найти себе применение и в вопросах транспорта, например прибор Голицына с некоторыми изменениями может послужить для измерения ускорений при колебаниях движущегося вагона и паровоза, давления на рельсы и т. п.

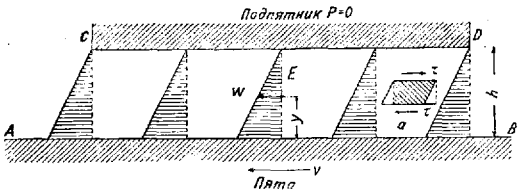
Изменение размеров пьезоэлектрич. кристалла при наложении электрич. поля в подходящем направлении может служить мерой этого электрич. поля, а следовательно и потенциала, и еще сами братья Кюри устроили вольтметр на принципе двойной пластинки кварца, склеенной из двух пластинок т. о., что при наложении поля на них одна расширяется, другая сжимается, в результате чего двойная пластинка изгибается. С тонкими пластинками удавалось строить приборы для измерений напряжений до 1 500 V с точностью ок. 5 V, с пластинками в 1 *мм*—до 50 000 V с точностью ок. 200 V. Венте (1922 г.) устроил для той же цели прибор с зеркальцем. На таком же или аналогичных принципах позднее (Винн-Виллиамс, Вуд, 1925 г.) были построены и осциллографы, но не получили распространения вследствие их малой чувствительности.

Неоднократно строились также м и к р о ф о н ы из пьезоэлектрич. кристаллов, т. к. переменное сжатие, приносимое к кристаллу звуковой волной, создает на его концах переменное напряжение, которое затем обычно усиливается. Кварц для этого недостаточно чувствителен, и для приема звуковых волн в воздухе обычно пользовались сегнетовой солью. Микрофон Никольсона (1924 г.) устроен на свойстве кристалла сегнетовой соли обнаруживать пьезоэлектричество при закручивании (см. *Микрофон*, фиг. 23); подобный же микрофон, работающий без всякого усиления, устроил в СССР А. М. Яковлев (1928 г.). Возможны и другие схемы постройки микрофонов из сегнетовой соли. Если передавать на кристалл давление от граммофонной иголки и получаемые заряды передавать через усилитель на громкоговоритель, то получится п ь е з о э л е к т р и ч е с к и й а д а п т е р (Раис, 1927 г.). Наконец и г р о м к о г о в о р и т е л и неоднократно устраивались с пьезоэлектрич. кристаллами, гл. образом с сегнетовой солью. Наиболее известный из них принадлежит Никольсону (1925 г.) и устроен на принципе закручивания кристалла, как и его микрофон. Все эти приборы, несмотря на весь их интерес и возможное будущее, не получили широкого распространения вследствие малости пьезоэлектрич. эффекта даже в сегнетовой соли и в особенности вследствие неустойчивости последней, которую еще не удалось преодолеть. Деформации и напряжения, появляющиеся в пьезоэлектрическ. кристалле вследствие наложения на него электрич. поля, влияют на его оптич. свойства, и это обстоятельство было использовано нек-рыми изобретателями для регулирования светового луча в телевизионных аппаратах (Хартлей, 1925 г.). Чрезвычайно широко применяются пьезоэлектрич. свойства кварца в радио (см. *Пьезокварц* и *Стабилизация частоты*).

Лит.: А н д р е е в Н. К., Равновесие и колебания пьезоэлектрич. кристалла (обзор), «Журнал прикладной физики», 1928, т. 5, стр. 119; C a d y W. G., Bibliography on Piezoelectricity, «Proceedings of the Instit. of Radio Engineers», N. Y., 1928, p. 521; F a l k e n h a g e n H., Pyro- u. Piezoelectricität, Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 13, B., 1928; H o f f m a n H., Electrostatik, Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 10, Lpz., 1930.

Н. Андреев.

ПЯТА, часть оси или вала, которая служит для передачи осевого давления, или осевой составляющей сил, действующих на ось или вал, неподвижной опоре, называемой



Фиг. 1.

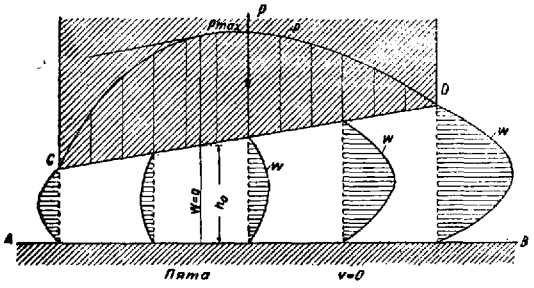
п о д п я т н и к о м или у п о р н ы м п о д ш и п н и к о м.

Явления, протекающие в слое смазки, лежащем между П. и подпятником, в несколько схематизированном виде м. б. представлены следующим образом.

Рассмотрим сначала слой жидкости, заключенный между параллельными плоскостями П. (*A-B*, фиг. 1), двигающейся со скоростью v, и подпятника (*C-D*). Слой масла, прилегающий к П., увлекается движением ее со скоростью v, слой же, прилегающий к подпятнику, остается неподвижным; примем линейный закон распределения скоростей по толщине слоя смазки, тогда в точке E скорость $w = v \cdot \frac{y}{h}$. Элементарный прямоугольный параллелепипед a, вырезанный в толще смазки, примет вследствие движения форму ромбич. призмы, причем на гранях ее, обращенных к рабочим поверхностям, возникают касательные усилия τ, равные (в *кг/см²*):

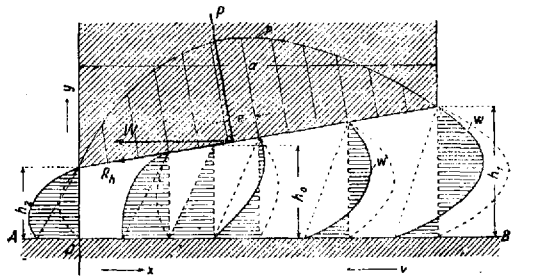
$$\tau = \eta \frac{\partial w}{\partial y} = \eta \frac{v}{h}, \qquad (1)$$

где η—коэф. вязкости жидкости в *кг сек/см²*, v—скорость П. в *см/сек*, а h—толщина слоя смазки в *см*. Так как вертикальная составляющая касательных усилий равна нулю, то описанное состояние теоретически возможно лишь при условии отсутствия давления в вертикальном направлении. Положим теперь, что рабочая поверхность подпятника наклонена под некоторым углом к П.; последняя остановлена, и на подпятник производится давление силой P. Тогда смазка начнет выжиматься с обеих сторон; примерное распределение скоростей w истечения смазки и распределение давления p вдоль рабочей поверхности изображено на фиг. 2. Когда П. приходит в движение, то скорость



Фиг. 2.

течения в каждой точке слоя смазки определяется как сумма обеих скоростей; примерное распределение их изображено на фиг. 3. В этом случае давление на П. получается в результате дросселирования в клинообразной щели потока смазки, увлеченного П. при ее движении. Вырежем из слоя смазки, находящегося между двумя рабочими поверхностями (длина



Фиг. 3.

подпятника a, ширина полагается бесконечной), плоскостями, перпендикулярными к поверхности П. и параллельными направлению движения, пласт шириной b (фиг. 4). Условия равновесия элемента толщиной dy и длиной dx, ограниченного сверху и снизу струйными поверхностями, выражаются ур-ием (углом наклона струй пренебрегаем):

$$(\tau - \tau')b\,dx = (p - p')b\,dy$$

или, что то же,

$$\frac{\partial \tau}{\partial y} = \frac{\partial p}{\partial x}. \qquad (2)$$

Если η не зависит от y, то из ур-ия (1) имеем:

$$\eta \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = \frac{\partial p}{\partial x}. \qquad (3)$$

Т. к. $\frac{\partial p}{\partial x}$ не зависит от y, то интегрирование по y дает (произвольные постоянные определяем из условий $w = -v$ для $y = 0$ и $w = 0$ для $y = h$):

$$w = \frac{1}{2\eta}\frac{\partial p}{\partial x}(y^2 - yh) - v\frac{h - y}{h}. \qquad (4)$$

Количество жидкости q, протекающее через сечение высотой h и шириной $= 1$, определяется из ур-ия

$$q = \int_0^h w\,dy = -\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\eta}\frac{\partial p}{\partial x}\frac{h^3}{6} + vh\right); \qquad (5)$$

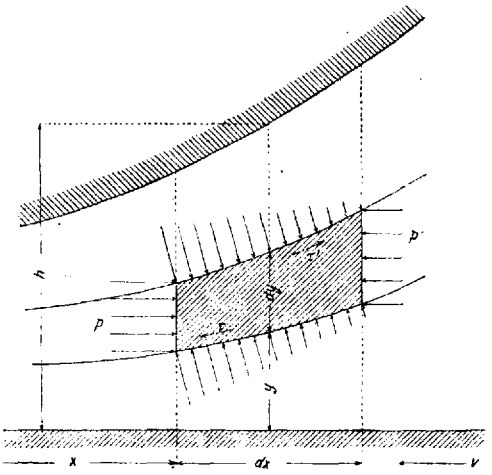
для перпендикулярного к направлению движения сечения высотой h_0 в том месте, где $\frac{\partial p}{\partial x}=0$, имеем:

$$q = -\frac{vh_0}{2}. \qquad (6)$$

В этом сечении распределение скоростей по h_0 происходит по линейному закону, по ур-ию (4) $w_0 = -v\frac{h_0-y}{h_0}$; т. о. из ур-ий (5) и (6) имеем:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 6\eta v\frac{h_0-h}{h^3}; \qquad (7)$$

это ур-ие служит для определения p в ф-ии x для любого сечения h, когда известны v, η и h_0. Интегриро-



Фиг. 4.

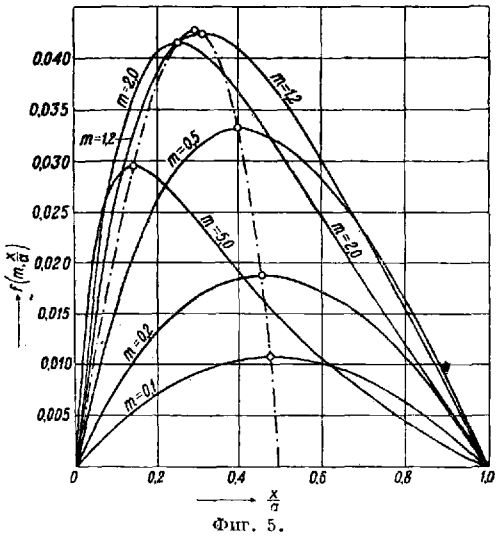
вание ур-ия (7) м. б. легко выполнено при плоской рабочей поверхности подпятника, тогда

$$h = h_1\left(1+m\frac{x}{a}\right), \qquad (8)$$

где

$$m = \frac{h_2-h_1}{h_1}.$$

Интегрируя и определяя произвольные постоянные из условия равенства давления масла в сечениях h_1 и



Фиг. 5.

h_2 (т. е. при $x=0$ и $x=a$) давлению p_1 в коробке подпятника имеем:

$$p-p_1 = \frac{6\eta va}{h_1^2}\left\{\frac{1}{m\left(1+m\frac{x}{a}\right)} - \frac{m+1}{m(m+2)\left(1+m\frac{x}{a}\right)^2} - \frac{1}{m(m+2)}\right\} = \frac{6\eta va}{h_1^2}f\left(m,\frac{x}{a}\right). \qquad (9)$$

Значения $f\left[m,\frac{x}{a}\right]$ даны графически на фиг. 5; пунктиром обозначено геометрич. место вершин кривых.

Среднее давление на подпятник равно

$$p_m = \int_0^a (p-p_1)\frac{dx}{a} = \frac{6\eta va}{h_1^2}\psi, \qquad (10)$$

где $\psi = f(m)$. Из ур-ия (10) получаем для наименьшего зазора между П. и подпятником h_1 значение

$$h_1 = \sqrt{\frac{6\eta va\psi}{p_m}}. \qquad (11)$$

Касательные усилия в слоях смазки находим из ур-ий (1) и (4):

$$\tau = \eta\frac{\partial w}{\partial y} = \frac{\partial p}{\partial x}\left(y-\frac{h}{2}\right)+\eta\frac{v}{h}; \qquad (12)$$

т. о. для поверхности П. ($y=0$) имеем:

$$\tau_0 = -\frac{\partial p}{\partial x}\frac{h}{2}+\eta\frac{v}{h},$$

а для поверхности подпятника ($y=h$)

$$\tau_h = \frac{\partial p}{\partial x}\frac{h}{2}+\eta\frac{v}{h}.$$

Полное усилие трения R_h, приложенное к вкладышу подпятника, получим, просуммировав касательные усилия по всей площади вкладыша:

$$R_h = \int_0^a \tau_h b\,dx = b\int_0^a\left(\frac{\partial p}{\partial x}\frac{h}{2}+\eta\frac{v}{h}\right)\partial x. \qquad (13)$$

Полное усилие в горизонтальном направлении W равно сумме горизонтальных составляющих силы трения R_h и давления P на вкладыш. В виду малости угла наклона вкладыша можно принять без большой ошибки

$$W = R_h+\frac{mh_1}{a}P = \frac{\eta va\,b}{h_1}\vartheta, \qquad (14)$$

где

$$P = p_m\cdot ab = \frac{6\eta va^2b}{h_1^2}\psi,$$

а ϑ—нек-рая ф-ия от m. Коэф. трения μ м. б. также определен аналитически, как отношение $W:P$:

$$\mu = \frac{W}{P} = \frac{h_1\vartheta}{6a\psi} = \frac{\vartheta}{\sqrt{6\psi}}\sqrt{\frac{\eta v}{p_m a}}. \qquad (15)$$

Отстояние точки приложения равнодействующей P от середины вкладыша—эксцентриситет e—определяется из условия равенства нулю суммы моментов сил относительно ребра A:

$$P\left(\frac{a}{2}-e\right) = \int_0^a bpx\,dx,$$

откуда получаем окончательно:

$$e = \frac{a}{2}\left(1-\frac{\sigma}{3\psi}\right), \qquad (16)$$

где σ—ф-ия от m. Значения ф-ий ψ, ϑ, σ, а также $\frac{\vartheta}{\sqrt{\psi}}$ и $\frac{e}{a}$ для различных значений m в пределах от 0 до 10 даны на фиг. 6. Как видно из кривой, данный эксцентриситет, т. е. практически положение точки опоры башмака подпятника, определяет однозначно величину m, а вместе с ней и прочие элементы П. В П. с самоустанавливающимися сегментами подпятника (типа Мичелля) заданной является величина $\frac{e}{a}$, а при постоянных сегментах — сужение сечения m. Из ур-ия (15) имеем:

$$\frac{p_m\mu^2}{\eta} = \frac{\vartheta^2 v}{6\psi a} = K = \text{Const} \qquad (17)$$

при постоянных m, v и a. Минимальное значение K приобретает при $m=2{,}1$, когда

$$\mu = 4{,}45\sqrt{\frac{\eta v}{p_m a}}; \qquad (18)$$

эксцентриситет при этом имеет значение: $e=0{,}11a$. Выведенные ф-лы справедливы лишь для опорной поверхности бесконечной ширины; при конечной ширине масло начинает вытекать также через боковые поверхности башмака, вследствие чего среднее давление уменьшается, а коэф. трения увеличивается. Точное интегрирование ур-ий движения жидкости в случае прямоугольной подушки подпятника и прямолинейного движения П. было произведено Мичеллем, причем для частного случая $m=1$ им были получены следующие относительные значения характеристич-

ных величин по сравнению с П. бесконечной ширины ($b : a = \infty$):

Отношение ширины к длине $b : a$	∞	1	1/2
Среднее давление p_m	p_0	$0{,}422p_0$	$0{,}031p_0$
Коэф. трения μ	μ_0	$1{,}22\mu_0$	$9{,}80\mu_0$
Эксцентриситет $e : a$	0,07	0,08	0,11

Как видно из этих данных, среднее давление быстро уменьшается, а коэф. трения возрастает при уменьшении ширины подушки. Распределение давлений по плоскости подушки и струйные линии в случае квадратной подушки ($a = b$) показаны на фиг. 7; по оси ординат диаграмм отложены значения $p : K_1$, где

$$K_1 = \frac{6\eta v a^2}{m^2 h_1^2}.$$

Закон увеличения коэф-та трения в зависимости от m и $\frac{a}{b}$ выражается по Гюмбелю в форме ур-ия

$$\mu = K_2 \sqrt{\frac{\eta v}{p_m a}},$$

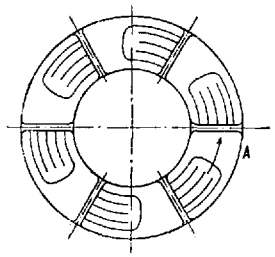
где $K_2 = f\left(\frac{1}{m}, \frac{a}{b}\right)$, графически представленная на фиг. 8. Интегрирование диференциального ур-ия движения вязкой жидкости в тонких пленках в общем виде, имеющее по Рейнольдсу форму

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{h^3}{\eta}\frac{\partial p}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{h^3}{\eta}\frac{\partial p}{\partial z}\right) = 6v\frac{\partial h}{\partial x}, \qquad (19)$$

наталкивается на непреодолимые трудности. На помощь в этом случае приходит экспериментальный метод, пользующийся тем обстоятельством, что законы распределения электрического потенциала в слабом электролите математически аналогичны закону распределения давлений в потоке вязкой жидкости. Путем соответствующего подбора электрических величин, проводимости электролита и формы ванны можно экспериментально исследовать законы распределения давлений, учитывая влияния: конечной ширины подушки, центробежной силы, переменной вязкости и кинетич. энергии масла при входе в щель между П. и подушкой подпятника. Полученные этим способом данные нанесены на диаграмме фиг. 7 (для $m=1$) кружочками; как видно из получаемого совпадения между вычисленными и наблюденными величинами, точность этого метода вполне достаточна для практич. целей. На фиг. 9 А показано распределение давлений в случае сектора кольцевой П. указанных на фиг. 9 Г размеров при следующих допущениях: максимальная толщина слоя смазки 0,051 *мм*, минимальная толщина 0,013 *мм*; рабочая поверхность башмака—плоскость, пересекающая плоскость П. по линии AB; угловая скорость П. $\omega = 10{,}472$ *сек.*$^{-1}$ (соответственно $n = 100$ *об/м.*); вязкость изменяется по дуге пропорционально углу поворота, оставаясь одинаковой вдоль всего радиуса, причем вязкость при входе под подушку равна $\eta_0 = 0{,}235$ *пуаз* (~150° по Сейболту, или 3,8° Э.), при выходе же $\eta_1 = 0{,}118$ *пуаз* (~75° по Сейболту, или 2,2° Э.). На фиг. 9 изображены: А—распределение давлений без учета действия центробежной силы, Б—отрицательное давление, вызванное центробежной силой, и В—давление, вызванное подводом масла к подпятнику с конечной скоростью. Как видно из фиг. 9Б и 9В, влияние обоих последних факторов при выбранных условиях оказывается ничтожным. На практике далеко не всегда выполняют всю площадь подушки подпятника плоской, иногда ее делают составной из двух плоскостей, причем задняя половина параллельна плоскости П. Распределение давлений в этом случае даже благоприятнее, чем при плоской подушке (фиг. 10); наиболее выгодно сочетание П. где 1/4 длины подушки занята параллельной плоскостью. Практическое выполнение кольца подпятника по этой системе для движения в одном направлении дано на фиг. 11А, кольцевой разрез этого кольца—на фиг. 11Б; в случае переменного движения в обоих направлениях наклонные плоскости устраиваются также в обе стороны от канавки (фиг. 11, В). Практически П. и подпятник рассчитывают на максимальное давление и на достаточно быстрый отвод тепла, развивающегося от трения. На максимальное давление кольцевые П. рассчитывают по следующей ф-ле:

$$p_m = \frac{4P}{Z\pi(d_a^2 - d_i^2)\varphi} \leq k_1, \qquad (20)$$

где P—нагрузка в *кг*, Z—число пар опорных поверхностей (в гребенчатых упорных подшипниках; в обычных П. $Z=1$), d_a и d_i—наружный и внутренний диаметры пяты в *см*, φ—уменьшение рабочей поверхности смазочными канавками (обычно φ равно 0,95—0,9, в П. гидравлических турбин до 0,8—0,75). k_1 принимается равным (*в кг/см*^{2}):



Фиг. 11.

	k_1
Мягкая сталь по чугуну	20— 25
» » » оловянно-цинковой бронзе (красное литье)	40— 50
Мягкая сталь по бронзе	40— 50
» » » белому металлу	50— 60
Сталь закаленная и отшлифованная по бронзе	75— 80
Сталь закаленная и отшлифованная по белому металлу	80— 90
Сталь по стали закаленная и отшлифованная	120—150
Закаленная и отшлифованная сталь по почти белому очень твердому чугуну (для гидравлических турбин)	50— 70
Гребенчатые подпятники судовых валов:	
Сталь по белому металлу (обычной конструкции)	
для грузовых судов	3—4
» пассажирских судов	4—5,5
» крупных военных судов	5—6
» легких » »	7—9
Самоустанавливающиеся подпятники судовых валов (по Мичеллю)	25—40

Для обеспечения своевременного отвода тепла трения, развивающегося при работе П., величина удельной работы трения a_f, приходящейся на 1 *см*^{2} поверхности П., не должна превосходить некоторого установленного опытным путем значения. Величина a_f вычисляется по ф-ле

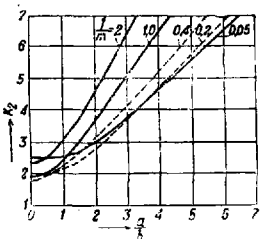
$$a_f = \mu_1 p_m v_m \left(1 + \frac{b^2}{3d_m^2}\right), \qquad (21)$$

где μ_1—коэф-т трения П., v_m—средняя скорость в *м/сек*, равная $\frac{\pi(d_a + d_i)n}{12\,000}$, b—ширина кольца П. в *см*, d_m—средний диаметр П. в *см*, равный $\frac{d_a + d_i}{2}$. В виду неопределенности коэф-та μ_1 на практике обычно пользуются ф-лой

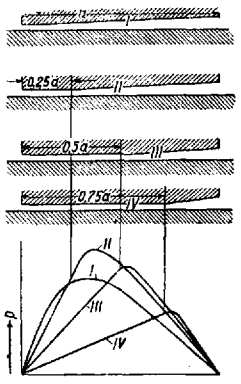
$$p_m v_m \leq k_2,$$

где k_2 принимает следующие значения $\left(\text{в } \frac{кг}{см^2}\,\frac{м}{сек}\right)$:

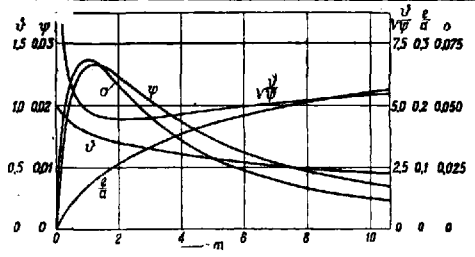
	k_2
Для подпятников гидравлич. турбин:	
Не охлаждаемых, обычной системы	13— 20
Охлаждаемых » »	20— 40
» с обильной смазкой под давлением	40— 80
Для подпятников паровых турбин:	
Гребенчатых, сухопутных турбин	15— 25
Гребенчатых судовых турбин:	
крупных судов	20— 35
миноносцев и легких крейсеров	40— 80
Сист. Мичелля	750—1 000



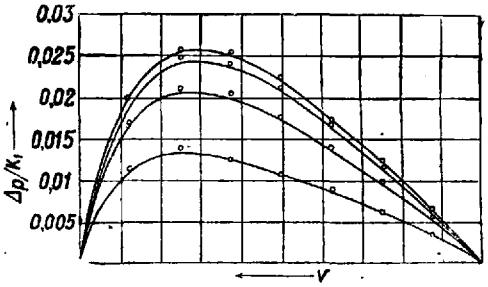
Фиг. 8.

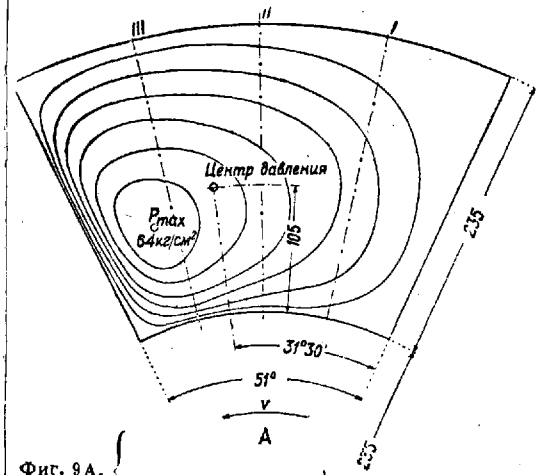


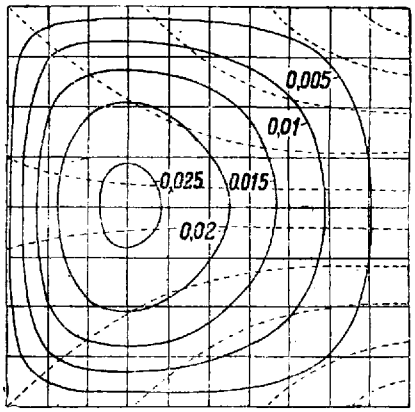
Фиг. 10.



Фиг. 6.

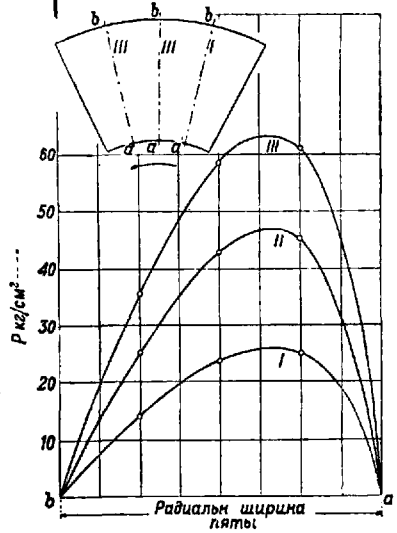


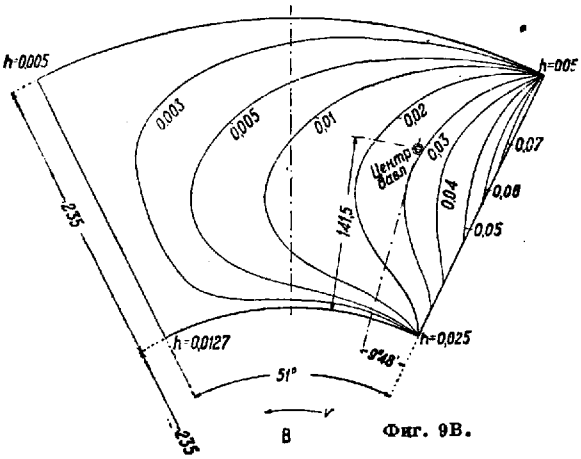




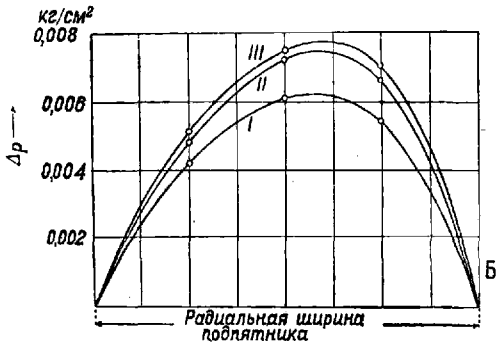
Фиг. 7.

Фиг. 9А.

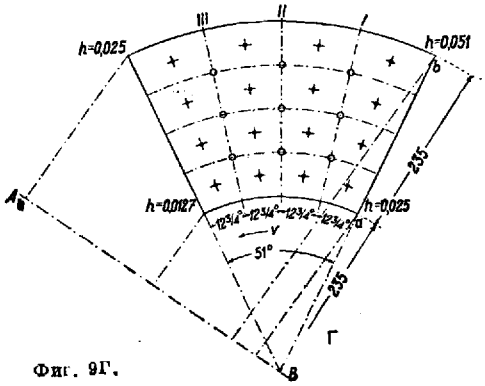




Фиг. 9В.



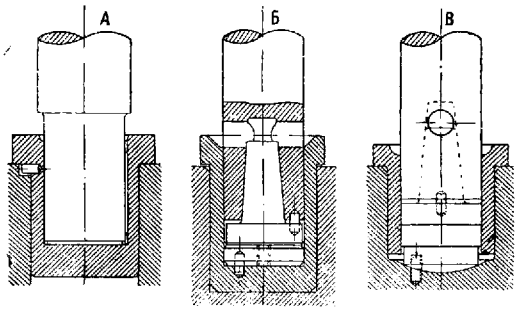
Фиг. 9Б.



Фиг. 9Г.

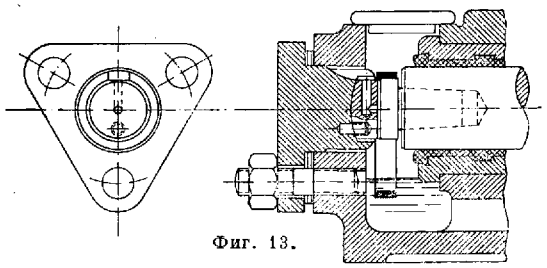
	k_2
Для упорных подшипников гребных валов:	
Нормальных гребенчатых:	
с постоянными кольцами	4— 6
с устанавливаемыми кольцами	8— 12
Сист. Мичелля:	
грузовых пароходов	20— 60
пассажирских пароходов	100—200
военных судов крупных	100—200
миноносцев и легких крейсеров	300—400

Конструктивное выполнение П. весьма разнообразно в зависимости от задания. Наиболее простые конструкции изображены на фиг. 12 (А—стальная П. в бронзовом вкладыше, Б—вставная П. и подпятник из закаленной стали, В—то же, но подпятник покоится на шаровом сегменте для уничтожения опасности перекоса). На фиг. 13 изображен подпятник червячной передачи с кольцевой смазкой. На фиг. 14 изображены два типа пяты для гидравлических турбин с вертикальными валами: А — с кольцевым валом *а* и внутренним стояком *б* и Б— с подвешенным валом *а* турбины. В первой П. смазка подводится через средний канал



Фиг. 12.

в к центральной выточке П. *г*; во второй— масло протекает через радиальные каналы *в* в толще подушки *б* подпятника и выбрасывается снова в резервуар действием центробежной силы через канавки для смазки, проделанные в П. *г*. Весьма совершенный тип подпятника вертикальной паровой турбины изображен на фиг. 15; здесь масло под давлением подводится по трубке *а* в выточку в центре пяты *б* и подушки подпятника *в*, причем площадь пяты выбирается достаточно большой для того, чтобы вся



Фиг. 13.

вертикальная нагрузка воспринималась маслом. Таким образом пята работает так же, как и пята системы Мичелля при жидкостном трении.

На основе гидродинамич. теории смазки получаем для этого случая следующие значения для p—избыточного давления в *кг/см²* масла, подводимого в кольцевое (или круговое) пространство внутри П., для наружного диаметра П. d_a в *см*, количества масла q в *л/сек*, коэфициента трения П. μ и повышения температуры масла ϑ при выходе из П.:

$$p = \frac{8P \ln \frac{d_a}{d_i}}{\pi(d_a^2 - d_i^2 - 2d_w^2 \ln \frac{d_a}{d_i})}; \quad (22)$$

$$d_a = \sqrt{d_i^2 + 2d_w^2 \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{8P}{\pi p} \ln \frac{d_a}{d_i}}; \quad (23)$$

$$q = \frac{\pi \cdot p \cdot h^3}{0{,}600\eta \ln \frac{d_a}{d_i}}; \quad (24)$$

$$\mu = \frac{\pi\omega(d_a^3 - d_i^3)h^2}{9000q\left(d_a^2 - d_i^2 - 2d_w^2 \ln \frac{d_a}{d_i}\right)}; \quad (25)$$

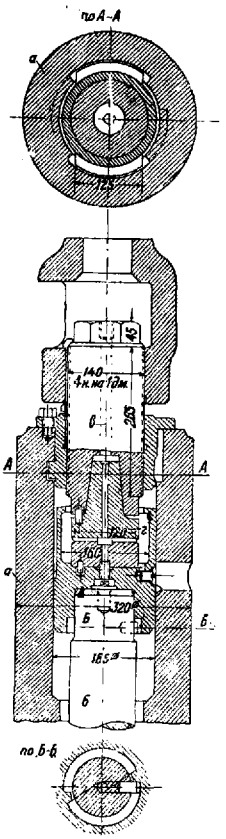
$$\vartheta = \frac{\pi\mu\omega p(d_a + d_i)\left[d_a^2 - d_i^2\left(1 + 2 \ln \frac{d_a}{d_i}\right)\right]}{3\,200 \ln \frac{d_a}{d_i}}, \quad (26)$$

где: P—полная нагрузка на П. в *кг*, d_w—диаметр вала в *см* (в случае гребенчатой П.), ω—угловая скорость П., h—толщина слоя смазки в *см*, d_i—внутренний диаметр опорной поверхности П. в *см*.

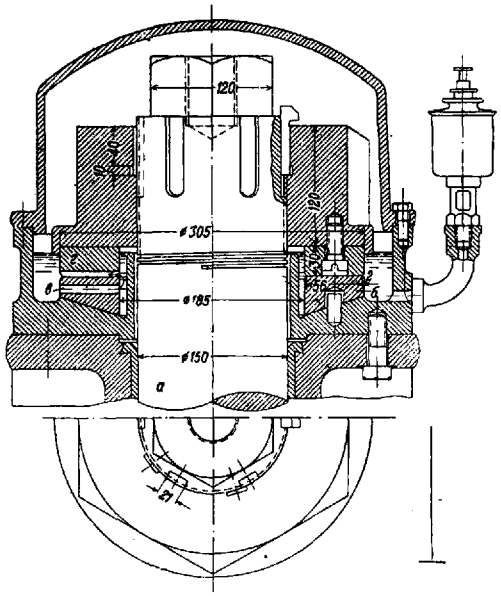
Подпятник системы Мичелля с самоустанавливающимися сегментами *а* изображен на фиг. 16; сегменты опираются на шарики *б* и удерживаются от перемещения клинообразными упорками *в* (для этой пяты $pv_m = 672$); смазка подводится изнутри по кольцевому зазору *г* и затем отбрасывается действием центробежной силы наружу; лабиринтовое кольцо *д* служит для уловления смазки. Более совершенный подпятник того же типа изображен на фиг. 17; здесь весь подпятник соединен с коренным подшипником в одно целое и помещен в шаровое тело *а*, чем обеспечивается устранение вредного влияния перекосов, возникающих при деформациях корпуса судна на волне. Подпятник сист. Мичелля для паровой турбины с охлаждением масла изображен на фиг. 18; отдельные сегменты *а* опираются на винтовые упорки *б*, позволяющие установить каждый отдельный сегмент; для охлаждения масла, скопляющегося в нижней части подпятника, служит змеевик *в*. Фирмой Броун-Бовери и К° запатентовано очень остроумное приспособление для автоматич. распределения давления равномерно на все сегменты подпятника. Оно состоит из ряда шариков *а* (фиг. 19), опирающихся друг на друга и служащих промежуточным звеном между подушками *б* и телом подпятника; в точках их соприкосновения с подушками и подпятником подложены стальные закаленные цилиндрики *г*. В нормальном положении линии, соединяющие центры отдельных шариков, наклонены под углом 45° к плоскости П.; такое подвижное соединение дает возможность устанавливаться самостоятельно каждому отдельному сегменту и в то же время обеспечивает равномерное распределение всей нагрузки на все сегменты. Совершенство этой конструкции явствует из того, что изображенный подпятник работает при совершенно исключительном значении $p_m v_m$, а именно

$$p_m v_m = 1700 \ \frac{кг}{см^2} \cdot \frac{м}{сек}.$$

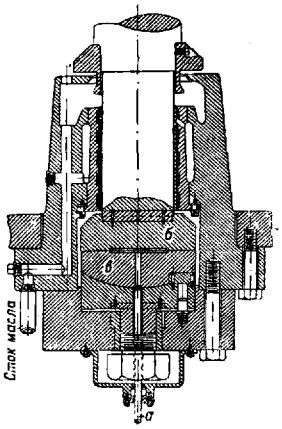
Лит.: Сидоров А. И., Курс деталей машин, ч. 1—2, М.—Л., 1926—27; Bach C., Maschinenelemente, B. 1—2, Lpz., 1922—24; Rötscher F., Die Maschinenelemente, B. 2, B., 1928; Stodola A., Dampf- u. Gasturbinen, 6 Aufl., B., 1924; Ten-Bosch M., Vorlesungen über Maschinenelemente, H. 3, Berlin, 1929; Bauer G., Der Schiffsmaschinenbau, B. 1—2, Mch.—B., 1923; Bauer G. u. Lasche O., Schiffsturbinen, Mch.—B., 1913; Gümbel L. u. Eberling E., Reibung u. Schmierung im Maschinenbau,



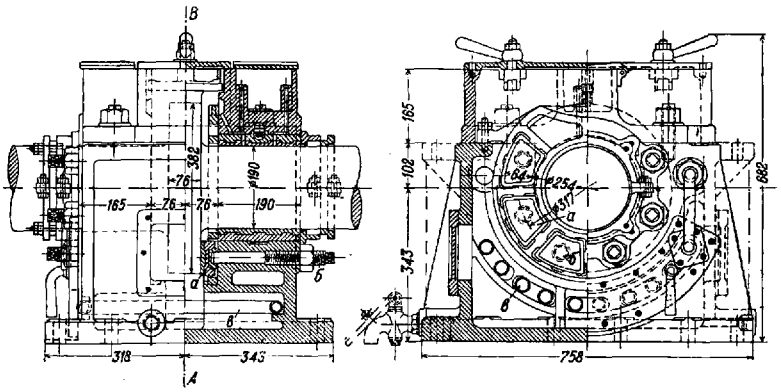
Фиг. 14А.



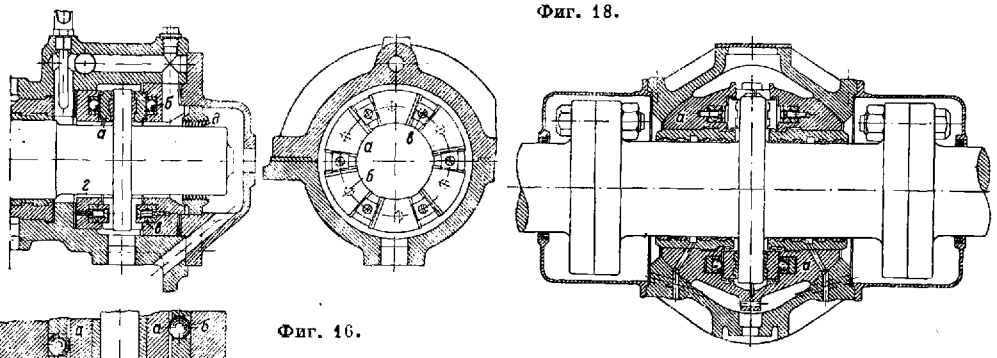
Фиг. 14Б.



Фиг. 15.

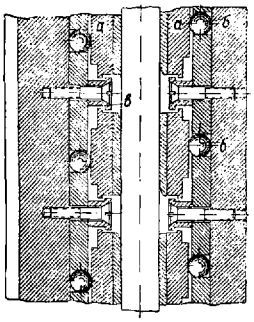


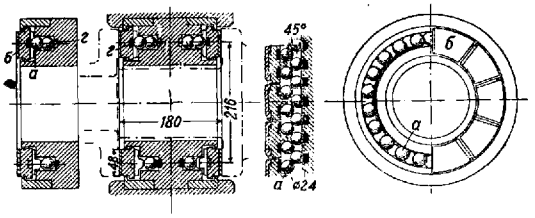
Фиг. 18.



Фиг. 16.

Фиг. 17.





Фиг. 19.

B., 1925; Boswall R. O., The Theory of Film Lubrication, L., 1928; Woog P., Contribution à l'étude du graissage, P., 1928; Kingsbury A., On Problems in the Theory of Fluid-Film Lubrication «Transactions of the American Society of Mechanical Engineers», N.Y., 1931, v. 53, p. 59; Howarth H. A. S., Slow Speed a other Tests of Kingsbury Thrust Bearings, ibid., N.Y., 1919, v. 41, p. 685; Hersey M. D., Problems of Lubrication Research, «Journal of American Society of Naval Engineers», Wsh., 1923, v. 35, p. 648; Michell A. G. M., Progress in Fluid-Film Lubrication, «Transactions of the American Society of Mechanical Engineers», N. Y., 1929, v. 51, p. 153; Michell A. G. M., The Lubrication of Plane Surfaces, «Ztschr. f. Mathematik u. Physik», Lpz., 1905, B. 52, p. 123; Sommerfeld A., Zur hydrodynamischen Theorie d. Schmiermittelreibung, ibid., B. 50, 1904; Harrison W. J., The Hydrodynamical Theory of Lubrication, «Transact. of the Cambridge Philos. Society», Cambridge, 1913, v. 22 , p. 39; Hohenemser K., Experimentelle Lösung ebener Potentialaufgaben, «Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens», B., 1931, B. 2, *10*, p. 370, Hague B., «The Electrician», L., 1929, v. 102, p. 185, 315; Howarth H. A. S. a. Ogden N., Friction Tests of Propeller Thrust Bearings, «Journal of American Society of Naval Engineers», Wsh., 1922, v. 34, p. 1; Diffing G., Die Schmiermittelreibung bei Gleitflächen von endlicher Breite, «Handbuch d. physikalischen u. technischen Mechanik», hrsg. v. F. Auerbach u. W. Hort, Leipzig, 1930, B. 5; Kiesskalt S., Die Erscheinungen d. Lagerreibung u. Schmierung, «Handbuch d. Experimentalphysik», hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, Lpz., 1930, B. 4, T. 2; Buckingham E., Model Experiments a. the Forms of Empirical Equations, «Transactions of the American Society of Mechanical Engineers», N.Y., 1915, v. 37, p. 263; Lubrication Research Activites, ibid., 1931, v. 53, *11*, p. 21; Brillié H., Nouvelles rechérches, expérimentales et théoriques sur le film d'huile et le graissage des machines, «GC», 1930, v. 96, № *21*, *22*, p. 504, 528, 534; Kiesskalt S., An der Grundlageh d. halbflüssigen Reibung, «Zeitschrift für technische Physik», Leipzig, 1928, B. 9; Kiesskalt S., Bedeutung d. hydrodynamischen Lagerreibungstheorie für die Praxis, «Z. d. VDI», 1927, B. 71, p. 218.

Л. Пашушкин.

Р

R-КИСЛОТА, β-нафтол-3, 6-дисульфокислота; получается сульфированием β-нафтола вместе с изомерной ей *G-кислотой* (см.), применяется в крашении, как азосоставляющая для кислотных и субстантивных красителей. Название дано по красному (Rot) цвету получаемых при ее помощи красителей. См. *Нафталин*, производные, *Промежуточные продукты* для синтеза красителей, *Сульфокислоты*.

РАБОТА есть количественная мера изменения форм движения материи (Энгельс). Реальные процессы неизбежно сопровождаются постоянным изменением форм движения (превращение одних видов энергии в другие) и следовательно постоянно совершается работа. В идеализированных образах теоретич. механики простейшая форма движения — механич. перемещение тел в пространстве—может оставаться неизменно таковым (инерционное движение, равномерное вращение по кругу), причем работа не производится в соответствии с данным выше определением. Энергия м. б. определена, как способность совершить Р. В абстрактной схеме механики может существовать движение, не сопровождающееся изменением формы и следовательно может существовать энергия, не производящая Р. В действительных процессах природы энергия всегда соответствует движениям с меняющимися формами и тем самым энергия всегда является мерой движения при изменении формы последнего (Энгельс). Принцип неразрушимости движения, находящий конкретное и наиболее общее выражение в законе сохранения энергии, м. б. выражен (как показывает опыт) при переводе различных форм движения в механическую, как инвариантность произведения $\frac{mv^2}{2}$ (для случая «точки» с массой m и скоростью v). Отсюда совершенная Р. определяется как разность $\frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2}$ (v_1, v_2 — начальная и конечная скорости). При выборе другой формы движения (тепловой, электрической и т. д.) в качестве стандарта определение Р. соответственно изменилось бы по внешнему виду, оставаясь прежним по существу. Исторически понятие Р. возникло как вспомогательное, вторичное понятие, определяемое в ньютоновской механике через понятие силы. Элементарной Р. силы $\bar{F}$ называется скалярное произведение вектора силы на вектор пути, причем это определение формально совпадает с данным выше и имеет всеобщее практическое распространение. Поэтому в дальнейшем изложение ведется на основе этого общепринятого определения.

Если точка переместилась на величину $d\bar{r}$ под действием силы F, то энергия, приобретенная телом, т. е. Р. силы $\bar{F}$:

$$A = \bar{F}\, d\bar{r} = F\, ds \cos\varphi \qquad (1)$$

или в координатах

$$A = X\, dx + Y\, dy + Z\, dz, \qquad (2)$$

где F и ds—длины векторов $\bar{F}$ и $d\bar{r}$. φ—угол между ними (фиг. 1), а X, Y, Z и dx, dy, dz—проекции этих векторов. Из (1) видно, что Р. отрицательна, если $\varphi > \frac{\pi}{2}$. В механике нередко пользуются и другими системами координат, напр. полярной; тогда вместо (2) получаются другие выражения. Однако всякое выражение работы имеет размерность энергии (см. *Размерность*), так как работа и есть, согласно приведенному определению, энергия. Например при вращении точки по окружности (фиг. 2) работа силы F будет



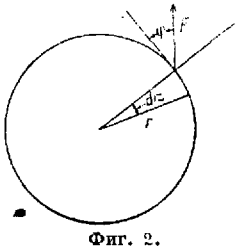
Фиг. 1.

$$\bar{F} d\bar{r} = F \cdot r \cos\varphi\, d\varphi = M\, d\varphi, \qquad (3)$$

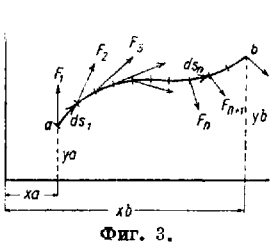
где M—момент силы, имеющий размерность сила×длина, а $d\varphi$—величина нулевой размерности, тогда как все произведение имеет прежнюю размерность. Если точка движется по инерции, встречая сопротивление f, всегда, как известно, направленное против движения, то $\cos\varphi$ равен -1 и работа отрицательна: энергия, запасенная в точке в виде кинетической энергии, убывает. Для подсчета Р. силы на пути конечной длины складывают Р. на отдельных элементах пути; это следует делать на основании закона сохранения энергии. Согласно этому имеем:

$$A_{ab} = \int_a^b |F|\, |ds| \cos\varphi = \int_a^b (X\, dx + Y\, dy + Z\, dz), \qquad (4)$$

где интеграл берется по пути перемещения точки от начального положения a до конечного b (фиг. 3). В механике доказывается, что в случае, если сила, действующая на точку, есть градиент скалярного потенциала, т. е. удовлетворяет условию:



Фиг. 2.

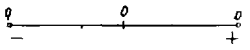


Фиг. 3.

$$\bar{F} = \nabla\varphi, \qquad (5)$$

то работа силы на пути ab не зависит от формы пути, но определяется целиком положением начальной и

конечной точек пути. Рассмотрим теперь систему двух точек, связанных теми или иными силами (напр. положительный и отрицательный электроны, земля и луна). В различных фазах движения система эта обладает одною и тою же полной, но различными количествами частного вида энергии: напр. в простейшем случае колебания по прямой положительного и отрицательного зарядов при их наибольшем удалении кинетич. энергия системы равна нулю (обе точки неподвижны в этот момент) (фиг. 4), а потенциальная имеет максимум; когда обе точки окажутся в положении O, кинетич. энергия достигнет максимального значения, потенциальная же упадет до нуля (точнее—до минимальной своей величины); следовательно при изменении конфигурации (геометрич. расположения частей) системы один вид энергии переходит в другой, т. е. совершается внутренняя работа; для ее подсчета достаточно сложить Р. силы, действующей со стороны точки a на точку b, рассматривая эту силу как внешнюю по отношению к точке b, и Р. силы, действующей со стороны точки b на точку a; математически это выразим так:



Фиг. 4.

$$A = F_{ab} \cdot ds_b + F_{ba} \cdot ds_a, \qquad (6)$$

где F_{ab}—сила, действующая на точку b, и F_{ba}—сила, действующая со стороны точки b на точку a. Согласно закону равенства действия и противодействия $F_{ab} = -F_{ba}$. Заметим, что если работа положительна, то кинетическая энергия системы увеличивается, что видно напр. из фиг. 4: для точки a Р. положительная и кинетическая энергия увеличивается; то же и для точки b. Вообще положительная Р. внутренних механич. сил увеличивает кинетич. энергию системы, отрицательная—увеличивает потенциальную энергию. Два разобранных примера показывают, как вычисляется внешняя и внутренняя Р. и в самом общем случае механики системы точек. Назовем через F_i силы, действующие на точки системы со стороны тел, к системе не принадлежащих; через dF_i—бесконечно малые перемещения точек под действием этих сил, через n—число точек. Тогда Р. внешних сил

$$A = \sum_1^n \bar{F}_i \, d\bar{r}. \qquad (7)$$

Обозначим далее через F_{ik} силу, действующую со стороны точки, обозначенной номером i, на точку k; тогда Р. внутренних сил

$$B = \sum_1^n \left(\sum_1^n F_{ik} \right) d\bar{r}_k, \qquad (8)$$

причем суммирование распространено на все возможные комбинации знаков i и k кроме случая их равенства. Выражение

$$\sum_1^n \bar{F}_{ik}$$

есть очевидно сила, действующая со стороны всех точек системы на точку k, точнее ее компонента по направлению пути. Отсюда видно, что сумма не должна содержать F_{kk}, так как силы, действующей от точки k на нее самое, нет. Вместо того чтобы упоминать о необходимости вычеркивать члены с равными значками, достаточно поставить—вообще необходимое—условие соблюдения закона равенства действия и противодействия:

$$F_{ik} = -F_{ki}, \qquad (9)$$

т. к. отсюда следует, что

$$F_{kk} = -F_{kk} = 0.$$

Указанные два общих определения покрывают собою все случаи механической работы.

Примеры: 1. Свободно падающее в пустоте тяжелое тело теряет потенциальную энергию и приобретает кинетич. энергию. Р. силы тяжести равна $A = mgh$, где m—масса тела, g—ускорение силы тяжести (их произведение—сила тяжести), h—расстояние, пройденное телом в рассматриваемый промежуток времени. Так как здесь имеем переход одного вида энергии в другую, то в этом смысле работа совершается внутренней силой.

2. Если свободно падающее тело находится в жидкости, то вследствие сопротивления среды оно через нек-рое время после начала движения начинает двигаться равномерно, т. к. сила тяжести уравновешивается силой сопротивления, направленной против движения. Здесь работа будет $|F| \cdot |ds| \cos(F, ds) = -|F| \cdot |ds|$, следовательно тело теряет энергию. В самом деле, опускаясь, оно теряет потенциальную энергию, но кинетическая энергия не увеличивается, так как скорость постоянна.

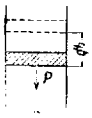
3. Трактор тянет груз с силой F, и движение равномерно. Если мы мысленно обрежем груз и заменим его силой, то, как в предыдущем случае, $\cos(F, ds) = -1$, и трактор теряет энергию, совершая Р.

4. Двигатель A (фиг. 5) при помощи приводного ремня вращает машину B. Мысленно разрезав ремень в точке M и заменив его натяжение силой F, имеем снова $\cos(F, ds) = -1$, таким обр. мотор совершает Р.



Фиг. 5.

5. Сжатая пружина внезапно освобождается. За счет работы внутренних сил ее потенциальная энергия начинает переходить в кинетическую.



Фиг. 6.

6. Газ расширяется (весьма медленно) вследствие нагревания и подымает поршень на высоту dh. Если давление на поршень есть P (фиг. 6), то сила, давящая на газ, есть PS (S — площадь сечения поршня), работа отрицательна и равна $PS \cdot dh = P\,dv$, где dv — изменение объема; газ, совершая работу, теряет свою энергию.

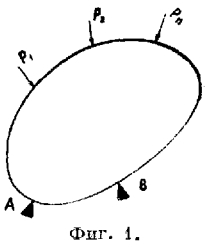
7. Р. электростатич. и магнитных сил ничем по существу от механической не отличается и все приведенные формулы применимы и к этому случаю.

8. Р. электрич. тока см. *Ток электрический*.

Лит.: Жуковский Н. Е., Аналитическая механика, М.—Л., 1925; Гримзель Э., Курс физики, пер. с нем., т. 1, ч. 1, 4 изд., М.—Л., 1931; Иоффе А. Ф., Курс физики, ч. 1, 3 изд., М.—Л., 1931; Энгельс Ф., Диалектика природы, статья: «Мера движения—работа».

Н. Андреев.

РАБОТА УПРУГИХ СИЛ, работа сил упругих деформаций. Пусть имеется упругая система, следующая закону Гука (см. *Сопротивление материалов*), свободно опирающаяся на две опоры и подвергающаяся воздействию внешних сил $P_1, P_2, \ldots, P_n$. Допустим далее, что точки приложения этих сил под действием последних перемещаются по направлениям линии действия сил на расстояния, соответственно равные $s_1, s_2, \ldots, s_n$. Если силы $P_1, P_2, \ldots, P_n$ в процессе своего воздействия на систему возрастают до конечных своих размеров сравнительно медленно, то работа этих сил при деформировании системы до предела упругости последней будет аккумулироваться в ней в виде потенциальной энергии, к-рая вновь проявится в виде соответствующего количества кинетич. энергии, как только рассматриваемые внешние силы прекратят свое действие. Работа, совершаемая упругой системой, и называется работою сил упругих деформаций. Из вышесказанного следует, что Р. у. с. определяется величиной работы внешних сил, деформировавших упругую систему и обусловивших в последней наличие определенного запаса потенциальной энергии. Поэтому исследование вопроса о Р. у. с. сводится к исследованию вопроса о потенциальной энергии деформации упругой системы.



Фиг. 1.

Пусть имеется упругая плоская система, находящаяся под действием внешних сил $P_1, P_2, \ldots, P_n$ и свободно опирающаяся на опоры A и B (фиг. 1). Допустим, что силы $P_1, P_2, \ldots, P_n$ переменны по величине и возрастают до своих конечных размеров сравнительно медленно, т. ч. динамич. влияния их на упругую систему не сказываются. Рассмотрим в дальнейшем тот частный случай, когда силы P_i, возрастая, сохраняют одни и те же отношения. Если материал системы подчиняется закону Гука и если деформация системы не выходит за предел упругости материала, то существует прямая пропорциональная зависимость между силою P_i и соответствующим смещением s_i

точки приложения силы P_i по направлению последней, так что

$$P_i = \lambda s_i, \quad (i = 1, 2, 3, \ldots, n), \tag{1}$$

где λ—определенный коэфициент пропорциональности, определяемый свойствами материала упругой системы. Элементарная работа силы P_i при этом (см. *Работа*):

$$dT_i = P_i ds_i = \lambda s_i ds_i, \tag{2}$$

а полная работа при изменении s_i от 0 до s_i

$$T_i = \int_{s_i=0}^{s_i} P_i ds_i = \int_{s_i=0}^{s_i} \lambda s_i ds_i = \lambda \frac{s_i^2}{2} \tag{3}$$

или, так как по равенству (1)

$$\lambda = \frac{P_i}{s_i}, \tag{4}$$

то согласно (3) и (4)

$$T_i = \frac{P_i s_i}{2}. \tag{5}$$

Работа же всех сил, равная накопленной упругой системой потенциальной энергии U, выражается так:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} P_i s_i. \tag{6}$$

Согласно (1)

$$s_i = \frac{P_i}{\lambda}, \tag{7}$$

вставляя (7) в (6), получаем так же:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i^2}{\lambda} = \frac{1}{2\lambda} \sum_{i=1}^{n} P_i^2. \tag{8}$$

Т. о. потенциальная энергия, накопившаяся в упругой системе, как видно из равенства (8), есть однородная квадратная ф-ия внешних сил, действующих на систему. Если, наоборот, в равенство (6) вставить значение P_i, определяемое из (1), то

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \lambda s_i^2 = \frac{\lambda}{2} \sum_{i=1}^{n} s_i^2. \tag{9}$$

Т. о., как видно из последнего равенства, потенциальная энергия, аккумулированная в упругой системе, есть также однородная квадратная ф-ия смещений s_i точек приложения действующих сил по направлениям действия последних. Этими же свойствами очевидно обладает и работа сил упругих деформаций системы при переходе потенциальной энергии системы в кинетическую. Что же касается реакций опор A и B, то работа этих двух сил равна нулю, т. к. точки приложения этих сил оставались неподвижными; величины же этих реакций легко определить, исходя из статических условий равновесия (см. *Механика теоретическая*).

В случае, если имеется статически неопределимая система, то действия опор д. б. заменены соответствующими силами реакций R_i, работа которых при деформации системы вообще не будет равна нулю, т. ч. правая часть равенства (6) будет содержать члены, зависящие не только от сил P_i, но и от сил реакций R_i. Пусть к упругой системе вместо сил P_i приложен ряд пар сил, величины моментов к-рых пусть будут M_1, M_2, ..., M_n, причем соответствующие углы закручивания пусть будут φ_1, φ_2, ..., φ_n. Нетрудно установить, что зависимости, установленные выше между величинами P_i и s_i, существуют также и между величинами M_i и φ_i. Пусть напр. к одному из оснований упругого цилиндра, закрепленного другим своим основанием, приложена вращающая пара, момент которой равен M_i. Между M_i и углом закручивания цилиндра существует линейная зависимость:

$$M_i = \mu \varphi_i. \tag{10}$$

Элементарная работа dT_i' рассматриваемой пары при угле закручивания, равном $d\varphi_i$, равна произведению M_i на $d\varphi_i$, так что

$$dT_i' = M_i d\varphi_i. \tag{11}$$

Полная же работа T' пары при изменении φ_i от 0 до φ_i выражается так:

$$T_i' = \int_{\varphi_i=0}^{\varphi_i} M_i d\varphi_i = \mu \int_{\varphi_i=0}^{\varphi_i} \varphi_i d\varphi_i = \frac{\mu}{2} \varphi_i^2 \tag{12}$$

или, принимая во внимание равенство (10),

$$T_i' = \frac{1}{2} M_i \varphi_i. \tag{13}$$

Если приложены n вращающих пар, то потенциальная энергия U' упругой системы

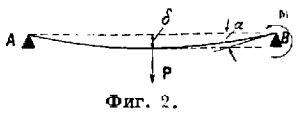
$$U' = \sum_{i=1}^{n} T_i' = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} M_i \varphi_i. \tag{14}$$

Принимая во внимание соотношение (10), получаем и в рассматриваемом случае, аналогично равенствам (8) и (9), равенства:

$$U' = \frac{1}{2\mu} \sum_{i=1}^{n} M_i^2, \tag{15}$$

$$U' = \frac{\mu}{2} \sum_{i=1}^{n} \varphi_i^2. \tag{16}$$

Вследствие аналогии между величинами P_i и M_i, с одной стороны, и величинами s_i и φ_i—с другой, аналогии, проявляющейся и во многих других случаях, часто понятию силы придают более общий, чем обычно, смысл, подразумевая под термином «сила» не только обычное понятие о ней, но и пару сил, а также совокупность двух равных и противоположных сил, имеющих одну и ту же линию действия и т. п. В таких случаях говорят об «обобщенной силе». Т. к. на данную упругую систему могут действовать одновременно обобщенные силы различных типов, то, принимая во внимание аналогию ф-л (8) и (9) с ф-лами (15) и (16), можно вышеприведенные положения обобщить след. обр.: потенциальная энергия упругой системы, подчиняющейся закону Гука и подвергающейся воздействию каких угодно обобщенных сил, есть однородная квадратная функция этих сил. Например пусть имеется балка, изгибаемая силою P, приложенной к ее середине, и парой M (фиг. 2). Стрела прогиба δ и угол α согласно выводам сопротивления материалов выражаются следующими равенствами:



Фиг. 2.

$$\delta = \frac{l^3}{48EI} P + \frac{l^2}{16EI} M, \tag{17}$$

$$\alpha = \frac{l^2}{16EI} P + \frac{l}{3EI} M. \tag{18}$$

Придавая ф-ле (6) обобщенный смысл, т. е. подставляя в нее вместо s_i значения δ и α из равенств (17) и (18), получаем для потенциальной энергии выражение

$$U = \frac{P}{2}\left(\frac{l^3}{48EI} P + \frac{l^2}{16EI} M\right) + \frac{M}{2}\left(\frac{l^2}{16EI} P + \frac{l}{3EI} M\right). \tag{19}$$

Правая часть последнего равенства и представляет собой однородную квадратную ф-ию обобщенных сил P и M. Решая совместно уравнения (17) и (18) относительно P и M и подставляя найденные значения их в уравнение (19), найдем, что U есть также однородная квадратная ф-ия смещений δ и α, к-рые поэтому носят название «обобщенных смещений».

Пусть при указанных выше условиях к данной упругой системе приложены обобщенные силы P_1, P_2, ..., P_i, ..., P_n, так что

$$U = f(P_1, P_2, \ldots, P_n), \tag{20}$$

и пусть какая-либо из этих сил, напр. P_i, увеличивается на бесконечно малую величину dP_i. Потенциальная энергия системы, равная работе сил $P_1, P_2, \ldots, P_i + dP_i, \ldots, P_n$ очевидно равна

$$U + \frac{\partial U}{\partial P_i} dP_i. \tag{21}$$

Последняя величина потенциальной энергии системы очевидно не зависит от порядка следования друг за другом рассматриваемых сил в процессе их приложения к упругой системе. Допустим, что сначала приложена сила dP_i, а затем лишь силы P_1, $P_2, \ldots, P_i, \ldots, P_n$. Так как сила dP_i вызывает бесконечно малое смещение, то работа dP_i при этом смещении будет, на основании вышесказанного, бесконечно малой величиной второго порядка малости, которою вследствие этого и можно пренебречь. При приложении затем сил $P_1, P_2, \ldots, P_i, \ldots, P_n$ они совершают работу, равную U, и кроме того сила dP_i совершает еще работу, равную $\delta_i dP_i$, обусловленную смещением δ_i, вызванным силою P_i. Следовательно потенциальную энергию системы можно с точностью до бесконечно малых второго порядка выразить так:

$$U + \delta_i dP_i. \tag{22}$$

Из сравнения сумм (21) и (22) следует, что

$$\delta_i = \frac{\partial U}{\partial P_i}. \tag{23}$$

Последнее равенство показывает, что если потенциальная энергия упругих деформаций системы м. б. представлена как однородная квадратная ф-ия при-

ложенных к системе обобщенных сил, то частная производная потенциальной энергии системы по какой-либо из этих сил равняется обобщенному смещению, вызванному этой же силой. Это предложение носит название теоремы Кастильяно. Вышеприведенный пример подтверждает справедливость этой теоремы. Так, беря частную производную по P от (19), имеем, принимая во внимание (17):

$$\frac{\partial U}{\partial P}=\frac{l^3}{48EI}P+\frac{l^2}{16EI}M=\delta. \qquad (24)$$

Точно так же, беря частную производную от (19) по M, имеем, принимая во внимание (18):

$$\frac{\partial U}{\partial M}=\frac{l^2}{16EI}P+\frac{l}{3EI}M=\alpha. \qquad (25)$$

Пусть далее имеется статически неопределимая система с определенным числом излишних закреплений. Заменив эти закрепления соответствующими силами реакций $R_1, R_2, \ldots, R_n$, допустим, что закрепления таковы, что перемещения точек приложения сил R_i невозможны по направлению последних. Тогда на основании теоремы Кастильяно имеем:

$$\frac{\partial U}{\partial R_1}=0;\ \frac{\partial U}{\partial R_2}=0;\ \ldots;\ \frac{\partial U}{\partial R_n}=0. \qquad (26)$$

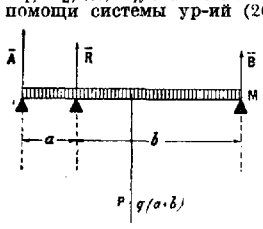
Т.к. число неизвестных $R_1, R_2, \ldots, R_n$ равно числу ур-ий системы (26), то, решив последнюю систему, можно найти и значения этих неизвестных. Так как U д. б. однородной квадратной ф-ией от $R_1, R_2, \ldots, R_n$, то

$$U=a_{11}R_1^2+a_{22}R_2^2+\ldots+a_{12}R_1R_2+ +a_{13}R_1R_3+\ldots+a_{nn}R_n^2, \qquad (27)$$

где $a_{11}, a_{22}, \ldots, a_{12}, \ldots$—нек-рые коэф-ты. В виду того, что $U>0$ при всех значениях $R_1, R_2, \ldots, R_n$, то из (27) следует, что все коэфициенты a_{ij} ($i=1, 2, \ldots, n$; $j=1, 2, \ldots, n$) д. б. положительны. Взяв вторые производные по $R_1, R_2, \ldots, R_n$ от U, имеем из (27):

$$\frac{\partial^2U}{\partial R_1^2}=2a_{11};\ \frac{\partial^2U}{\partial R_2^2}=2a_{22};\ \ldots;\ \frac{\partial^2U}{\partial R_n^2}=2a_{nn}. \qquad (28)$$

Отсюда следует, что вторые производные функции U по $R_1, R_2, \ldots, R_n$ положительны. Наличие последнего обстоятельства вместе с наличием системы ур-ий (26) представляет условие для минимума функции U. Таким образом определение излишних неизвестных сил $R_1, R_2, \ldots, R_n$ статически неопределимой системы при помощи системы ур-ий (26) сводится к подысканию для $R_1, R_2, \ldots, R_n$ таких значений, при к-рых значение потенциальной энергии системы становится минимумом. Это и есть так наз. начало наименьшей работы.



Фиг. 3.

В качестве примера рассмотрим следующий случай. Пусть имеется неразрезная балка, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой q и имеющая три опоры (фиг. 3), реакции которых суть A, R и B, направленные вертикально снизу вверх. Взяв алгебраические суммы моментов всех сил, приложенных к балке, сначала относительно точки M, а затем относительно точки K, и приравняв эти суммы нулю, получаем:

$$\left.\begin{aligned}A&=q\frac{a+b}{2}-R\frac{b}{a+b}\\ B&=q\frac{a+b}{2}-R\frac{a}{a+b}\end{aligned}\right\}. \qquad (29)$$

Потенциальная энергия изогнутого стержня согласно выводам сопротивления материалов получает выражение

$$T_1=\frac{1}{2EI}\int_0^x M^2\,dx, \qquad (30)$$

где M — изгибающий момент для левого пролета, равный

$$M=Ax-\frac{qx^2}{2}. \qquad (31)$$

В рассматриваемом случае потенциальная энергия T_1 левого пролета

$$T_1=\frac{1}{2EI}\int_0^a\left(Ax-q\frac{x^2}{2}\right)^2dx= =\frac{1}{2EI}\left(A^2\frac{a^3}{3}-Aq\frac{a^4}{4}+q^2\frac{a^5}{20}\right). \qquad (32)$$

Потенциальная энергия T_2 правого пролета получается аналогичным образом:

$$T_2=\frac{1}{2EI}\left(B^2\frac{b^3}{3}-Bq\frac{b^4}{4}+q^2\frac{b^5}{20}\right). \qquad (33)$$

Т. о. вся потенциальная энергия T стержня

$$T=T_1+T_2=\frac{1}{2EI}\left(A^2\frac{a^3}{3}-Aq\frac{a^4}{4}+q^2\frac{a^5}{20}+ +B^2\frac{b^3}{3}-Bq\frac{b^4}{4}+q^2\frac{b^5}{20}\right). \qquad (34)$$

Производная от T по R из последнего равенства

$$\frac{\partial T}{\partial R}=\frac{1}{2EI}\left[\left(2A\frac{a^3}{3}-q\frac{a^4}{4}\right)\frac{dA}{dR}+ +\left(2B\frac{b^3}{3}-q\frac{b^4}{4}\right)\frac{dB}{dR}\right]. \qquad (35)$$

Из равенств (29)

$$\frac{dA}{dR}=-\frac{b}{a+b}, \qquad (36)$$

$$\frac{dB}{dR}=-\frac{a}{a+b}. \qquad (37)$$

Подставляя значения (36) и (37) в (35) и принимая во внимание, что при неподвижности средней опоры $\frac{\partial T}{\partial R}=0$, получаем после ряда преобразований, что

$$R=\frac{q}{8ab}(a^3+4a^2b+4ab^2+b^3). \qquad (38)$$

При равных пролетах, т. е. при $a=b$

$$R=\frac{5}{4}aq. \qquad (39)$$

Пусть имеется упругая система, подвергающаяся воздействию со стороны двух различных систем нагрузок, состоящих из сил $P_1, P_2, \ldots, P_i$ и сил $P_{i+1}, P_{i+2}, \ldots, P_n$. Что же касается опор, то допустим, что они м. б. определены из уравнений статики или, в случае статич. неопределимой системы, что излишние закрепления заменены соответствующими излишними силами реакций. Пусть далее под действием первой системы сил точки приложения всех сил смещаются по направлениям последних на расстояния $\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_i, \delta_{i+1}, \ldots, \delta_n$, а под действием второй системы сил — на расстояния $\delta_1', \delta_2', \ldots, \delta_i', \delta_{i+1}', \ldots, \delta_n'$. Желая определить потенциальную энергию всей упругой системы под действием всех сил $P_1, P_2, \ldots, P_i, P_{i+1}, \ldots, P_n$, допустим, что сначала действовал лишь первый вид нагрузки. Тогда потенциальная энергия системы выражается на основании равенства (5) суммой

$$\frac{P_1\delta_1}{2}+\frac{P_2\delta_2}{2}+\cdots+\frac{P_i\delta_i}{2}.$$

Прилагая затем вторую группу сил, получим следующее выражение для потенциальной энергии системы от действия этих сил

$$\frac{P_{i+1}\delta_{i+1}'}{2}+\frac{P_{i+2}\delta_{i+2}'}{2}+\cdots+\frac{P_n\delta_n'}{2}.$$

Кроме того под действием 2-й группы сил точки приложения 1-й группы сместятся по направлениям последних сил на $\delta_1', \delta_2', \ldots, \delta_i'$, т. ч. эти силы совершают работу, равную

$$P_1\delta_1'+P_2\delta_2'+\ldots+P_i\delta_i'.$$

Следовательно упругая система под одновременным действием сил обеих групп будет обладать потенциальной энергией

$$U=\frac{P_1\delta_1}{2}+\frac{P_2\delta_2}{2}+\cdots+\frac{P_i\delta_i}{2}+\frac{P_{i+1}\delta_{i+1}'}{2}+ +\frac{P_{i+2}\delta_{i+2}'}{2}+\cdots+\frac{P_n\delta_n'}{2}+P_1\delta_1'+\cdots+P_i\delta_i'. \qquad (40)$$

С другой стороны, прилагая сначала 2-ю группу сил, а затем 1-ю группу и рассуждая так же как в первом случае, получаем

$$U=\frac{P_{i+1}\delta_{i+1}'}{2}+\frac{P_{i+2}\delta_{i+2}'}{2}+\cdots+\frac{P_n\delta_n'}{2}+\frac{P_1\delta_1}{2}+ +\frac{P_2\delta_2}{2}+\cdots+\frac{P_i\delta_i}{2}+P_{i+1}\delta_{i+1}+\cdots+P_n\delta_n. \qquad (41)$$

Сравнивая (40) и (41), имеем:

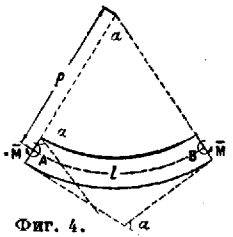
$$P_1\delta_1'+P_2\delta_2'+\ldots+P_i\delta_i'=P_{i+1}\delta_{i+1}+ +P_{i+2}\delta_{i+2}+\ldots+P_n\delta_n, \qquad (42)$$

т. е. работа, произведенная силами первого состояния упругой системы при перемещениях второго ее состояния по направлениям сил первого состояния равняется работе сил второго состояния этой же упругой системы при перемещениях первого ее состояния по направлениям сил второго состояния. Это

предложение и составляет т. н. теорему о *взаимности перемещений* (см.); она часто применяется при решении вопросов, связанных со статически неопределимыми системами, подвергающимися воздействиям каких-либо подвижных нагрузок (при расчете кранов, мостов и т. п.).

О принципе возможных перемещений, или о принципе возможных (виртуальных) работ см. *Механика теоретическая*.

Изложенные выше теоретич. выводы имеют обширное практич. применение, напр. при расчетах потенциальной энергии, накапливаемой при деформировании упругих брусов, пластин, пружин, при определении величин прогибов и углов наклона балок, рельс и т. п. с различными способами закрепления и видами нагрузок, при расчете изгиба рам, при динамич. исследовании явлений колебаний и вибраций и т. д. В качестве иллюстрации применения вышеприведенных теоретич. выводов рассмотрим следующие примеры. Пусть имеется призматич. стержень AB, к концам к-рого приложены две равные и противоположные пары с моментами, равными M и $-M$ (фиг. 4), действующие в продольной плоскости симметрии стержня. В сопротивлении материалов напряженное состояние стержня при этих условиях получает название чистого изгиба. Если получаемый при этом изгиб не выходит за пределы упругих деформаций материала, то работа T внешних сил при этом будет равна



Фиг. 4.

$$T = \frac{M\alpha}{2}, \qquad (43)$$

где α—угол наклона плоскости сечения одного конца балки относительно другого. Если l—длина балки до изгиба, равная длине нейтрального слоя балки после изгиба, то

$$\alpha = \frac{l}{\rho}, \qquad (44)$$

где ρ—радиус кривизны нейтрального слоя. Из равенств (43) и (44) получаем следующее выражение для работы T внешних сил, приложенных к данной упругой системе или, что количественно то же самое, для потенциальной энергии U чистого изгиба:

$$T = U = \frac{Ml}{2\rho}. \qquad (45)$$

Так как далее

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}, \qquad (46)$$

где E—модуль упругости, а I—момент инерции поперечного сечения балки относительно нейтральной оси, то

$$T = U = \frac{M^2 l}{2EI}. \qquad (47)$$

Пусть далее имеется консоль AB (фиг. 5), к концу A к-рой приложена сила P и пара, момент которой M_a. Для сечения ab, находящегося на расстоянии x от конца A балки, изгибающий момент

$$M = -Px - M_a. \qquad (48)$$

Потенциальная энергия dU изгиба элемента балки длиною dx, следующего непосредственно за сечением ab, равна на основании формулы (47):

$$dU = \frac{M^2\,dx}{2EI} \qquad (49)$$

Проинтегрировав обе части последнего равенства в пределах от 0 до l, получим потенциальную энергию U изгиба всей балки.

$$U = \int_0^l \frac{M^2\,dx}{2EI}. \qquad (50)$$

Пусть требуется определить прогиб f рассматриваемой балки в точке A. Применяя теорему Кастильяно, имеем из (50) и (48)

$$f = \frac{\partial U}{\partial P} = \frac{\partial}{\partial P}\int_0^l \frac{M^2\,dx}{2EI} = \frac{1}{2EI}\int_0^l \frac{\partial}{\partial P}(M^2)\,dx =$$

$$= \frac{1}{2EI}\int_0^l \frac{\partial}{\partial P}[(Px + M_a)^2]\,dx =$$

$$= \frac{1}{EI}\int_0^l (Px + M_a)\,x\,dx = \frac{Pl^3}{3EI} + \frac{M_a l^2}{2EI}. \qquad (51)$$

В качестве иллюстрации применения вышеизложенного начала наименьшей работы рассмотрим следующий пример. Пусть имеется балка постоянного сечения, один конец которой A заделан, а другой свободно опирается о подставку B (фиг. 6), и пусть балка равномерно нагружена нагрузкою q. Обозначая опорную реакцию конца B балки через X, а реактивную пару, препятствующую повороту сечения A балки через M_a, принимаем X за лишнюю неизвестную, каковую надлежит определить. Изгибающий момент M в сечении ab, отстоящем от B на расстоянии x,

$$M = Xx - \frac{q}{2}x^2. \qquad (52)$$

Если пренебречь влиянием скалывающих сил, то потенциальная энергия изгиба стержня на основании (50) и (52)

$$U = \int_0^l \frac{M^2\,dx}{2EI} = \int_0^l \frac{(Xx - \frac{1}{2}qx^2)^2\,dx}{2EI}. \qquad (53)$$

На основании начала наименьшей работы

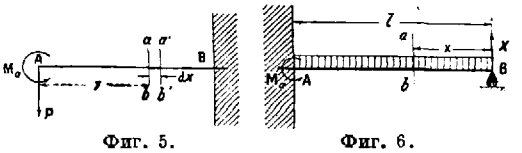
$$\frac{\partial U}{\partial X} = \frac{1}{2EI}\int_0^l \frac{\partial}{\partial X}\left[\left(Xx - \tfrac{1}{2}qx^2\right)^2\right]dx =$$

$$= \frac{1}{EI}\int_0^l \left(Xx - \tfrac{1}{2}qx^2\right)x\,dx = \frac{1}{EI}\left(X\frac{l^3}{3} - q\frac{l^4}{8}\right) = 0, \qquad (54)$$

откуда

$$X = \tfrac{3}{8}ql. \qquad (55)$$

Аналогичным образом м. б. определена и величина M_a. Начало наименьшей работы с большим успехом применяют для определения различных опорных реакций ферм, усилий в лишних стержнях и вообще для определения лишних неизвестных в упругих системах. Что касается теоремы о взаимных перемещениях, то при ее помощи легко разрешаются вопросы, связанные с расчетом неразрезных балок (см. *Балки неразрезные*), в частности определение реакций промежуточных опор этих балок; вообще теорема о взаимных перемещениях имеет весьма важ-



Фиг. 5.

Фиг. 6.

ное значение для теории статически неопределимых систем. **М. Серебренников.**

РАВЕНТУХ, ткань, вырабатываемая из лубяных волокон; имеет вспомогательное значение; Р. потребляется швейной промышленностью (подкладка и спецодежда) и идет для технических надобностей (подкладка на валы и др.). Материалом для Р. обычно служит льняной очесок № 8 — 11, из которого выпрядается пряжа № 12 — 16 б. ч. по мокрому прядению. Номер пряжи по утку равен или несколько ниже номера по основе. Переплетение ткани полотняное. Плотность ткани: по основе 34 нити на англ. дм., по утку 30—34 нити на англ. дм. Ширина ткани зависит от назначения и колеблется в пределах $^1/_2$—$1^1/_2$ *м*. Различают три вида равентуха: суровый, полубелый и крашеный. Примерная заправка Р. сурового (сорт 54) следующая: ширина готового товара 134 *см*; плотность готового товара на 1 дм.: основа 34, уток 30; ширина со станка 138; плотность на 1 дм.: основа 33,1, уток 31,2; бердо: ширина на проборе 143,5; зубов 880; число ниток основы полностью в берде 1 800, кромка 40; пряжа № 16 из сырья № 10 оческов мокрого прядения по основе и утку. Качественная оценка Р. представляется следующими цифрами, по данным НИТИ за 1929—30 г.: Р. суровый, сорт 54, ширина ткани 68,1, вес 1 *м*² 327,4 *г*. Число нитей на 55 *мм*: основа 66, уток 63,7; крепость полоски на 50 *мм*: основа 95,5, уток 91,1; крепость одной нити в ткани: основа 1 447, уток 1 430; № пряжи в ткани с учетом усадки: основа 15,1, уток 13,1. В настоящее время равентух полубелый и крашеный работают для военного ведомства, а суровый Р.—для швейной промышленности. В последнее время работы, проведенные Новлубинститутом и НИТИ по прядению немоченого луба, льна и конопли, ставят по-новому вопрос о производстве равентуха, к-рый вероятно удастся вырабатывать из немоченого луба, что даст возможность получить бо́льшие количества более дешевой ткани. **И. Крагельский.**

РАВНОВЕСИЕ химическое. В механике под Р. разумеют такое состояние тела, при к-ром ни одна точка его не имеет ускорения, следовательно все сводится к Р. сил; для механического Р. необходимо и достаточно, чтобы равнодействующая сил, действующих на каждую точку, была равна нулю. В химии понятие о Р. трактуется шире; здесь под состоянием системы подразумевается совокупность всех свойств ее, а под Р.—неизменность во времени (стационарность) состояния системы. Стационарность д. б. истинной, т. е. не зависящей от продолжительности срока наблюдений; т. о. исключаются те (в реальных условиях часто имеющие место) случаи, когда в системе идут процессы весьма медленные, недоступные учету в возможные для данной задачи промежутки времени. О системах, стационарность к-рых только кажущаяся, иногда говорят, что они находятся в ложном Р.

В основе учения о химич. Р. лежит постулат Гиббса: система, изолированная материально и энергетически от внешнего мира, находится в Р., если ее энтропия стационарна при всех возможных (в условиях изоляции) процессах в ней; это Р. устойчиво (стабильно), если значение энтропии максимально; оно неустойчиво (лабильно), если при каких-либо изменениях прирост (второго порядка) энтропии положителен. Понятие об изолированности системы включает представление о постоянстве масс в системе и об ее объеме. Гиббс показал, что его постулату можно придать другую равнозначную форму: при данном объеме и данной величине энтропии энергия изолированной системы, находящейся в Р., стационарна; при устойчивом Р. она минимальна. Обе формулировки имеют некоторое практич. неудобство: они оперируют с энтропией, недоступной непосредственному измерению. Заслуга Гиббса состоит в том, что он перевел свой постулат на язык свободных энергий. Мы различаем свободную энергию F при постоянном объеме (ψ — функция Массье-Гиббса) и свободную энергию Z при постоянном давлении (ζ—функция Массье-Гиббса, термодинамич. потенциал при постоянном давлении Φ Дюгема). Эти энергии, так же как и полная энергия U и тепловая функция (энтальпия) W,—характеристич. функции состояния системы [так называются функции, через производные которых можно в явной форме выразить любое термодинамич. свойство системы (см. *Правило фаз*)]. Но все эти энергии—U, F, Z и W—являются характеристич. функциями лишь при определенных независимых переменных, а именно: полная энергия U при независимых переменных—объеме V и энтропии S; свободная энергия F—при объеме V и темп-ре T; свободная энергия Z—при давлении p и температуре T; тепловая функция W—при давлении p и энтропии S,—т. е. характеристичны функции

$$U = U(V, S),\ F = F(V, T),\ Z = Z(p, T),\ W = W(p, S).$$

Очевидно, что наиболее ценны с практич. точки зрения свободные энергии, т. к. их независимые переменные доступны *непосредственному измерению*.

Гиббс показал, что его постулат о Р. физико-химических систем приводит к теоретически более узким, но практически более ценным формулировкам. 1) Для равновесия данной массы (системы) при данных объеме и $t°$ необходимо и достаточно, чтобы при всех возможных в указанных условиях изменениях свободная энергия F была стационарна; для устойчивого Р. требуется, чтобы она была минимальной. 2) Для равновесия данной массы (системы) при данных давлении и $t°$ необходимо и достаточно, чтобы при всех возможных в указанных условиях изменениях свободная энергия Z была стационарна; для устойчивого равновесия требуется, чтобы она была минимальной. Пятую формулировку постулата Гиббса можно получить, исходя из тепловой функции. Все эти формулировки вытекают из первой, и следовательно они не являются независимыми постулатами. Смысл постулата (в первой формулировке) тот, что данная система может находиться в целом ряде состояний, для которых можно установить значения энергии и энтропии, и тогда максимальное значение энтропии при

данных объеме и энергии будет критерием состояния Р. Однако здесь возникает некоторая трудность: само определение энтропии $S = \int \frac{dQ}{T}$ предполагает, что такое состояние достигнуто обратимым путем, т. е. при помощи последовательности равновесных состояний. Какова энтропия неравновесного состояния—нам неизвестно, а поэтому казалось бы, что постулат Гиббса неприложим к гомогенным системам, для которых известно лишь одно состояние Р., напр. в системе, где идет реакция $H_2+CO_2 \rightleftarrows CO+H_2O$. Эта трудность м. б. преодолена при помощи теоремы Гиббса (по терминологии Ван-дер-Ваальса—парадокса Гиббса), позволяющей вычислить энтропию смесей, если известны энтропии компонентов.

По первому закону термодинамики количество теплоты dQ, полученное системой, идет на увеличение ее энергии dU и на совершение ею работы $p\,dV$ (где p—давление, V—объем), т. е.

$$dQ = dU + p\,dV.$$

По второму закону

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

или

$$dQ = T\,dS;$$

подставив это значение dQ в выражение для первого закона, получим формулу, выражающую оба закона для обратимых процессов:

$$dU = T\,dS - p\,dV.$$

Ф-ла эта справедлива, если в системе нет химич. реакций, в противном же случае изменения количеств компонентов влекут за собою изменение энергии, равное $\mu\,dm$ для каждого компонента, где m—его количество (молярное), а μ—химический потенциал. Следовательно для всей гомогенной системы, состоящей из n компонентов, общее ур-ие обоих законов имеет следующий вид:

$$dU = T\,dS - p\,dV + \mu_1\,dm_1 + \mu_2\,dm_2 + \ldots + \mu_n\,dm_n. \quad (1)$$

Исходя из свойств свободной энергии, напр. Z, можно показать, что ее изменение

$$dZ = V\,dp - S\,dT + \mu_1\,dm_1 + \mu_2\,dm_2 + \ldots + \mu_n\,dm_n,$$

а при заданных (постоянных) давлении и $t°$

$$dZ = \mu_1\,dm_1 + \mu_2\,dm_2 + \ldots + \mu_n\,dm_n.$$

Если в системе протекает химич. реакция

$$\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 + \ldots \rightleftarrows \nu_1' A_1' + \nu_2' A_2' + \ldots \quad (2)$$

и абсолютные значения изменений количеств A_1, A_2, ..., A_1', A_2', ... равны dm_1, dm_2, ..., dm_1', dm_2', ..., то по смыслу химич. ур-ия

$$dm_1 : dm_2 : \ldots : dm_1' : dm_2' : \ldots = \nu_1 : \nu_2 : \ldots : \nu_1' : \nu_2' : \ldots;$$

обозначая $\frac{dm_1}{\nu_1}$ через $d\lambda$, получим:

$$dm_1 = \nu_1\,d\lambda;\ dm_2 = \nu_2\,d\lambda;\ dm_1' = \nu_1'\,d\lambda;\ \ldots;$$

следовательно

$$dZ = (-\nu_1\mu_1 - \nu_2\mu_2 - \ldots + \nu_1'\mu_1' + \nu_2'\mu_2' + \ldots)\,d\lambda = \Sigma(\nu\mu)\cdot d\lambda; \quad (3)$$

знак (—) показывает превращение веществ A_1, A_2, ..., а знак (+)—образование новых количеств A_1', B_1', ..., т. е. что реакция идет слева направо.

Для равновесия системы необходима стационарность функции Z, т. е. dZ должно равняться нулю; следовательно условием Р. системы при постоянных p и T по (3) является следующее соотношение:

$$\Sigma(\nu\mu) = 0. \quad (4)$$

Можно показать, что при постоянных V и T условием Р. является то же ур-ие (4), только в этом случае химич. потенциалы—ф-ии от V и T. Ур-ие (4) охватывает собою учение о химич. Р. в гомогенной среде. Если бы можно было непосредственно измерять химич. потенциалы, то это уравнение было бы и конечным общим уравнением химич. статики; однако невозможность измерения опытным путем этих потенциалов весьма усложняет данную область физич. химии. Дело в том, что надо выразить химич. потенциалы в виде ф-ий от V (или p), T и концентраций, а для этой цели необходимо знать ур-ия состояния как индивидуальных веществ, так и их смесей. Здесь химическая статика наталкивается на вторую огромную трудность: нет ни одного точного ур-ия состояния для реальных веществ, и приходится пользоваться в качестве первого приближения уравнением состояния идеальных газов. Если воспользуемся последним, выразив химические потенциалы через V (или p), T и концентрации, и подставим найденные выражения в уравнение (4), то придем чисто термодинамическим путем к закону действующих масс (см. *Действующих масс закон*):

$$\frac{c_1'^{\nu_1'}\,c_2'^{\nu_2'}\ldots}{c_1^{\nu_1}\,c_2^{\nu_2}\ldots} = K, \quad (5)$$

где K—постоянная величина, c_i—концентрации, а ν_i—коэф-ты в химич. ур-ии реакции (2). Ур-ие (5), лежащее в основе химич. статики, есть частный случай ур-ия (4). Поскольку газовый закон $pV = RT$ является предельным, постольку и закон действующих масс (5)—закон предельный, строго применимый лишь к системам, состоящим из идеальных газов. Его практическая применимость к реальным системам (даже жидким) пока не получила удовлетворительного объяснения, но тот факт, что закон этот в ряде случаев неприложим, становится понятным с точки зрения сказанного выше.

Для использования условия Р. (4) с целью вывода, более пригодного для реальных систем закона действующих масс, можно прибегнуть к ур-ию Ван-дер-Ваальса, как второму приближению к точному ур-ию состояния жидко-газообразных веществ. Исследования Р. Лоренца и Ван-Лаара показали, что в этом случае получается весьма сложный закон действующих масс, применение к-рого к опытным данным и классификация явлений Р. в гомогенной среде на его основе практически нецелесообразны. Льюисом указан другой своеобразный путь к решению задачи—замена переменных в законе действующих масс. Он принимает, что форма закона действующих масс остается прежней, как и для идеальных газов, но вместо концентраций надо брать новые величины, названные им активностями и определяемые эмпирически из опытных данных; функциональная термодинамич. связь между

концентрациями и активностями дается определением и вычисляется эмпирически. Следует однако признать, что путь Льюиса в его современной форме слишком эмпиричен для того, чтобы считать его выходом из положения.

В случае Р. систем гетерогенных к каждой из фаз ее применимо ур-ие (1); сопоставление таких ур-ий всех фаз системы при определенных ограничительных допущениях приводит, на основе постулата Гиббса, к условиям Р., а из них к *правилу фаз* (см.)—самому общему закону в области Р. гетерогенных систем. Закон действующих масс в форме (5) применим к гетерогенным системам в целом в том случае, если они состоят из твердых и газовой фаз, причем химич. реакция протекает только в газовой фазе; для доказательства этого положения нужно исходить из ур-ия (4)—выражений для химических потенциалов идеальных газов и самых общих представлений о потенциалах веществ в твердом состоянии. Этот факт делает химическую статику весьма ценной для целей изучения многих технических процессов.

Если вещества A, B, ... образуют вещества A_1', B_1',..., то всегда ли A_1' и B_1' в свою очередь вступают в реакцию с образованием веществ A и B? Другими словами, всякая ли реакция обратима? В ряде случаев часто приходится говорить о реакциях односторонних, т. е. идущих до конца, в противоположность обратимым реакциям. При двойном разложении солей, напр.

$$NaCl + AgNO_3 \rightleftarrows AgCl + NaNO_3,$$

увеличение точности работы показывает, что как ни мала растворимость хлористого серебра, она все же конечна, и что всегда имеет место обратная реакция между AgCl и $NaNO_3$. Возникает вопрос, односторонни ли (не практически, а теоретически) такие реакции, как инверсия тростникового сахара, сгорание пороха, разложение сложных органич. веществ, или и эти реакции, хотя бы в принципе, обратимы. В пределах чувствительности современных аналитич. методов невозможно доказать непосредственным опытом обратимости таких реакций, поэтому постановка такого вопроса есть скорее постановка вопроса о целесообразности подобного рода абстракции. В качестве конкретного примера приведем случай диссоциации воды:

$$2H_2 + O_2 \rightleftarrows 2H_2O.$$

В определенных широких пределах $t°$ обратимость этой реакции доказана опытом. Обратима ли она при всех $t°$? Имеет ли место диссоциация воды при низких $t°$ и всегда ли будет налицо вода, H_2O, при сколь угодно высоких $t°$? Определив константу Р. в области высоких $t°$, можно найти зависимость этой константы от $t°$ и экстраполировать ее до низких $t°$; тогда окажется, что степень диссоциации воды при 15° равна $0{,}47 \cdot 10^{-27}$ и что свободная энергия такой реакции при 15° равна 113 280 cal. Можно построить газовый элемент, работающий на основе этой реакции; из данных (экстраполированных) диссоциации вычисляем, что эдс такого элемента должна равняться 1,228 V, опытное же число меньше только на 0,1 V, а при высших $t°$ практически совпадает с вычисленным. Если, опираясь на этот опыт, примем, что произведенное экстраполирование законно и что при всех $t°$ существует система $2H_2O \rightleftarrows 2H_2 + O_2$, то придем к утверждению предвечности существования вещества; если имелись водород и кислород, то всегда существовала и вода, независимо от величины $t°$, и обратно. Однако подобного рода рассуждение во всем остается на чисто термодинамич. почве, т. е. оперирует с непрерывностью вещества. Станем на кинетическую точку зрения. В моле вещества $6{,}06 \cdot 10^{23}$ молекул, следовательно в случае воды при 15° число молекул в моле, подвергшихся диссоциации, равно $6{,}06 \cdot 10^{23} \times 0{,}47 \cdot 10^{-27} = 2{,}8 \cdot 10^{-4}$! Очевидно, что вопрос значительно сложнее и требует для решения особого подхода. Смесь водорода и кислорода при низких $t°$ м. б. стационарной очень продолжительное время; даже при 100° не было найдено никаких признаков реакции через 218 дн.; но при 300° через 65 дней можно было констатировать образование воды. По опытам Helier'a при пропускании смеси газов через фарфоровые трубки с кусками фарфора внутри, начиная с 200°, достигается равновесие, вернее стационарность в количестве образующейся воды: 0,12% H_2O при 200°. Этот предел реакции резко расходится с пределом диссоциации воды при 200°. Подобно смесям водорода и кислорода ведут себя очень многие системы. Возникает вопрос, в каком отношении находится их состояние к состоянию равновесия. По Оствальду такие системы неравновесны—в них идут процессы с очень малой скоростью («дрова горят не только в печке, но и перед печкой»); по Урбену и в подобного рода системах мы имеем дело с равновесием. Системы могут находиться в равновесиях равного рода: смесь водорода и кислорода при низких $t°$ находится в физич. равновесии, с химич. же точки зрения ее равновесие метастабильно; нужен катализатор, для того чтобы вывести смесь из ее метастабильного химического равновесия; как нужен толчок, чтобы сбросить камень с площадки, на которой он был в равновесном состоянии, на землю, где он также будет в равновесии, но более устойчивом. Сложные химические системы могут претерпевать ряд превращений; по пути к конечному равновесию они могут образовывать ряд систем, состояния которых равновесны, но степень устойчивости их равновесия различна. Всякий раз для перевода системы из одного равновесного состояния в другое нужен катализатор. Термодинамика не может предвидеть числа таких равновесных состояний, но может сказать, какое из них наиболее устойчиво.

Лит.: Van der Waals J. D.—Kohnstamm Ph., Lehrbuch der Thermostatik, T. 1, Lpz., 1927; Schottky W., Ulich H. u. Wagner C., Thermodynamik, B., 1929; Duhem P., Traité d'énergétique ou de thermodynamique générale, t. 1—2, P., 1911; Duhem P., Traité élémentaire de mécanique chimique fondée sur la thermodynamique, t. 1—4, P., 1897—99; Urbain C., L'énergétique des réactions chimiques, P., 1925; Gibbs J. W., Thermodynamische Studien, Lpz., 1892.

А. Раковский.

РАДАМЕ (Rhadamé), подкладочная полушелковая ткань, переплетение—сложная саржа. Основа—шелк-сырец деньe 13/15 или 16/18, уток—хлопчатобумажная пряжа № 30—40. Союзные фабрики имеют в настоящее время следующую заправку Р.: основа—шелк-сырец 16/18, уток—хлопчатобумажная пряжа № 36 суровая. Плотность по основе 80 ниток на 1 *см*, по утку 38 ниток, рабочая ширина берда 100,4 *см*. Число ремизок 12. Ширина сурового товара 98 *см*. Уработка в ткачестве: по основе 4,4%, по утку 2,45%. Благодаря длинному основному перекрытию ткань получается блестящей и по виду приближается к атласу.

В. Линде.

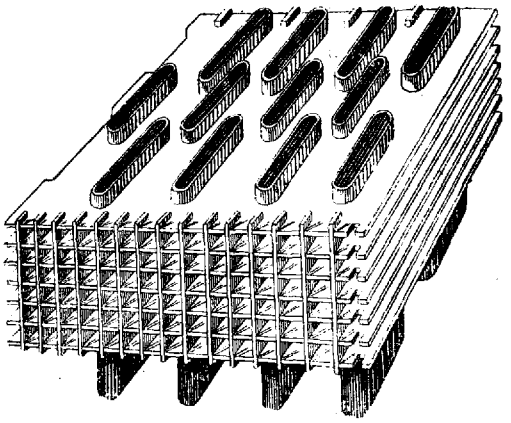
РАДИАТОР, прибор для охлаждения воды, поступающей из рубашек двигателя внутреннего сгорания. Охлаждение двигателя состоит в том, что приведенная в движение вода, проходя через водяные рубашки, окружающие цилиндры двигателя, отнимает от стенок цилиндров тепло и, попадая затем в Р., проходит в нем по узким каналам, передавая через тонкие металлические стенки радиатора свое тепло воздуху. Охлажденная вода затем снова поступает в водяную рубашку двигателя.



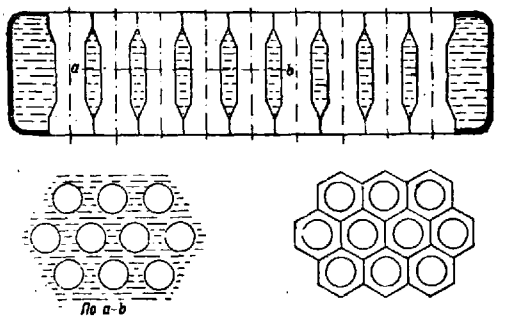
Фиг. 1.

По способу приведения в движение охлаждающей воды различают системы водяного охлаждения с принудительной циркуляцией и термосифонную. В первой охлажденная в Р. вода захватывается центробежным насосом и прогоняется в рубашки двигателя. В термосифонной системе циркуляция воды

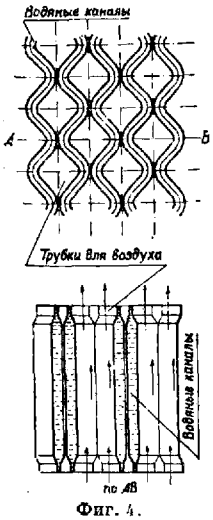
совершается исключительно под действием разницы веса столба холодной воды в Р., с одной стороны, и нагретой воды в рубашке двигателя и трубопроводе, — с другой стороны. Этим обусловливается необходимость устанавливать Р. несколько выше низа рубашек двигателя. Благодаря меньшей скорости циркуляции воды при термосифонном охлаждении приемное отверстие Р. и подводящая труба должны иметь увеличенное сечение, и сам Р. должен быть рассчитан на больший объем воды.



Фиг. 2.

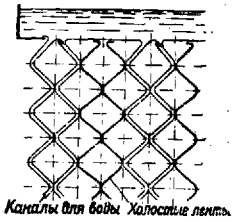


Фиг. 3.

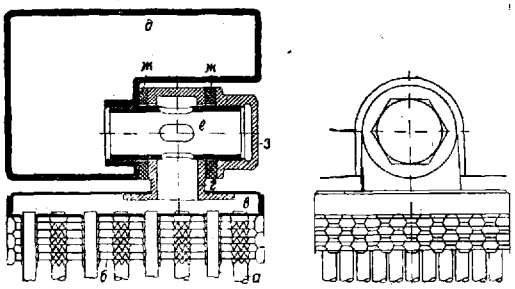


Фиг. 4.

Т и п ы Р. Простейшая конструкция охлаждающей части радиатора состоит из нескольких рядов вертикальных трубок с припаянными к ним ребрами (фиг. 1). Концы трубок входят в верхнюю и нижнюю коробки Р. Для лучшего омывания воздухом трубки располагают часто в шахматном порядке. Другая конструкция Р. с водяными трубками показана на фиг. 2. Трубки сплющены для получения большей поверхности их соприкосновения с воздухом и пропущены через ряды горизонтально расположенных пластин (ламелей), образующих бо́льшую поверхность охлаждения. Соединения трубок с пластинами пропаяны для лучшего контакта. Радиаторы сотовые с воздушными трубками состоят из большого числа воздушных горизонтальных трубок, расширенных по концам, спаянных в одно целое по торцам, имеющих между собой щели, образующие каналы для воды. Вода омывает трубки со всех сторон, внутри же трубок проходит воздух (фиг. 3). Сотовые ленточные Р. (фиг. 4) по принципу действия весьма сходны с предыдущим типом и отличаются только своим конструктивным осуществлением. Водяные каналы образованы плоскими изогнутыми трубками из латунной или же из медной ленты. Промежутки между трубками образуют воздушные трубки. Трубки изготовляют из полос металла шириной вдвое большей толщины Р. (с припуском на замок). Полосы прокатывают в вальцах с соответствующим профилем для получения нужных изгибов поверхности ленты, затем лента сгибается по длине. Из таких заготовок собирают соты и пропаивают швы трубок и соединения между ними погружением в ванну с припоем. Практически на основании опытных данных было выяснено, что иногда выгодно итти на уменьшение сечения для прохождения воды. Так, завод АМО, сократив число каналов для прохождения воды и оставив часть лент холостыми

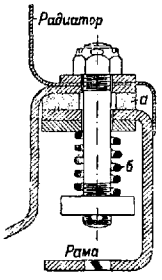


Фиг. 5.



Фиг. 6.

только для увеличения теплопередающей поверхности (фиг. 5), получил значительно бо́льшую теплоотдачу при прочих равных условиях. Для лучшей теплоотдачи воздуху холостые ленты делают не гладкими, а с различными выступами, просечками и т. п.



Фиг. 7.

Для удобства ремонта путем замены отдельных участков охлаждающей части Р. без пайки был создан тип разборного Р. Одна из конструкций такого Р. дана на фиг. 6. Каждая секция состоит из рядов водяных трубок *а* с ребрами *б* и соединяющих трубки коробок *в*. В коробки вделаны патрубки *г* для присоединения секции к верхнему и нижнему бакам Р. Присоединение к верхнему баку *д* сделано при помощи трубки *е* с наружной нарезкой, прокладок *зс*,

фланцевой гайки *з*. Для крепления Р. на раме автомобиля применяют различные способы, предохраняющие Р. от толчков и перекосов, испытываемых рамой. На фиг. 7 показан способ крепления на автомобиле Форд. Нижний лист кожуха Р. сделан из более толстого материала и образует фланец, опирающийся на поперечину рамы; *а*—упругая прокладка, *б*—пружина.

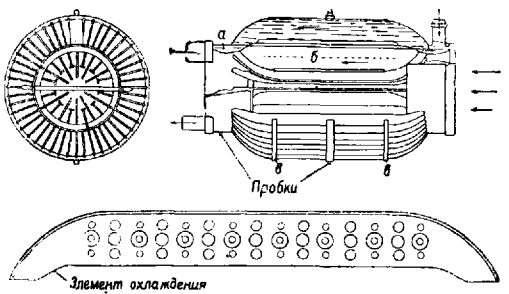
Материалом для воздушных трубок, сотовых лент и водяных трубок обычно служит латунь. Толщина стенок 0,15—0,16 *мм*. Ламели, а иногда и воздушные трубки делают из красной меди (примерно той же толщины), хотя и более дорогой, но имеющей больший коэф. теплопроводности. Коробки Р. делают б. ч. из листовой латуни или стали, а иногда для тяжелых машин литые из чугуна или алюминия.

Материал для сот—латунная лента—поступает в рулонах к вальцовке, где, проходя через вальцы, разрезается на части несколько длиннее двойной высоты сот (с припуском на загибку в замок). Вальцованная лента в отрезках поступает на стол, где складывается вдвое, концы ее загибаются в замок, после чего концы залуживаются обмакиванием в сплав. Далее лента идет на столы, где проверяют и устанавливают геометрич. правильность перегибов (квадраты, шестиугольники и т. п.) трубки, получившейся от складывания волнообразно вальцованной ленты вдвое. Сложенная лента скрепляется припоем посредством паяльника. После этого соты собирают в раму с винтовыми зажимами и подают на металлич. плиту, где их выравнивают ударами деревянного щита по торцам. Затем соты передвигают к ванне с к-той и погружают их в последнюю с одной и другой стороны на глубину 5—6 *мм*, а потом таким же образом погружают в ванну с оловом, выдерживая их в ней в течение 8—10 *сек*. Пропаянные соты укладывают на поверочную металлич. плиту, где освобождают их из рамки, и затем промывают водой при помощи щетки. Штампованые верхние и нижние коробки, а также остальные детали, поступающие в радиаторный цех в обработанном виде, склепывают, пропаивают и передают на верстак окончательной сборки, где в особых кондукторах и зажимах их собирают с сотами и пропаивают. Изготовленные Р. обязательно нужно промыть снаружи и внутри, т. к. в противном случае оставшаяся после пайки к-та в короткий срок разрушит места пайки. После тщательной промывки в горячей воде с раствором каустич. соли Р. проверяют испытанием сжатым воздухом от компрессора на давление (до 1,5 *atm*) для проверки качества пайки.

Проявляющаяся в Р. в процессе эксплоатации по различным причинам течь устраняется в зависимости от размера и места повреждения, а также в зависимости от конструкции Р. Легче всего поддаются ремонту разборные Р. путем замены поврежденной секции. У сотовых Р. для заглушки отдельных секций требуется отпайка обеих коробок, но небольшая течь из мест спайки по торцам легко устраняется наружною пайкою. Труднее всего поддаются ремонту Р. с водяными трубками, в особенности если течь происходит из трубки, расположенной в середине. В этом случае единственно возможный ремонт—это опайка обеих коробок и заглушка поврежденной трубки с обеих сторон. При частой смене воды в Р. на его охлаждающей поверхности накопляются осадки, постепенно уменьшающие водяные каналы. Осадок обладает очень небольшим коэф-том теплопроводности, т. ч. уже тонкий слой его значительно уменьшает теплоотдачу. Испытания Р. до и после удаления осадков показали, что чистка Р. уменьшила расход горючего до 4% и мощность двигателя увеличилась на 4—7%. Удаление осадков производят прежде всего систематич. промывкой Р. чистой водой. Затем применяют для удаления осадков раствор из 60 *г* едкого кали в 1 *л* воды с добавлением $1^1/_2$% керосина. Продержав раствор в Р. в течение ночи, приводят двигатель в действие на 10—15 мин. При очень твердых осадках заставляют циркулировать через Р. в течение 5 мин. раствор из 1 ч. соляной к-ты в 20 ч. горячей воды. Хорошим средством является промывка горячей водой с глицерином. Во всех случаях операция заканчивается прополаскиванием Р. чистой водой.

Р. авиационные. По форме авиационные Р. разделяются на коробчатые, столбообразные, горшкообразные, развернутые (плоские в крыльях). Кроме наиболее распространенных сотовых Р. в настоящее время применяют также пластинчатые Р.

Первоначальная конструкция пластинчатых Р. сист. Ламблена представляла собой Р. горшкообразной формы (фиг. 8), состоящий из двух кольцевых сборников воды *а* и радиально расположенных в два концентрич. ряда охладительных элементов *б* (плоские трубки-сегменты из 0,2-*мм* красной меди). Для

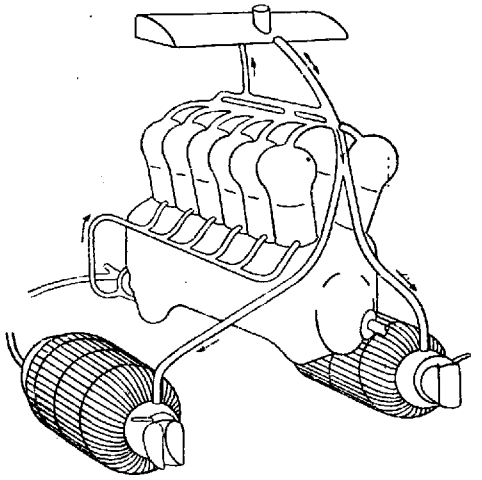


Фиг. 8.

достижения регулярности протока воды и достаточно высокого сопротивления внутреннему давлению стенки элементы соединены между собой пистонами. Для жесткости всей конструкции охладительные элементы соединены между собой поперечными поясами *в*. Примерные данные этих Р.: длина 670 *мм*, диам. 290—450 *мм*, число охладительных элементов 120—270, охлаждающая поверхность 6,3—14 $м^2$, емкость 4,5—15 *л*, вес пустого Р. 17—38 *кг*. В зависимости от величины охлаждающей поверхности Р. и полетных данных самолета один горшкообразный Р. может охлаждать двигатель мощностью 100—300 *л. с.* Эти радиаторы питаются запасной водой из отдельного бачка *а*, изображенного на схеме установки Р. системы Ламблена (фиг. 9). Видоизменение Р. этой конструкции представлено на фиг. 10, где изображен вид плоского Р., в к-ром *а*—приемный коллектор, *б*—отводный коллектор, *в*—кран для выпуска воды, *г*—охладительные элементы плоского Р.

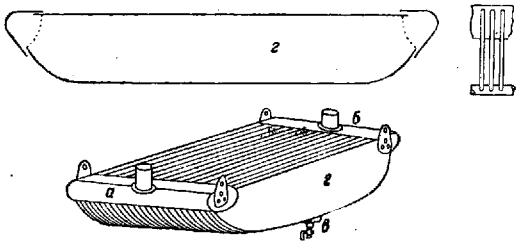
Идея крыльевых развернутых Р. заключается в развертывании на плоскость Р. с водяными трубками, и в этом случае поверхность крыла, фюзеляжа или иных частей самолета используется как охлаждающая поверхность Р. Лобовое сопротивление таких Р. весьма незначительно. Их недостатки: трудность регулировки охлаждения и боль-

шая поражаемость вследствие увеличения поверхности Р. В настоящее время применяют эти Р. почти исключительно на гоночных



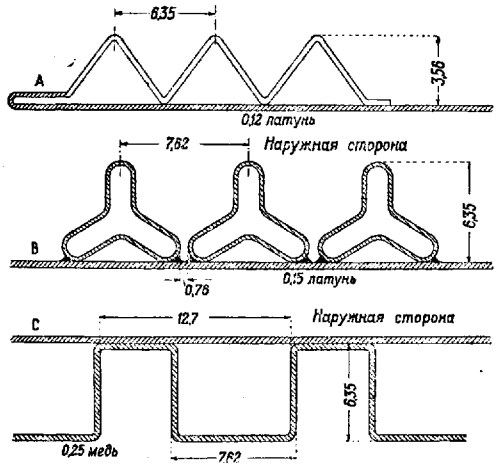
Фиг. 9.

самолетах, размещая их на поверхностях не только крыльев, но и поплавков, фюзеляжа и даже киля. Но известны также случаи при-



Фиг. 10.

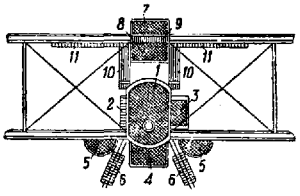
менения плоских крыльевых Р. на экспериментальных боевых самолетах. На фиг. 11 представлен схематич. поперечный разрез крыльевых Р. трех систем. В целях регули-



Фиг. 11.

ровки плоский Р. может быть разбит на отдельные выключаемые из циркуляции секции. Опасность замерзания жидкости в выключенных секциях может быть устранена или продуванием выключенной секции сжатым воздухом или же применением незамерзающих жидкостей.

Расположение Р. на самолете зависит от типа самолета, моторной установки и системы Р. Главные требования следующие: наименьшее лобовое сопротивление, наибольшая обтекаемость охлаждаемых поверхностей Р. воздухом, уменьшение длины соединительных трубопроводов, обеспеченность Р. от поражения огнем противника. Различные положения установки Р. на самолете изображены на фиг. 12. Положение *1* обусловливает слабый проток воздуха через Р. и невысокую теплоотдачу последнего вследствие малого пространства позади Р. и завихренности потока от воздушного винта перед Р. Установки *2*—*6* в потоке воздуха, отбрасываемого пропеллером, отличаются наибольшей скоростью проходящего через Р. воздуха и хорошим охлаждением, но при установках внизу Р. быстро загрязняются маслом и грязью. Установки *7*—*11* требуют длинного трубопровода и затрудняют подачу воды вверх, установки *3*, *8* и *10* затрудняют обзор пилота. В зависимости от расположения на самолете сравнительная степень использования Р. может быть выражена следующими коэф-тами:



Фиг. 12.

Расположение Р.	Коэф. использования
Радиатор в свободном потоке воздуха . . .	1,00
Радиатор, расположенный сбоку, снизу или сверху	0,97
Радиатор носовой, расположенный выше или ниже конца вала мотора . . .	0,66
Радиатор носовой, расположенный вокруг вала	0,58
Радиатор, расположенный позади мотора	0,42

Определение охлаждающей поверхности Р. Примем обозначения: F—охлаждающая поверхность Р., k—коэф. теплопередачи, ϑ_1 и ϑ_2—начальная и конечная $t°$ воды, τ_1 и τ_2—начальная и конечная $t°$ воздуха, c_w и c_l—удельные теплоемкости воды и воздуха, W—количество циркулирующей воды в *кг/ч*, L—количество проходящего через радиатор воздуха в *м³/ч* и Q—количество отводимого тепла в Cal/ч. Допустив, что изменения температуры воды и воздуха происходят по закону прямой линии, можно составить следующие тепловые балансы:

$$Q = Wc_w(\vartheta_1 - \vartheta_2),$$
$$Q = Lc_l(\tau_2 - \tau_1),$$
$$Q = Fk\left(\frac{\vartheta_1+\vartheta_2}{2} - \frac{\tau_1+\tau_2}{2}\right).$$

Определив из первых двух уравнений ϑ_2 и τ_2 и подставив их в третье уравнение, получим:

$$Q = \frac{\vartheta_1 - \tau_1}{\frac{1}{Fk} + \frac{1}{2Wc_w} + \frac{1}{2Lc_l}},$$

т. е. для данного Р. при данном количестве

воды и воздуха отдача тепла пропорциональна $\vartheta_1 - \tau_1$. Количество воздуха

$$L = 1\,000\,F_1 \lambda \varrho V_f \; м^3/ч,$$

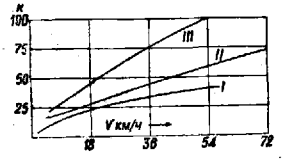
где F_1—лобовая поверхность Р., λ—отношение наименьшей действительной площади прохода для воздуха к лобовой поверхности, равное 0,628 для Р. с воздушными трубками и 0,429—для Р. с водяными трубками, ϱ—коэф., учитывающий изменение скорости воздуха до и после Р., зависящий только от конструкции последнего и принимаемый равным 0,9 для Р. с воздушными трубками и 0,8—для Р. с водяными трубками, и V_f—кажущаяся скорость движения автомобиля в *км/ч*, т. е. скорость, при к-рой Р. отдал бы то же количество тепла без содействия вентилятора, принимаемая при расчетах в $1^1/_2$—2 раза больше наименьшей скорости движения автомобиля при полной нагрузке двигателя. Введя еще соотношение: $F = F_1\varphi$ и $Q = 1\,000 N_e$, где N_e—эффективная мощность двигателя, и вставив значения $c_k = 1$ и $c_l = 0{,}25$, получим из вышеприведенного ур-ия

$$F_1 = \frac{\frac{1}{\varphi k} + \frac{1}{500 V_f \lambda \varrho}}{\frac{\vartheta_1 - \tau_1}{1000 N_e} - \frac{1}{2W}}.$$

Коэф. φ, представляющий отношение охлаждающей поверхности F к лобовой поверхности F_1, зависит от конструкции Р.: для Р. с круглыми воздушными трубками $\varphi = 37$, для Р. с плоскими водяными трубками $\varphi = 28$, причем это значение м. б. увеличено за счет снабжения трубок охлаждающими ребрами.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\xi}{\delta} + \frac{1}{a_2}},$$

где a_1—коэф. теплопередачи от воды к стенке Р., ξ—уд. теплоемкость материала стенки, δ—толщина стенки и a_2—коэф. теплопередачи от стенки к воздуху. В виду незначительности первых двух членов можно принять с достаточной точностью, что $k = a_2$. С возрастанием скорости обдувания a_2 (следовательно и k) непрерывно увеличивается. Для малых скоростей Геллер дает соотношение $k = 2 + 10\sqrt{v}$, где v—скорость в *м/сек*. Но уже при скоростях ~ 50 *км/ч* действительная величина k, в особенности для Р. с водяными трубками, перерастает почти вдвое вычисленную величину. На фиг. 13 даны кривые зависимости k от скорости; кривая



Фиг. 13.

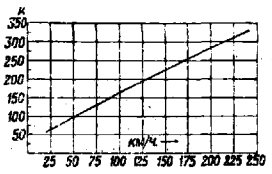
I построена по ф-ле $k = 2 + 10\sqrt{v}$, кривые же *II* и *III* даны Геллером, как более отвечающие действительности, *II*—для Р. с воздушными трубками и *III*—для Р. с водяными трубками. Попытка выведения более точной эмпирич. ф-лы для k сделана Кастанья (A. Castagna), к-рый дает для Р. с воздушными трубками ф-лу:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{12 + 2{,}5V} + \frac{1}{100 + 14\,000 v}},$$

где V—скорость воздуха в *м/сек* и v—скорость циркуляции воды в *м/сек*. Графич. выражение ф-лы Кастанья дано на фиг. 14, причем можно констатировать довольно близкое совпадение кривых Кастанья с кривой Геллера для радиатора с воздушными трубками. Экстраполируя данные Геллера и сравнивая их с кривыми Кастанья, можно с известным приближением принять за основу определения k для Р. с водяными трубками, а следовательно и для плоских Р., кривую, изображенную на фиг. 15. При скоростях порядка 200 *км/ч* величина k составляет примерно 250—280, имея тенденцию к непрерывному нарастанию. Определение охлаждающей поверхности по приведенной выше ф-ле дает только ориентировочные данные для конструирования Р., точный же расчет невозможен из-за многообразной зависимости условий теплопередачи.



Фиг. 14.

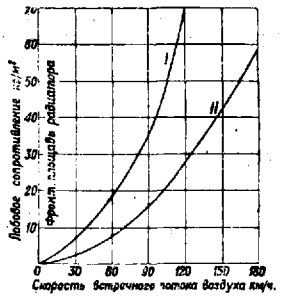


Фиг. 15.

Лобовое сопротивление Р. изменяется для определенной скорости полета пропорционально плотности воздуха. На основании продувок Р. в аэродинамич. трубе лобовое сопротивление Q_x в *кг* обычного сотового Р. с свободным протоком воздуха м. б. выражено следующей ф-лой:

$$Q_x = 0{,}003\,S \cdot v^2,$$

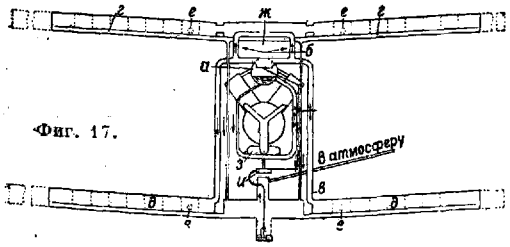
где 0,003—коэф. лобового сопротивления Р., S—фронтовая площадь в $м^2$, v—скорость полета в *км/ч*. На диаграмме (фиг. 16) дана зависимость лобового сопротивления Р. различных типов: кривая *I* получена для радиатора с круглыми 12-*мм* трубками и поперечными ребрами размером 300 × 300 × 80 *мм*; кривая *II* получена для Р. с 9,5-*мм* 6-гранными трубками и размером Р. 300 × 300 × 100 *мм*. Поглощаемая мощность Р. составляет примерно 5—20% всей мощности мотора.



Фиг. 16.

Р. для охлаждения паром. В двигателях, охлаждаемых путем испарения, вода в рубашках цилиндра превращается в пар. Благодаря высокой скрытой теплоте парообразования при испарении может быть поглощено большее количество тепла, чем при обычном охлаждении. При этом способе охлаждения требуется меньше воды в системе, и $t°$ рубашек цилиндров автоматически поддерживается на точке кипения, соответствующей данной высоте полета. Поток воды к каждому цилиндру или к отдельным группам цилиндров оставлен тем же самым, но

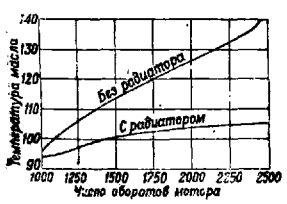
выпускные отверстия делают шире, чтобы выпускаемый пар увлекал с собою как можно меньше воды. Зазоры между поршнями и поршневыми кольцами делают несколько увеличенными. На фиг. 17 показана установка Р.



Фиг. 17.

на самолете Бристоль с применением конденсаторной системы. Пар и вода проходят от верхней части рубашек цилиндра к отделителю пара *а*, помещающемуся между цилиндрами мотора, и оттуда пар одновременно движется по трубкам *б* и *в* к каждому из четырех конденсаторов, из к-рых два *г* находятся в верхних крыльях, а два *д* в нижних; *е*—редукционные клапаны. Конденсаторы верхнего крыла получают пар из центроплана *ж*, а конденсаторы нижнего—у начала крыла; нижний центроплан является сборником для конденсата. Вода из отделителя возвращается путем обычного циркуляционного насоса *з* к рубашкам, и т. о. поддерживается постоянная циркуляция. Конденсат к отделителю возвращается специальным насосом *и*. Отделитель *а* применяется также в качестве запасного бака, имеющего цилиндрическую форму с отходящими двенадцатью патрубками, соответствующими выпускным патрубкам для воды у цилиндров мотора.

М а с л я н ы е Р. Современные авиационные моторы, работающие под большой нагрузкой, обычно требуют устройства специальных масляных Р. для охлаждения смазочного масла. Применяются масляные Р. двух типов: с охлаждением воздухом и с охлаждением водой. Понижение $t°$ охлаждаемого масла преимущественно зависит от охлаждающей поверхности Р. При современных установках понижение $t°$ достигает 28—56°. На фиг. 18 показана диаграмма изменения $t°$ масла при испытании двигателя на станке с Р. и без него. Производительность Р. для масла, помещенного в воздушном потоке, зависит от коэф-тов передачи тепла от масла металлу и от металла воздуху. Последний коэф. передачи от металла воздуху почти не изменяется при различных конструкциях Р. Главная трудность состоит в передаче тепла от масла к холодному металлу, вследствие образования сравнительно холодного вязкого слоя масла, находящегося в соприкосновении с металлом и не проводящего тепла. Улучшение в отношении передачи тепла м. б. достигнуто применением сплющенной трубки, скрученной т. о., что поток масла все время меняет свое направление, и масло ударяется о стенки трубки, или устройством препятствий на пути масла. Результаты лабораторных испытаний над передачей тепла от масла к металлу приведены в следующей таблице.

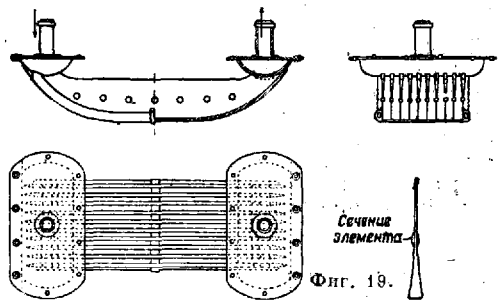


Фиг. 18.

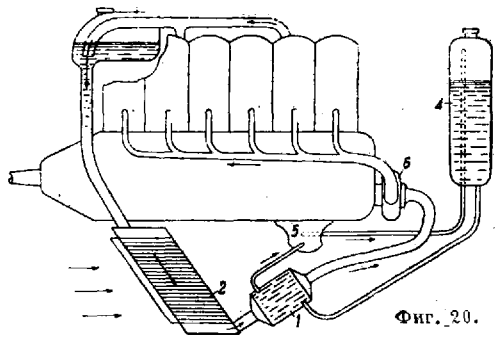
Передача тепла в Р. от масла к металлу.

Система трубок	Площадь соприкосновения масла с металлом, дм².	Ток масла, л/ч	Средняя скорость, м/сек	Падение давления по длине, кг/см²	Передача тепла к металлу на 1 дм².
Прямая трубка длиною 61 см, диам. 11,2 мм .	2,14	273	0,76	0,028	0,25
То же, но с винтами, вставленными внутри трубки через 3 мм	2,97	273	—	0,161	1,31

Из этой таблицы видно, что степень передачи тепла от масла к металлу повышается вследствие наличия винтов пропорционально повышению падения давления. Масляные Р. устанавливаются вблизи мотора, но чаще всего под головной частью фюзеляжа; возможна также установка и в крыльях самолета. На фиг. 19 представлен масляный Р. системы Ламблена. Масляный Р. Кертиса (фиг. 20) представляет собою небольшой со-



Фиг. 19.



Фиг. 20.

товый Р., по трубкам которого протекает вода, поступающая из Р. мотора, а между трубками циркулирует масло: *1*—масляный Р., *2*—Р. для воды, *3*—водяной бачок, *4*—бачок для масла, *5*—масляный насос и *6*—водяной насос.

Лит.: Х е л ь д т Р., Автомобильный двигатель, ч. 2, пер. с англ., М., 1932; Г и т т и с В. Ю., Автомобили, теория и конструкция, М.—Л., 1931; Г е л л е р А., Курс автомобиля, пер. с нем, т. 1, М.—Л., 1930; М а р к с Л. С., Авиационные двигатели, пер. с англ., М., 1925; H o b s G., E l l i o t t B. a. C o n s o l i v e r L., The Gasoline Automobile, N. Y., 1924; Dyke's Automobile a. Gasoline Engine Encyclopedia, 14 ed., Chicago, 1928; P r e s t o n, Water Steam Cooling, «Automotive Industries», N. Y., 1923, *12*; L o o c k w o o d,

Capacity of Radiators, «Journ. Society of Automobile Engineer», N. Y., 1923, *1*; Kichter, Wasserkühlung in Kraftwagen, «Z. d. VDI», 1927, *27*; «Journ. Society of Automobile Engineer», N. Y., 1929, *10*. **А. Знаменский, Н. Пастушенко, А. Сошин и Ю. Стебницкий.**

РАДИЕВЫ РУДЫ. Общие вероятные запасы радия во всех главнейших мировых месторождениях, известных в настоящее время, определялись в 1929 году приблизительно в 1 000 *г*. Образуясь при радиоактивном распаде урана, радий находится во всех минералах, в состав которых входит уран. Число последних весьма велико (их насчитывают не менее 75), однако только немногие из них имеют промышленное значение. Главнейшими Р. р. являются следующие минералы: урановая смоляная руда—соединения состава U_3O_8 и UO_2 (65—80% урана), цвет смоляно-черный, черно-бурый, оливковый, сероватый; карнотит (52—57% урана), удельный вес 4,1, цвет канареечно-желтый; тюямуюнит (53% урана), уд. в. 3,67, цвет лимонно-желтый; отунит (52% урана), тв. 2—2,5, уд. в. 3,5—3,9, цвет светложелтый; кюрит ($2\,PbO \cdot 5\,UO_3 \cdot 4\,H_2O$); казолит ($3\,PbO \cdot 3\,UO_3 \cdot 3\,SiO_2 \cdot 4\,H_2O$); беккерит ($UO_3 \cdot 2\,H_2O$); соддит ($12\,UO_3 \cdot 5\,SiO_2 \cdot 14\,H_2O$); фергусонит (ф-ла сомнительна; танталониобат кальция); самарскит (ф-ла сомнительна; урановый танталониобат иттрия и кальция); эвксенит (формула сомнительна; иттротитанониобат урана); ампангабеит (формула неизвестна; ниобат урана).

Месторождения радия м. б. подразделены на первичные (для к-рых неизвестны исходные минеральные тела), вторичные (образовавшиеся в результате изменения первичных минералов) и типа россыпей (к последним причисляют гл. обр. минералы ториевого ряда). В СССР единственное промышленное месторождение Р. р.—Тюя-Муюнское в Киргизской АССР, в 30 *км* к Ю.-З. от города Ош. Среди пещер, в известняках (карстовые пустоты и трещины) отложились различные минералы, содержащие уран, ванадий и радий; среди них туранит и тангеит—ванадаты меди—имеют промышленное значение, кроме тюямуюнита—ванадата уранита кальция. Оруденелые участки представляют собой каналы, заполненные растворами холодного типа, смешанными с термальным раствором; источниками урана, ванадия и радия явились термальные растворы. До 1914 г. эксплоатация Тюя-Муюнского месторождения велась «Ферганским обществом для добычи редких металлов». С 1922 г. эксплоатация возобновлена ВСНХ СССР и до последнего времени производилась трестом «Редкие элементы». Кроме того известны месторождения Р. р.: Алмалыкское (*в 6 км к В. от* Тюя-Муюнского рудника), в области Кураминского хребта (Узбекская ССР), источники Ухтинского нефтеносного района (автономная область Коми), содержащие растворы радиевых солей. Представляют интерес (в отношении радия) и нек-рые вольфрамовые и висмутовые месторождения Дальневосточного края и Бурято-Монгольской АССР. Вообще же территория Союза недостаточно изучена в отношении возможности нахождения новых месторождений Р. р. Первое место среди мировых месторождений Р. р. занимают урановые руды Бельгийского Конго (Центральная Африка). За ними следуют месторождения урановых руд в штатах Колорадо и Юта (США), в Иоахимстале в Чехо-Словакии. Второстепенное значение для мировой радиевой промышленности имеют (кроме Тюя-Муюна в СССР) месторождения Гуардии в Португалии, Корнуолла в Великобритании, штата Олари в Австралии и о-ва Мадагаскара. В 1929 г. были открыты Р. р. в Онтарио (Канада), могущие по мнению канадского Department of Mines иметь промышленное значение. Месторождения Бельгийского Конго находятся в округе Казоло, в провинции Катанга. С 1923 г. США почти перестали добывать радий, после того как в течение почти 10 лет давали бо́льшую часть мировой продукции. С 1923 г. бельгийское об-во (L'Union Minière du Haut Katanga), к-рому принадлежит месторождение, является почти полным монополистом в деле добычи и распределения радия. Данные о добыче радия по годам (в *г*) приведены в таблице.

Мировая добыча радия (в *г*).

Год	Иоахимсталь	США	Франция	Бельгия	Проч. страны
1909	0,7217	—		—	
1910	1,2937	—		—	
1911	2,0144	—		—	
1912	1,6977	—		—	
1913	2,1174	—		—	
1914*1	0,8751	—		—	
1914/15	1,7118	—		—	
1915/16	1,4013		13,5	—	5,4
1916/17	1,4199			—	
1917/18	2,7749			—	
1918*2	0,0459	154,0		—	
1919	0,9689			—	
1920	2,2310			—	
1921	3,2000			—	
1922	2,2300	12,21		3,00	
1923		—	1,00	25,00	2,30
1924		—	1,00	—	2.00
1925	1,5—	—	—	—	—
1926	2,0*3	—	—	20.0	—
1927		—	—	26,0	—
1928		—	—	40,0	—

*1 В первую половину. *2 Во вторую половину. *3 Ежегодно.

Цена на радий (в 1927 г.) составляла номинально 70 долл. за *мг*.

Лит.: Александров С. П., Радий и его руды, «НИ», т. 4, Л., 1929 (дана литература); Башилов И. Я., Технология радиоактивных руд, Ленинград, 1927; Богоявленский Л. Н., Светящиеся составы постоянного действия, П., 1919; Марков Н. К. и Огнев А. Н., Радий и уран, «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1926/27 г.», Л., 1928 (дана литература); Ферсман А. Е., К морфологии и геохимии Тюя-Муюна, «Труды по изучению радия и радиоактивных руд», Л., 1927, т. 3; Череденников А. А., Проявление радиоактивности в Ухтинском районе, «Вестник Геол. Комитета». Л., 1928, *4*. **Н. Федоровский.**

РАДИЙ, Ra, химич. элемент первой подгруппы второй группы периодической системы (аналог бария), продукт радиоактивного распада *урана* (см.), распадающийся в свою очередь на *гелий* (см.) и *эманацию* (см.); порядковое число 88, ат. в. 225,97; открыт в 1898 г. супругами Кюри в связи с наблюдением, что нек-рые изучавшиеся ими урановые минералы обнаруживали более сильную *радиоактивность* (см.), чем это следовало ожидать на основании содержания в них урана.

Распад атомов Р. соответствует излучению α-частиц и сопровождается слабым β-излу-

чением ядра, к-рое в свою очередь влечет за собой слабое вторичное γ-излучение. Т. к. эманация, как и все б. или м. долговечные продукты ее распада (за исключением нерадиоактивного последнего звена, RaG) также радиоактивны, причем каждому из них свойственны различные виды излучения α, β и γ, то излучение препаратов Р., к-рые практически никогда не бывают свободны от продуктов распада, является обычно суммой излучений всех этих элементов. Состав этого суммарного излучения, в к-ром излучение самого элемента Р. играет практически весьма незначительную роль, зависит от чистоты препарата, т. е. в нек-ром отношении и от его возраста (равновесие выделенного в чистом виде Р. с продуктами его распада устанавливается на протяжении 4—5 недель). Радиоактивный распад обнаруживается рядом вторичных физич. явлений, из которых следует отметить выделение тепла в количестве ок. 140 cal/ч. на 1 *г* Ra (считая все процессы распада до неактивного RaG), свечение солей Р. (тщательно высушенных) голубым светом и др. (см. *Радиоактивность*). Эффект воздействия излучений Р. на живые организмы зависит от характера тканей и от интенсивности облучения: слабое излучение стимулирует рост и развитие здоровых растительных и животных тканей, сильное же действует на них разрушительно. Под влиянием продолжительного воздействия излучений Р. на коже человека появляются сначала симптомы ожога, а потом трудно заживающие, почти неподдающиеся лечению изъязвления.

Порядковое число 88 относится кроме Р. еще к трем элементам: мезоторию 1 ($MsTh_1$) и торию X (ThX), продуктам распада тория, и к актинию X (AcX), продукту распада *актиния* (см.). Все 4 перечисленных *изотопа* (см.) неотделимы друг от друга химически, но различаются между собой нек-рыми физич. свойствами, в частности ат. в. и константами радиоактивности (см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 9—63). Важнейшие из известных свойств перечисленных четырех изотопов сопоставлены в табл. 1. Промышленное значение имеют только самые долговечные из них—Р. и мезоторий (о производстве последнего см. *Торий*). Два остальных обладают столь короткими периодами распада, что получение их в весомых количествах весьма затруднительно. В силу химич. идентичности Р. и мезотория получение каждого из них в чистом виде возможно из руд, содержащих или только уран или же только торий. Из руд, содержащих оба последние элемента, можно получить только химически неразделимую смесь Р. и мезотория (с торием X и актинием X). В рыночных препаратах мезотория имеется устанавливающаяся на протяжении 2 дней равновесная смесь $MsTh_1$ и продукта его распада $MsTh_2$, причем практич. значение имеет излучение последнего.

Табл. 1. — Важнейшие константы Ra, $MsTh_1$, ThX и AcX.

Константы	Ra	$MsTh_1$	ThX	AcX
Атомный вес	225,97	228	224	222—223
Время полураспада T	1580 лет	6,7 лет	3,64 дн.	11,2 дн.
Средняя продолжительность жизни τ	2280 »	9,7 »	5,25 »	16,2 »
Начальн. скорость α-лучей: $v_\alpha \cdot 10^9$ см/сек	1,51	—	1,64	1,64

Свободный Р., полученный путем электролиза его галоидных солей, представляет собой металл белого цвета, покрывающийся на воздухе черным налетом, вероятно нитрида, разлагающий воду с выделением водорода и образованием гидроокиси. Уд. в. ок. 6, $t°_{пл.}$ ок. 700°. В химич. отношении Р. является двухвалентным элементом более электроположительным, чем весьма сходный с ним барий. Соли Р. очень похожи на соответствующие, в большинстве случаев изоморфные с ними, соли бария, от к-рых первые отличаются обычно меньшей растворимостью. Получены и изучены немногочисленные соединения Р. Хлористый Р. $RaCl_2$ кристаллизуется с 2 молекулами воды, обезвоживается при 150—200°. При продолжительном хранении в безводном виде темнеет и тем больше, чем выше была $t°$ обезвоживания; влажный $RaCl_2$ соединяется с кислородом воздуха с образованием гипохлорита, который затем легко разлагается под действием углекислоты. В растворе разлагает воду с образованием гремучей смеси. Бромистый Р. $RaBr_2$ также кристаллизуется с $2H_2O$ и обладает аналогичными свойствами. Сернокислый Р. $RaSO_4$ является наименее растворимым в воде сульфатом. Очень мало растворим также углекислый Р. $RaCO_3$. Азотнокислый Р. $Ra(NO_3)_2$ растворим в воде, как и аналогичная соль бария.

Для определения Р. в силу низких концентраций его в сырье и небольших количеств, с к-рыми обычно манипулируют, никогда не пользуются как химич. методами, так и его спектром, хотя последний и изучен (Р. окрашивает пламя в красный цвет). Для количественного определения Ra служат исключительно радиометрич. (электрометрические) методы—измерения излучений самого Р. или же продуктов его распада (см. *Радиоактивность*). Наиболее удобен применяющийся для определения больших количеств Р. метод сравнения (с помощью соответствующего электроскопа) γ-излучения исследуемого препарата (точнее—продуктов его распада) с излучением эталона. Перед таким исследованием препарат должен храниться не менее 4 недель в герметически закрытом сосуде для установления равновесия между Р. и продуктами распада (гл. обр. RaC). Проще применяющееся в случае небольших количеств Р. определение (с помощью электроскопа другой конструкции) α-излучения эманации, выделяемой исследуемым препаратом Р. В этом случае требуется установление равновесия между эманацией и продуктами ее распада, наступающее уже через 3—4 ч. Единицей измерения эманации служит *кюри* (см.) или применяемая чаще миллионная доля ее—микрокюри. Эталоны, к-рыми пользуются для измерений, хранятся в соответствующих научно-исследовательских ин-тах большинства стран Европы и Америки, в том числе напр. во Всесоюзном ин-те мер и стандартов (б. Главной палате мер и весов) в Ленинграде. При пользовании ими учитывается, что количество Р. уменьшается ежегодно из-за распада на 0,04%.

В силу того, что Р. является продуктом распада урана, а возраст земной коры значительно превышает срок, необходимый для установления равновесия между этими элементами, соотношение средних содержаний их в земной коре пропорционально соотношению периодов их распада, т. е. равно

$$Ra : U = 3{,}3 \cdot 10^{-7} : 1.$$

Упомянутое соотношение Ra : U наблюдается естественно в достаточно древних пер-

вичных минералах и породах, напр. в урановой смолке. В других оно может быть нарушено вследствие вторичных процессов выветривания, выщелачивания и осаждения одного или другого элемента и т. д. Содержание урана в литосфере определяется цифрой $8 \cdot 10^{-5}$, а следовательно Р.—цифрой порядка 10^{-13}. По Гольдшмидту уран и торий скопились гл. обр. в верхних слоях силикатной оболочки земного шара.

Из урановых минералов, имеющих значение для промышленной добычи Р., необходимо отметить нижеследующие. Урановая смолка (уранинит), приблизительный состав U_3O_8 (ок. 70% U); важнейшая промышленная руда, встречающаяся компактными массами. Продукты выветривания ее объединяют собирательным названием ульрихит. Разновидностями последнего являются: бреггерит и клевеит (60—65%U). Часто при выветривании урановая смолка превращается в резефордин (карбонат уранила) UO_2CO_3, кюрит $2PbO \cdot 5UO_3 \cdot 4H_2O$ и казолит $3PbO \cdot 3UO_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 4H_2O$ (уранаты свинца, причем второй содержит и кремнезем, оба минерала являются вероятно продуктами выветривания урановой смолки). Отенит (урановая слюда) $Ca(UO_2)_2P_2O_8 \cdot nH_2O$ и торбернит (хальколит) $Cu(UO_2)_2 \cdot P_2O_8 \cdot nH_2O$—фосфаты уранила кальция (первый) или меди (второй). Карнотит $K_2O \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot 3H_2O$ (уранованадат калия) и тюямуюнит $CaO \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot 4H_2O$ (аналогичная соль кальция, легко разлагаемая кислотами). Бетафит, ампангабеит и самирезит, сложные, содержащие уран ниобаты и танталаты, встречающиеся на Мадагаскаре. Незначительное содержание Р. (порядка 10^{-12}) найдено также в горных породах, даже таких, в к-рых не удалось обнаружить урана. Наиболее высокое содержание Р. обнаруживают изверженные породы, в частности наиболее кислые из них. Обнаружен Р. также в воде океанов и некоторых внутренних морей, причем максимальное содержание его равно 10^{-14} *г/см*^{3}. Радиоактивность вод многих источников объясняется гл. обр. наличием выщелоченных из пород продуктов распада Р. и лишь иногда наличием соединений самого Р. В СССР радиоактивные воды имеются во многих нефтеносных районах, например Кавказа и Урала. Содержание Р. в метеоритах приблизительно равно содержанию его в изверженных породах. В спектре солнца Р. не обнаружен.

Промышленные месторождения руд Р. весьма немногочисленны. В Европе важнейшим является Иоахимсталь в Чехо-Словакии, где урановая смолка сочетается с никелевыми, кобальтовыми и серебряными рудами. Менее богатые месторождения имеются в Португалии (отенит), Англии (Корнуэллс и Девон), Германии, Швеции и Норвегии. В Африке известны три месторождения: Морогоро, Вост. Африка (ульрихит и резефордин), Мадагаскар (бетафит, ампангабеит) и Катанга (по соседству с медными рудниками) в Бельгийском Конго. Последнее является наиболее мощным из эксплоатируемых в настоящее время месторождений. Руда состоит из урановой смолки и продуктов ее разрушения, распределенных тонкими жилами в сланцах, известняках и доломитах. Два небольших месторождения имеются в Ю. Австралии (карнотиты). В Америке месторождения Р., имевшие до недавнего времени мировое значение, расположены в штатах Юта и Колорадо (карнотиты в песчаниках), а более мелкие в других штатах и в Мексике. Предполагается разработка месторождений в Канаде. СССР располагает промышленным месторождением Р. в Тюя-Муюне (Ферганская область, северное предгорье Малого Алая). Руда представляет собой тюямуюнит и родственные ему минералы, распределенные в виде мазков и тонких прожилков в известняковой породе—т. н. рудном мраморе. Не имеющие пока промышленного значения месторождения радиоактивных руд обнаружены также на Урале, в Сев. Карелии (Ухта), Забайкалье и других частях Сибири.

Процесс извлечения Р. из руд после обогащения их, к-рое в случае урановой смолки достигается относительно легко вследствие большого ее уд. веса, распадается в основном на 3 фазы: 1) разложение руды и получение сульфатов Р.—бария, 2) превращение последних в хлориды и 3) получение чистых солей Р. Описано большое количество сухих и мокрых, кислых и щелочных способов разложения руды в зависимости от ее состава, иногда после предварительного обжига. В качестве реагентов пользуются серной, соляной или азотной к-тами, едкими и углекислыми щелочами и т. д. Во всех случаях стремятся к переведению урана (и ванадия) в раствор и к получению в остатке нерастворимых сульфатов (Р., барий, кальций, свинец), возможно мало загрязненных посторонними веществами (кремнеземом, основные соли тяжелых металлов с радиоактивными их изотопами и пр.). Для превращения этих сульфатов в хлориды их предварительно переводят в карбонаты путем обработки содой или в сульфиды, напр. путем восстановления углем, а затем растворяют в соляной к-те. Во всех стадиях процесса стремятся к возможно полному удалению всех посторонних веществ. Для отделения Р. от бария раствор хлоридов подвергают дробной кристаллизации. Этот процесс основывается на том, что при выделении из раствора части солей в твердом виде в силу меньшей растворимости Р. соотношение Ra:Ba в твердой фазе больше, чем в первоначальном растворе (иными словами, кристаллы постепенно обогащаются радием). Выделение кристаллов из раствора осуществляется или с помощью упаривания или же путем добавления реагентов, уменьшающих растворимость хлоридов в воде—соляной кислоты, хлористого кальция и т. д. После относительного обогащения хлоридов Р. их превращают в бромиды путем промежуточного превращения в карбонаты и в этом виде ведут дальнейшее фракционирование. Описаны также способы фракционированного осаждения хроматов, сульфатов и т. д., а также фракционированной адсорбции Р., на перекиси марганца, силикагеле, пермутитах и т. д. Суммарный выход Р. из руды—80—90%.

Для хранения препаратов Р. пользуются стеклянными трубками с впаянными в них платиновыми проволочками, к-рые служат для отвода накопляющихся в трубке положительных зарядов, получающихся в результате распада. Для защиты от вредного действия излучения лиц, манипулирующих с такими препаратами, трубки помещают обычно в толстостенные свинцовые коробки. Важнейшие предприятия, занимающиеся извлечением Р. из руд, находятся во Франции (руды главным образом из Португалии, Мадагаскара), Бельгии (с 1922 года руды из Конго), Германии (руды из Чехо-Словакии и Америки), Чехо-Словакии, Англии и США.

Применение Р. и прочих радиоактивных элементов обусловливается их излучением. Наибольшие количества Р. используют разными путями для лечебных целей: радиоактивные грязевые и другие ванны, вдыхание воздуха, содержащего эманацию, питье радиоактивных вод и т. д. Самым важным является однако лечение излучениями Р. злокачественных опухолей (рак). Для этих целей применяются препараты Р. весом от нескольких *мг* до 1 *г* и выше, запаянные в стеклянные или платиновые трубочки. При умеренном воздействии лучей больные ткани разрушаются, а здоровые остаются почти без изменения. Иногда взамен самого Р. пользуются его эманацией. В этих случаях исходный препарат Р. хранится в соответствующей лаборатории, где от него периодически откачивают эманацию и запаивают ее в стеклянные трубочки, к-рыми уже пользуются в клиниках. Вторым по важности является применение Р. в качестве активатора в производстве *светящихся составов* (см.) постоянного действия. Особенно большие количества Р. (по нек-рым данным до 20 *г*) были использованы для этих целей во время войны 1914—18 гг. В Гер-

мании пользовались для этого гл. обр. смесью радиотория с мезоторием, к-рая дает тот же эффект, что и Р., но менее долговечна и поэтому менее ценна. Из других предложенных применений Р. нужно отметить использование для удобрения слабо радиоактивных руд и отбросов (стимулирование роста растений), применение радиоактивных веществ для ионизации воздуха в тех случаях, когда нежелательно скопление электрич. зарядов (напр. вследствие трения) в каких-либо частях аппаратуры (напр. в производстве каучука, при очистке хлопка и пр.). Благодаря тому, что γ-лучи Р. обладают аналогичными свойствами, но большей проницаемостью, чем *рентгеновы лучи* (см.), предложено пользоваться ими в технике для просвечивания. Наконец следует отметить, что большие количества радиоактивных элементов служат в разных лабораториях мира научно-исследовательским целям; изучение их способствовало развитию многочисленных областей физики, химии, геологии и других точных наук.

Промышленная добыча Р. началась в 1907 г. (Чехо-Словакия, б. Австрия), но велась в очень незначительных масштабах. В 1914 г. началась добыча Р. в США, составлявшая в 1918 г. 50%, а в 1922 г. 80% мировой. С 1922 г. доминирующая роль в добыче Р. переходит к Бельгии, рудники к-рой (Конго) могут удовлетворить мировую потребность. Добыча в Конго поднималась с 20—25 *г* ежегодно за время с 1920 по 1927 г. до 42 *г* в 1928 г. и до 60 *г* с 1929 г. Вследствие связанного с этим снижения цен США с 1923 г. почти прекратили производство. Всего добыто во всем мире до 1916 г. ~50 *г*, до 1922 г. ~ 200 *г* (из к-рых ~ 150 *г* в США), до 1925 г. ~ 300 *г*, до 1928 г. ~ 600 *г* Р. Распределение мировой добычи Р. по странам приводится в табл. 2.

Табл. 2.—Распределение мировой добычи радия по странам (в *г*)*.

Страны	До серед. 1922 г.	До 1928 г.
США	160	250
Бельгия (Конго)	—	245
Чехо-Словакия	25	45
Португалия	10	15
Мадагаскар	1	8
СССР	—	6
Англия	3	5
Ю. Австралия	0,6	1
Всего...	199	575

* По данным U. S. Bureau of Mines, Information Circular 6312.

Цена Р. (за 1 *мг* содержания его в рыночных препаратах, обычно бромистых) в США в долл. с 1923 г. держится на постоянном уровне—ок. 70 долл.; до этого цены на Р. подвергались сильным колебаниям, что видно из следующих цифр:

Годы	Долл.	Годы	Долл.	Годы	Долл.
1902	2—4	1906	50—60	1915	160
1903	5—6	1909—10	75—135	1916—18	120—150
1904	10—25	1911—12	150	1920	120
1905	25—50	1912—14	160—180	1922	70—90

Единицей измерения мезотория является его количество, излучение к-рого соответствует излучению 1 *мг* Р. Цена такого «*мг*-эквивалента» мезотория (из-за более короткого периода распада его) составляла раньше ок. 50% стоимости 1 *мг* Р., потом поднялась до 75% (40—50 долл.). Основным производителем является Германия (из отбросов производства тория). Другие недолговечные радиоактивные элементы добывались в незначительных количествах гл. обр. для научных целей.

Лит.: Башилов И. Я., Технология радиоактивных руд, Л., 1927; Шеллер В. Р. и Поуэлль А. Р., Анализ минералов и руд, содержащих редкие элементы, Л., 1928; Федоровский Н. М., Минералы в промышленности и сельском хозяйстве, 2 изд., Л., 1927; Шилов Н. А., Радиоактивные вещества (в книге: Д. Менделеев, Основы химии, 9 изд., т. 2, М.—Л., 1928); Хлопин В. Г., Химия радиоэлементов, там же; его же, Технология радиоактивности вещества, там же; Меншуткин Б. Н., Курс общей (неорганической) химии, 3 изд., М.—Л., 1930; Хевеши Г. и Панет Ф., Радиоактивность, пер. с нем., Л., 1925; Огнев А., Радий и уран, «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925/26 г.», Л., 1927; Марков Н. К. и Огнев А., Радий и уран, то же за 1926/27 г., Л., 1928; Александров С. П., Радий и его руды, «НИ», Л., 1929, т. 4; Ферсман А. Е., К морфологии и геохимии Тюя-Муюна, «Труды по изучению радия», Л., 1927, т. 3; Александров С. П., Радиевая промышленность в России, «ГЖ», 1924, *1*, 1925, *12*; «Труды радиевой экспедиции Рос. Академии Наук», 1914—1918, *I—10*; Ферсман А. Е. и Щербаков Д. И., Тюя-Муюнское месторождение в Фергане, «Труды НТО ВСНХ», М., 1925, *14*; Хлопин В. Г., Радий и его получение из русского сырья, Л., 1924; Щербаков Д. И., Месторождения радиоактивных руд Ферганы, Л., 1924; Hopkins B. S., Chemistry of the Rarer Elements, N. Y., 1923; Johnstone G. J., The Rare Earth Industry, L., 1928; Mellor J. W., A Comprehensive Treatise on Inorganic Chemistry, v. 4, L., 1923; «The Mineral Industry during 1930», N. Y., 1931, p. 535—538; Hess F. L., Radium, Uranium a. Vanadium, «Eng. a. Min. Journal», 1927, v. 125, *3*, p. 101; Thorpe E., A Dictionary of Applied Chemistry, v. 5, p. 635—643, L., 1924; Colomier F., Manual pratique du Radium, P., 1926; Kithil K. L. a. Davis J. A., Mining a. Concentration of Carnotite Ores, «U. S. Bureau of Mines Bull.», 1927, 103; Moore R. B. a. Kithil K. L., A Preliminary Report on Uranium, Radium a. Vanadium, ibid., 1913, Bull. 70; Tyler P. M., Radium, U. S. Bureau of Mines Information Circular 6312, 1930; Kraus M., Das staatliche Uranpecherzbergbaurevue bei St. Joachimstahl in Böhmen, W., 1916; Radium u. Isotope, Gmelin's Handbuch d. anorganischen Chemie, 8 Aufl., *31*, B., 1928; Henrich F., Chemie u. chemische Technologie radioaktiver Stoffe, Berlin, 1918; Curie P., Le radium et les radioelements, Paris, 1925; Marckwald W. u. Erbacher O., Radioaktivität, Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 8, p. 630—647; Simpson F. E., Radium Therapy, St. Louis, 1925.

Е. Кронман.

РАДИКАЛЫ, части молекул, переходящие при различных химич. реакциях как целое из одного соединения в другое. Простейшими Р. напр. являются одновалентные углеводородные остатки: метил CH_3, этил C_2H_5, фенил C_6H_5, нафтил $C_{10}H_7$ и т. п. Понятие о Р., как о неизменяемой части молекулы, в свое время послужило основанием для создания теории строения органич. веществ—теории Р., — разделявшейся виднейшими учеными первой половины 19 века. По этой теории радикалам в строении органич. веществ отводилась роль, аналогичная роли элементов в построении минеральных веществ. Кажущаяся неизменяемость Р. вызвала многочисленные попытки получения свободных Р., т. е. молекулярных остатков, могущих существовать не только в соединениях, но и самостоятельно. Такими свободными Р. одно время считали циан (Гей-Люссак), какодил (Бунзен), метил, этил, амил (валил) (Франкланд, Кольбе). В дальнейшем, главным образом после того как было доказано, что при реакциях, которыми пользовались исследователи, получались не Р., а их димеры [так, вместо CN и CH_3 получались $(CN)_2$ и $CH_3 \cdot CH_3$], теория радикалов была отброшена. Явившаяся ей на смену теория строения (Гергардт, Кекуле, Бутлеров) стала рассматривать Р. лишь как символы, облегчающие понимание реакций между органич. веществами, но лишенные самостоятельного значения. Впоследствии однако оказалось, что постоянная четырехвалентность углерода—одно из основных требований классич. теории строения—иногда не сохраняется и что при наличии известных структурных и

других условий м. б. получены и выделены соединения типа т. н. свободных Р.

Свободные Р. Под свободными Р. обычно понимают соединения, в состав к-рых входят элементы, обладающие валентностью на единицу меньшей, чем это следует из их положения в периодич. системе. Все свободные Р. окрашены, обладают резко выраженной тенденцией к присоединению различных атомов или атомных групп и в конц. растворах или в чистом состоянии б. или м. полно (в зависимости от особенности строения) рекомбинируются в димерные формы.

Р. с трехвалентным углеродом. Триарилметилы—соединения, отвечающие ф-ле R_3C (R—арильные остатки), получающиеся действием раздробленных металлов (Ag, Cu, Zn, Hg) на растворы триарилхлорметанов в эфире или бензоле. Первый Р. с трехвалентным углеродом—трифенилметил («тритил»)—получен в 1900 г. Гомбергом при помощи реакции:

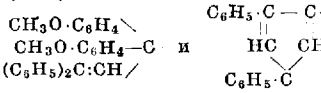
$$(C_6H_5)_3CCl+Ag=(C_6H_5)_3C+AgCl.$$

В растворах трифенилметил существует наряду со своим димером—гексафенилэтаном:

$$(C_6H_5)_3C\cdot C(C_6H_5)_3 \rightleftarrows 2(C_6H_5)_3C.$$

Нек-рые гексаарилметаны диссоциированы на Р. относительно слабо (напр. гексафенилэтан), у других степень диссоциации настолько велика, что даже в конц. растворах ее можно считать полной. Введение C_6H_5- и NO_2-группы в арильные остатки обычно способствует увеличению степени диссоциации: напр. гексафенилэтан диссоциирован в бензоле лишь на 2%, дифенил-тетрафенилэтан $(C_6H_5)_2(C_6H_4\cdot C_6H_5)C\cdot C(C_6H_4\cdot C_6H_5)(C_6H_5)_2$—уже на 15%; тетрабифенил-дифенилэтан $(C_6H_5)(C_6H_4\cdot C_6H_5)_2C\cdot C(C_6H_4\cdot C_6H_5)_2(C_6H_5)$—на 80% и гексабифенилэтан $(C_6H_5\cdot C_6H_4)_3C\cdot C(C_6H_4\cdot C_6H_5)_3$—на 100%.

Три(*n*-нитрофенил)метил, так же как и гексабифенилэтан, известен только в виде Р. Многократно фенилированные пропаны и бутаны при их получении распадаются на Р. с трехвалентным углеродом: октофенилпропан и декафенилбутан полностью диссоциированы, первый—на трифенилметил и пентафенилэтил, а второй—на пентафенилэтилы. Известны также соединения с трехвалентным углеродом, содержащие кратные связи; напр. Циглером были получены следующие Р.:



Состояние равновесия $R_3C\cdot CR_3 \rightleftarrows 2\,R_3C$ помимо природы радикалов R, связанных с этановыми атомами углерода, зависит от природы растворителя, степени разбавления и $t°$. Наиболее характерные свойства соединений с трехвалентным углеродом—окрашенность и способность к присоединению кислорода, галоидов и щелочных металлов. При действии молекулярного кислорода на трифенилметилы, последние превращаются в перекиси:

$$2(C_6H_5)_3C+O_2=(C_6H_5)_3C—O—O—C(C_6H_5)_3.$$

Продукт присоединения натрия к трифенилметилу в пиридиновом растворе диссоциирован на ионы:

$$(C_6H_5)_3CNa \rightleftarrows (C_6H_5)_3C'+Na^{\cdot}.$$

К относительно устойчивым соединениям с трехвалентным углеродом относятся также металлокетилы, получающиеся при растворении одного эквивалента щелочного металла в эфирном растворе диарилкетона:

$$(C_6H_5)_2CO+Na=(C_6H_5)_2CONa.$$

Металлокетилы — интенсивно окрашенные вещества, бурно реагирующие с кислородом. В отличие от этих относительно устойчивых Р. известны соединения с трехвалентным (а также меньшей валентности) углеродом, образующиеся при различных (гл. обр. термического характера) реакциях, но существующие весьма ограниченное время. Недавно Панет (Paneth) показал, что тетраметил- и тетраэтилсвинец при нагревании до $t°$ красного каления распадаются на свободные Р.—метил или этил:

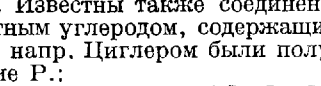
$$(CH_3)_4Pb=4CH_3+Pb.$$

Средняя продолжительность жизни $\frac{\tau}{\lg 2}$ (где τ—время половинного распада) для метила равна $1{,}44\cdot10^{-2}$ сек. Весьма вероятно также, что наряду со свободным гидроксилом OH, как продуктом термического распада воды $H_2O \rightleftarrows H+OH$, при горении углеводородов, напр. метана, образуются Р.:—CH_3, $=CH_2$, $\equiv CH$,—$C\equiv C$—. Изучение образования свободных Р. имеет весьма существенное значение для понимания механизма химич. реакций.

Р. с двухвалентным азотом были получены Виландом как продукты диссоциации тетраарилгидразинов. Так напр., тетрафенилгидразин в органич. растворителях распадается следующим образом:

$$(C_6H_5)_2N\cdot N(C_6H_5)_2 \rightleftarrows 2(C_6H_5)_2N.$$

Тетрафенилгидразин диссоциирован только частично. В отличие от гексаарилэтанов замена фенильных групп бифенильными не увеличивает диссоциации. Введение нитрогрупп полностью подавляет диссоциацию. Вместе с тем введение CH_3 в *о*-положение, или лучше—метоксила CH_3O или диметиламиногруппы $(CH_3)_2N$ в *п*-положение, вызывает почти полную диссоциацию. Гольдшмидтом было также показано, что фенилированные тетразоны распадаются на соединения с двухвалентным азотом—гидразилы, напр.



В отличие от трифенилметилов или аналогичных им веществ соединения с двухвалентным азотом весьма устойчивы относительно кислорода; окись же азота они присоединяют, превращаясь при этом в бесцветные продукты $R_2N\cdot NO$.

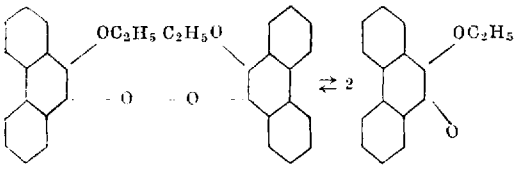
Органич. соединения с четырехвалентным азотом (аналогично NO_2) были получены в виде соединения типа R_2NO (R—арил). Их природа, как свободных Р., появляется в окраске и способности к присоединению других свободных Р., напр.

$$(C_6H_5)_2NO+C(C_6H_5)_3=(C_6H_5)_2N\overset{O}{\overset{\|}{C}}(C_6H_5)_3.$$

Устойчивость их весьма различна: в то время как дианизилазотокись $(CH_3O\cdot C_6H_4)_2NO$ устойчива в течение года, ди-*п*-толилазотокись $(CH_3\cdot C_6H_4)_2NO$ может сохраняться без изменения только не более 3 час. К соединениям с четырехвалентным азотом относится также тетраэтиламмоний $(C_2H_5)_4N$, об-

разование к-рого при электролизе иодистого тетраэтиламмония весьма вероятно.

Р. с одновалентным кислородом в чистом состоянии выделены не были. По Гольдшмидту они образуются в результате диссоциации перекисей типа:



Растворы их интенсивно окрашены, присоединяют калий и трифенилметил.

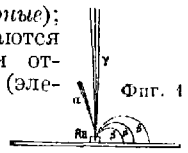
Органич. производные других четырехвалентных элементов также обнаруживают способность к образованию свободных Р. Исключение составляют гексаарилдисиланы $R_3Si—SiR_3$, не распадающиеся на свободные Р. Из гексаарилстананов фенильные производные не диссоциируют, тогда как гексатолилстанан $(CH_3 \cdot C_6H_4)_3Sn \cdot Sn(CH_3 \cdot C_6H_4)_3$ обнаруживает частичную диссоциацию. В отличие от замещенных этанов гексациклогексилстанан в разбавленных растворах полностью диссоциирован. Замещенные плумбаны $R_3Pb \cdot PbR_3$ также полностью диссоциированы на R_3Pb, если $R = C_6H_{11}$ (циклогексил) или этил C_2H_5.

Лит.: Шорыгин П. П., Успехи органич. химии, М.—Л., 1928, стр. 58; Smidlin J., Das Triphenylmethyl, Stg., 1914; Walden P., Chemie der freien Radikale, Lpz., 1924; Ziegler, «Ztschr. f. angew. Chemie», Lpz., 1927, Jg. 43, p. 915; Paneth F. u. Hofeditz W., Über die Darstellung von freien Methyl, «B», 1921, B. 62, p. 1335; Paneth F. u. Lautsch W., Über die Darstellung d. freien Aethyls, «Naturwissenschaften», B., 1930, Jg. 18, p. 307; «B», 1931, B. 64, p. 2702, 2708. **С. Медведев.**

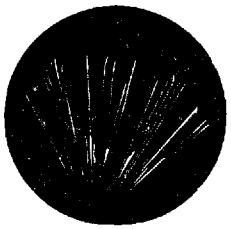
РАДИО, см. *Беспроволочная связь.*

РАДИОАКТИВНОСТЬ, свойство нек-рых химич. элементов к самопроизвольному распаду на другие элементы. Этот распад сопровождается различными корпускулярными и световыми радиациями. Явление Р. было открыто в 1896 г. Г. Бекерелем. Он обнаружил, что соли U выделяют излучения, действующие на фотографич. пластинку и сообщающие воздуху электропроводность. Дальнейшие исследования показали, что испускание «лучей Бекереля» есть атомное свойство U, не зависящее от того, в каком химич. соединении он находится. Систематич. исследования всех известных элементов обнаружили, что кроме U значительной Р. обладает только Th (Г. Шмит и М. Кюри, 1898 г.). Впоследствии была открыта еще слабая Р. K и Rb. При изучении природных соединений U оказалось, что Р. их значительно больше, чем следует ожидать по содержанию в них U. Высказанная М. Кюри гипотеза, что эта аномалия связана с присутствием в урановых минералах неизвестных сильно радиоактивных элементов, подтвердилась. Путем длительной и кропотливой работы П. и М. Кюри удалось выделить из урановой смоляной руды Иоахимстальского месторождения (Чехо-Словакия) новые элементы Po (1898 г.) и Ra (1898 г.), Р. к-рых в большое число раз превосходит Р. U. Этим было положено начало открытию ряда новых радиоактивных элементов или радиоэлементов, число к-рых доходит до 40.

Радиоактивные излучения. По своей природе излучения радиоактивных элементов не однородны. В 1902 г. Е. Рёзерфорд предложил названия α-(альфа), β-(бета) и γ-(гамма) лучей для трех видов радиоактивных излучений, обладающих следующими свойствами: α-лучи образуются положительно заряженными быстро движущимися материальными частичками атомных размеров и слабо отклоняются в электрическом и магнитном поле в сторону, соответствующую отклонению каналовых лучей (см. *Лучи корпускулярные*); они очень сильно поглощаются материей; β-лучи—частички отрицательного электричества (электроны); они значительно сильнее отклоняются магнитным полем и вполне аналогичны *катодным лучам* (см.). Проницаемость их значительно больше, чем у α-лучей; γ-лучи не испытывают отклонения в магнитном поле и не несут заряда; они обладают самой большой проницаемостью (фиг. 1). α-частицы несут двойной элементарный положительный заряд, равный $9 \cdot 55 \cdot 10^{-10}$ *CGSE*. По своей природе они тождественны с ядром атома гелия; α-частички вылетают из атома с определенной начальной скоростью, характерной для каждого α-излучающего радиоэлемента; эта начальная скорость лежит в пределах $1{,}4 \cdot 10^9$—$2{,}06 \cdot 10^9$ *см/сек*. В воздухе α-частицы благодаря своей большой массе движутся почти прямолинейно, растрачивая постепенно свою кинетич. энергию при столкновениях с молекулами газа и вызывая сильную ионизацию. α-частицы обладают определенной дальностью полета, пройдя к-рую они теряют свой заряд и способность вызывать характерные действия. Величина этой дальности полета или «пробега» α-частиц зависит от начальной скорости частицы и от поглощающего вещества. Величина пробега α-частицы характерна для каждого радиоэлемента и обнимает периоды 2,67—8,62 *см* в воздухе при 0° и 760 *мм*. В твердых телах α-частицы задерживаются толщиной слоя порядка 0,1 *мм*. Свойство водяного пара конденсироваться при определенных условиях на ионах позволяет наблюдать и фотографировать пути α-частиц (фиг. 2). β-лучи большинства радиоактивных веществ образуют несколько групп с различными начальными скоростями, распределение к-рых изучается по отклонению β-частиц в магнитном поле (спектр β-лучей). Начальные скорости β-частиц заключаются в пределах $8{,}7 \cdot 10^9$—$2{,}947 \cdot 10^{10}$ *см/сек*, т. е. до 0,988 скорости света. При прохождении через материю β-лучи рассеиваются значительно сильнее, чем α-лучи, мало изменяя свою скорость. Поглощение их происходит по закону, близкому к простому экспоненциальному $I_d = I_0 e^{-kd}$, где I_d—интенсивность излучения, прошедшего толщину d, I_0—начальная интенсивность, k—коэф. поглощения. Характерной величиной может служить толщина слоя какого-либо вещества, напр. алюминия, поглощающего β-лучи наполовину. Для раз-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

личных β-лучей величина этого слоя 0,001—0,05 *см* алюминия. Наиболее жесткие β-лучи RaC поглощаются полностью двумя *мм* свинца. γ-лучи по своей природе совершенно аналогичны рентгеновым лучам и характеризуются длиной волны 10^{-9}—10^{-11} *см*. Поглощение γ-лучей сопровождается рассеянием и появлением вторичных β- и γ-лучей. Приближенно поглощение выражается простым показательным законом $I=I_0e^{-\mu x}$, причем в первом приближении удовлетворяется соотношение $\frac{\mu}{\varrho}=\text{Const}$, где ϱ—плотность поглощающего вещества. Величина μ для γ-лучей различных радиоэлементов колеблется от 1 000 до 0,12, чему соответствует толщина слоя Pb, поглощающего лучи наполовину, 10^{-4}—5,5 *см*.

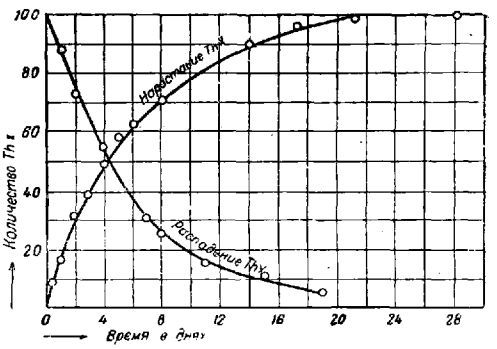
Теория радиоактивного распада. Для объяснения радиоактивных явлений Резерфорд и Содди предложили в 1902 г. теорию атомного распада, полностью подтвержденную дальнейшими экспериментами. Атомы радиоактивных элементов являются неустойчивыми образованиями и подвержены самопроизвольному распаду, подчиненному закону случайности. При этом освобождается внутриатомная энергия в виде излучений, атом же претерпевает превращение, переходя в другой химич. элемент с совершенно иными свойствами, напр. металл Ra превращается в RaEm—инертный газ. Основной закон радиоактивного распада формулируется след. обр.: количество вещества ΔN, распадающегося в элемент времени Δt, пропорционально наличному его количеству N и промежутку времени Δt, т. е. $\Delta N=-\lambda N\Delta t$, или $N_t=N_0e^{-\lambda t}$, где N_0—начальное количество, N_t—количество для момента t. Коэф. пропорциональности λ носит название радиоактивной постоянной, или константы распада радиоэлемента. Более наглядно каждый радиоэлемент характеризуется периодом полураспада, т. е. промежутком времени, в течение к-рого начальное количество его уменьшается наполовину, или же средней продолжительностью жизни τ. Период полураспада T, средняя продолжительность жизни τ и радиоактивная постоянная λ связаны между собой след. обр.: $T=0{,}6931\tau=0{,}6931\frac{1}{\lambda}$. Для различных радиоэлементов $\lambda=1{,}3\cdot10^{-18}\div10^{11}$ сек., соответственно $T=5{,}2\cdot10^{17}$ сек. ($1{,}65\cdot10^{10}$ лет)$\div10^{-11}$ сек. Между λ и величиной пробега α-лучей R существует найденное эмпирически Гейгером и Нуталлом соотношение $\lg\lambda=A+B\lg R$, где A и B—константы. Графическое изображение закона Гейгера и Нуталла дает для трех радиоактивных семейств U—Ra, Th и Ac три параллельные прямые. Этим законом приходится пользоваться между прочим для определения радиоактивных констант быстро распадающихся веществ.

Явления радиоактивного распада, сопровождаемого вылетом из ядра атома α- и β-частиц, дали первое доказательство сложного строения атомного ядра, заключающего в качестве структурных элементов электроны, протоны и ядра He. Закономерности, наблюдаемые в распределении длин волн γ-лучей и скоростей β- и α-частиц, указывают на существование в ядре устойчивых состояний, соответствующих определенным уровням энергии. γ-излучения повидимому связаны с внутриядерными переходами α-частиц с одного уровня энергии на другой, причем длина волны γ-луча определяется из квантовых соотношений. При радиоактивном превращении, сопровождаемом вылетом α-частицы из ядра, она должна пройти через уровень потенциальной энергии, значительно превышающий собственную энергию частички, к-рой она обладает в ядре. С точки зрения классич. теории невозможно объяснить вылет α-частички из ядра через этот «потенциальный барьер». Теории радиоактивного распада, основанные на принципах волновой механики, описывают движение α-частиц при помощи волновой функции, причем α-излучение является результатом постепенного проникновения волновой функции через вышеупомянутый потенциальный барьер. При этом можно найти теоретическое выражение для связи скорости α-частиц с константой распада атома, удовлетворяющее опытным данным. Принимая, что α-частички в ядре атома обладают той же величиной энергии, с какой они покидают ядро при распаде, мы получаем исходную величину для оценки абсолютных значений уровней энергии в ядре атома. Эти величины порядка 10^6V (в обозначениях атомной физики). β-излучения радиоактивных элементов образуют, с одной стороны, группы электронов определенных скоростей, по всей вероятности появляющихся в результате фотоэффекта, вызываемого γ-излучением ядра в электронных оболочках атома, с другой стороны, β-частички, вылетающие из ядра, обладают скоростями самых различных значений (непрерывный магнитный спектр γ-лучей). Часто за α-превращением в ряду распада следуют два β-превращения, что можно истолковать нарушением устойчивости электронных уровней в ядре при уменьшении числа α-частиц. Энергетические взаимоотношения в ядре, связанные с β-излучением, представляются еще не вполне ясными.

При распаде радиоактивного атома получается б. ч. также радиоактивный элемент. Т. о. образуются ряды распада, или радиоактивные семейства, последовательно превращающихся радиоэлементов. Закон радиоактивного распада дает возможность рассчитать количество любого из членов ряда для каждого момента времени при заданных начальных условиях. На практике важнее всего следующие случаи. 1) Распад отдельного радиоэлемента, например RaEm; количество радиоэлемента в любой момент выразится так: $N_t=N_0e^{-\lambda t}$, начальное количество (при $t=0$). 2) Образование из радиоэлемента с весьма большой продолжительностью жизни (количество к-рого за рассматриваемый промежуток времени практически не изменяется), напр. образование UX (период полураспада 24 дня) из U (период полураспада 10^9 лет). В этом случае количество атомов образующегося элемента N_2 для момента t выразится через число атомов материнского элемента N_1 и соответствующие константы распада так:

$$N_{2(t)}=N_{2(0)}e^{-\lambda_2 t}+\frac{N_1\lambda_1}{\lambda_2}(1-e^{-\lambda_2 t_2}).$$

3) Случай радиоактивного равновесия, когда сохраняется постоянное отношение чисел атомов последовательных элементов в ряду распада. В этом случае соблюдаются равенства: $N_1\lambda_1=N_2\lambda_2=\ldots=N_k\lambda_k$, если рассматриваемый ряд содержит k элементов (фиг. 3,

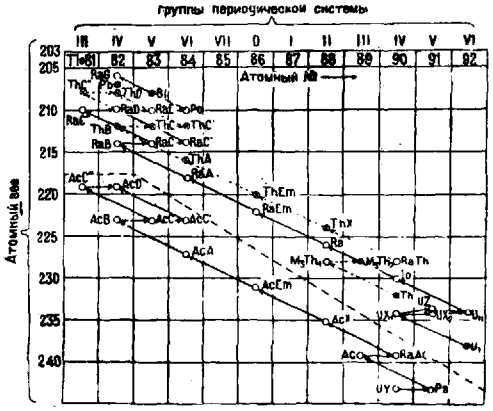


Фиг. 3.

A—нарастание и B—распадение ThX). Превращение радиоэлементов всегда сопровождается α- или β-излучением. Неизвестно ни одного случая, когда радиоактивное превращение сопровождалось бы только одним γ-излучением.

Изучение радиоактивных превращений привело к открытию большого числа новых элементов. При попытках разместить радиоэлементы в периодич. системе возникли затруднения, т. к. число свободных мест оказалось недостаточным. Эти затруднения удалось преодолеть в результате изучения химических особенностей радиоэлементов. Болтвуд, открывший в 1906 г. новый радиоактивный элемент ионий, показал, что его химич. свойства совершенно совпадают со свойствами элемента тория. Далее подобная химич. идентичность была обнаружена у ряда радиоэлементов (Ra и MsTh, Pb, RaB, ThB, AcB и др.), и в 1910 г. Содди высказал мысль, что эти элементы обладают принципиально одинаковыми свойствами, и их разделение методами химии невозможно. Группа таких неразличимых химически элементов называется по предложению Фаянса плеядой, а сами элементы по предложению Содди изотопами, т. к. они занимают одно и то же место в периодич. системе. Тогда же Содди предположил, что и нерадиоактивные элементы могут являться смесью принципиально неразделимых элементов разного ат. в., чем и объясняются дробные значения ат. в. большинства элементов. Эта идея Содди нашла себе блестящее подтверждение в работах Астона, открывшего методом положительных лучей изотопы обычных элементов. Понятие изотопии позволило разместить все радиоэлементы в периодич. системе. Они обнимают 10 плеяд, расположенных в двух последних рядах периодич. системы (фиг. 4). Характерными элементами, или доминантами, плеяды радиоактивных изотопов служат элементы с наибольшей продолжительностью жизни, или устойчивые элементы. При этом пять из них: Ra,

Em, Po, Ac и Pa являются новыми элементами, занявшими свободные места в периодич. системе, остальные же попадают на места, занятые ранее известными радиоэлементами U и Th и неактивными Pb, Tl, Bi. Наибольшая разница в ат. в. радиоактивных изотопов не превосходит 8 единиц. Т. о. радиоактивные превращения позволили глубже вникнуть в физич. смысл периодич. закона и понятия о химич. элементе. Оказалось, что место элемента в периодич. системе определяется не атомным весом элемента, как это принималось ранее, а величиной положительного заряда ядра его атома. Все свойства изотопов, связанные с электронными оболочками атома, в пределах точности наших экспериментов практически одинаковы (атомный объем, $t°$ перехода из одного состояния в другое, термич. изменение размеров, магнитная восприимчивость, спектры и т. п.). Они отличаются кроме радиоактивных свойств только теми особенностями, к-рые связаны с массой ядра, напр. в тонкой структуре спектра и в ничтожных различиях в константах диффузии. На последнем обстоятельстве основаны попытки разделения изотопов, приведшие в результате кропотливой работы к частичному успеху.

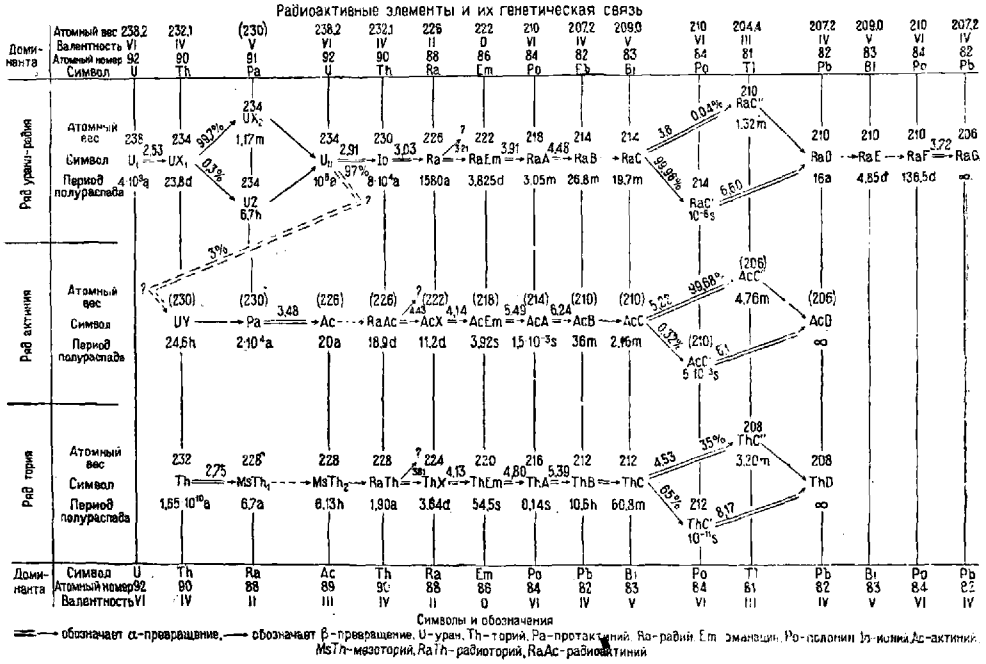


Фиг. 4.

При радиоактивном распаде происходит превращение элементов, подчиняющееся следующим правилам сдвига (К. Фаянс). 1) После излучения α-частички элемент смещается на два места влево в периодич. системе. 2) При β-превращении элемент смещается на одно место вправо (направление стрелок на фиг. 4). Эти правила указывают, что Р. есть свойство ядра атома, ибо вылет α-частички, несущей два элементарных положительных заряда, уменьшает на две единицы заряд ядра, что соответствует уменьшению атомного номера на две единицы. β-частичка уносит один отрицательный заряд, т. е. увеличивает положительный заряд ядра, а следовательно и его атомный номер на единицу. В результате радиоактивных превращений два различных элемента могут занять одно и то же место в периодич. системе.

Радиоактивные семейства. Все известные нам радиоэлементы образуют три радиоактивных семейства, или ряда: семейство U—Ra, семейство Ac и семейство Th. Ряды U и Th самостоятельны, ряд же Ac по всем данным связан с рядом U—Ra. На фиг. 5 приведена схема радиоактивных семейств с их превращениями. Наибольший практич. интерес представляют радиоэлементы Ra и MsTh, как обладающие весьма большой радиоактивностью и являющиеся источником сильно радиоактивных элементов малой продолжительности жизни (напр. RaEm, ThX и др.). Из других химич. элементов только K и Rb обладают слабой радиоактивностью с испусканием β- и γ-лучей. Продукты их превращения неизвестны.

Действия радиоактивных излучений. 1) Все радиоактивные излучения производят ионизацию газов. При этом сильнее всего действуют α-лучи, действие β- и γ-лучей значительно слабее. В меньшей степени ионизация наблюдается у жидких и твердых диэлектриков. 2) Энергия радиоактивных излучений переходит при поглощении их материй в тепло. При этом наибольший эффект дают также α-лучи, обладающие максимальной энергией. Теоретически количество выделяемого тепла можно подсчитать, зная энергию излучений и кинетич. энергию остатка распавшегося атома. Экспериментально тепловое действие особенно тщательно изучено для Ra; 1 г Ra выделяет в час 25 cal, а вместе с продуктами распада 170 cal.

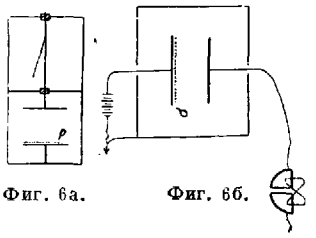


Фиг. 5.

3) Сильные радиоактивные препараты светятся сами и вызывают свечение ряда тел. Вспышки на экране сернистого цинка, вызываемые отдельными α-частицами (сцинтилляции), позволяют считать α-частицы, излучаемые радиоэлементами. 4) Многие вещества меняют свою окраску под действием радиоактивных излучений. 5) Радиоактивные лучи действуют на фотографич. пластинку. Прикладывая к фотографич. пластинке плохо отшлифованную поверхность куска радиоактивной руды, можно получить радиографию распределения радиоактивных минералов по поверхности образца. 6) Под действием радиоактивных излучений происходят химич. реакции, связанные гл. обр. с вызываемой ими ионизацией; нек-рые действия β-лучей на коллоиды объясняются отрицательным зарядом самих β-частиц. 7) Действие радиоэлементов на живой организм сказывается в виде местных и общих явлений и сильно зависит от дозы. Действие радиоактивных излучений выражается в общем утомлении организма, изменении состава крови (уменьшение числа белых кровяных шариков и др.). При местном воздействии β-лучей больших количеств радиоэлементов может получиться ожог, трудно поддающийся излечению. Молодые клетки наиболее чувствительны к действию излучений. Введение внутрь организма больших количеств радиоэлементов влечет за собой смерть. Незначительные количества радиоэлементов оказывают благотворное действие на организм.

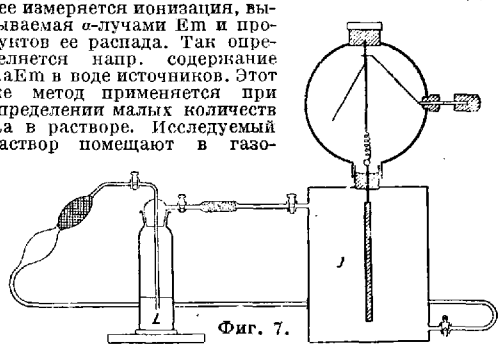
Практические приложения Р. 1) Свойство радиоэлементов ионизировать газы нашло свое применение в изготовлении радиоактивных коллекторов, служащих для измерения электрич. поля, гл. образом при исследованиях атмосферного электричества. Для этой цели употребляются обыкновенно α-излучатели Io или Po. Последний приходится периодически возобновлять, т. к. он распадается наполовину в 137 дней. 2) Радиоактивные Em м. б. использованы при определении газопроницаемости различных веществ. 3) При прохождении α-частиц через различные вещества наблюдается при определенных условиях появление H-частичек (ядра водорода). Впервые явление это было обнаружено в 1919 г. Рёзерфордом в азоте и истолковано как результат разрушения ядра азота при столкновении с α-частичкой. Дальнейшие работы, гл. обр. сотрудников Рёзерфорда—Кирша и Петерсона,—показали, что большое число элементов разрушается под действием α-частиц. О других практич. приложениях Р. см. *Радий*.

Радиоактивные измерения. Для количественного измерения радиоактивных веществ употребляется почти исключительно метод, основанный на ионизации. В случае очень сильных препаратов возможно пользоваться для измерения ионизационных токов чувствительным гальванометром. Для измерения же малых количеств радиоэлементов пользуются электроскопами и электрометрами. Важнейшие схемы применяемых приборов представлены на фиг. 6. 1) Измерения по α-лучам. Исследуемое вещество Р. помещается в тонко измельченном виде в плоской чашечке на дно «ионизационной камеры» электроскопа (фиг. 6а) или электрометра (фиг. 6б). Ионизационный ток измеряется по скорости спадания листка электроскопа, отсчитываемой по окулярной шкале микроскопа. При этом необходимо учитывать собственное спадание листка под влиянием дефектов изоляции и ионизации воздуха внутри прибора, определяемое специальным наблюдением в отсутствии радиоактивного вещества. При измерении с электрометром пользуются или методом зарядки или же компенсационными методами. При измерениях по α-лучам берут обычно слой вещества толщиной порядка 1 *мм*. Такой слой будет насыщенным для α-излучения, т. е. α-лучи из нижних частей уже поглощаются в самом активном веществе и не выходят наружу. При этом измеряемая ионизация приблизительно пропорциональна концентрации радиоэлементов в препарате. Обычно измерения производятся по сравнению с эталоном, содержащим известное количество определяемого радиоэлемента, напр. U в равновесии с продуктами распада. Или же результаты выражают в урановых единицах, причем под урановой единицей подразумевается одностороннее излучение 1 $см^2$ насыщенного для α-лучей слоя окиси урана U_3O_8. В абсолютных единицах это соответствует току насыщения $1{,}73\cdot10^{-3}$ *CGSE*. В случае бесконечно тонкого слоя (напр. активный налет, получаемый в присутствии эманаций на твердых телах и состоящий из продуктов их распада) ионизация пропорциональна количеству радиоэлемента на препарате. 2) Измерения по γ-лучам. Благодаря большой проницаемости γ-лучей возможно с их помощью измерить количество радиоэлементов (обычно Ra, RaEm или MsTh) в герметически запаянных препаратах. Измерения производятся по сравнению с эталоном, содержащим известное количество Ra. При измерении малых количеств Ra порядка 10^{-5}—10^{-7} *г* их помещают внутри прибора специального устройства. При измерении же больших количеств—от 10^{-4} *г* и выше—испытуемый препарат помещается на нек-ром расстоянии снаружи прибора. 3) Измерения малых количеств RaEm производятся по α-лучам в электрометре с ионизационной камерой, приспособленной для введения Em внутрь ее. Обычно приходится измерять Em из водного раствора, при этом Em перегоняют в ионизационную камеру с током воздуха посредством циркуляции (фиг. 7) или каким-либо иным способом. Далее измеряется ионизация, вызываемая α-лучами Em и продуктов ее распада. Так определяется напр. содержание RaEm в воде источников. Этот же метод применяется при определении малых количеств Ra в растворе. Исследуемый раствор помещают в газопромывательную склянку L и освобождают от Em продуванием через него воздуха в течение 10—30 мин. Затем сосуд с раствором герметически закрывают и оставляют на несколько дней для накопления Em. Далее Em переводят в измерительный прибор J, где и определяют ее количество. Накопление эманации происходит по ф-ле $E=E_\infty(1-e^{-\lambda t})$, где E—количество Em, накопленной в течение времени t, E_∞—количество ее, находящееся в равновесии с радием в данном растворе. Численно E_∞ равно стольким *кюри* (см.) эманации, сколько *г* Ra находится в растворе. Эталоном служит раствор с известным содержанием Ra порядка 10^{-8}—10^{-9} *г*. По Em возможно измерить 10^{-10} *г* и даже 10^{-12} *г* Ra. 4) Измерение числа отдельных частиц производится или при помощи метода сцинтилляций или же путем соответствующего усиления ионизирующего действия отдельных частиц или импульсов (счетчик Гейгера). Возможно также применение фотографич. пластинки с толстым слоем (метод Л. В. Мысовского).



Фиг. 6а.

Фиг. 6б.



Фиг. 7.

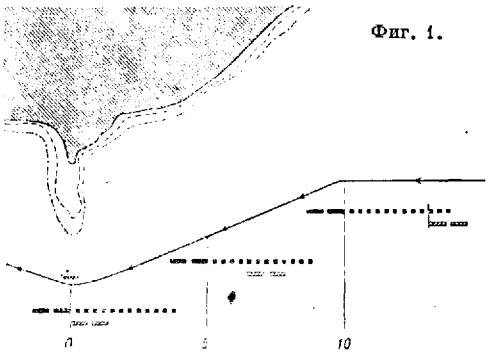
Лит.: Хлопин В. Г., Радий и его получение из русского сырья, Л., 1924; Башилов И. Я., Технология радиоактивных руд, Л., 1927; Люде виг П., Радиоактивность, пер. с нем., Л., 1926; Хевеши Г. и Панет Ф., Радиоактивность, пер. с нем., Л., 1925; Гамов Г. А., Атомное ядро и радиоактивность, М.—Л., 1930; Метц Г. Г., Радиоактивность та будова матерії, Харьков—Киев, 1931; Спр. ТЭ, т. II, стр. 9—63; Curie P., Traité de radioactivité, t. 1—2, P., 1910; Rutherford E.,

Radioaktive Substanzen u. ihre Strahlungen, Handb. d. Radiologie, hrsg. v. E. Marx, B. 2, Lpz., 1913; Soddy M., Die Chemie d. Radio-elemente, B. 1—2, Lpz., 1912—14; Henrich F., Chemie u. chemische Technologie radioaktiver Stoffe, B., 1918; Geiger H. u. Makower W., Messmethoden auf Gebiete d. Radioaktivität, Braunschweig, 1920; Petterson H., Kirsch G., Atomzerstrümmerung, Leipzig, 1926; Kohlrausch K. W., Radioaktivität, Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 15, Lpz., 1928; Rutherford E., Chadwick a. Ellis, Radiations from Radioactive Substances, Cambridge, 1930. **В. Баранов.**

РАДИОАКУСТИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ, один из новейших методов определения положения кораблей в море на небольших расстояниях от суши, в основании которого лежит принцип вычисления пути прохождения звука по времени распространения его в воде. Скорость звука в воде (см. *Звук*) после развития Р. с. послужила предметом многочисленных и весьма тщательных исследований. В среднем эта скорость принимается 1 492 *м/сек*, при температуре воды +13° и солености ее 33,5‰, что приблизительно соответствует прохождению одной морской мили в $1^1/_3$ ск. времени. Два типа приборов Р. с. можно считать установившимися в настоящее время (1931 г.): 1) радиоакустические маяки (Европа, США, Японское море), дальность действия которых не превышает 20—24 *км*, и 2) радиоакустические определители дистанций (США: Атлантич. и Тихий океан), дающие иногда вполне благоприятные результаты на расстояниях даже свыше 100 миль.

Первый тип приборов весьма широко применяется для облегчения навигации в узких проливах Каттегата, по берегам Германии, Англии, Швеции, вдоль берегов США и Канады. Он является наиболее простым как с точки зрения устройства приборов, установленных на корабле, так и по самому методу обработки наблюдений. Береговая станция (радиоакустический маяк) посылает условный сигнал одновременно при помощи двух передатчиков: радиотелеграфного, обычно незатухающими модулированными колебаниями, и акустического (см. *Звук*, Гидроакустика), например осциллятора Фессендена. Радиотелеграфный сигнал принимается на корабле обычным радиоприемником, настроенным в момент измерения на волну излучения маяка. Звуковой сигнал приходит позже и воспринимается гидроакустическими приемными приборами, напр. бортовыми гидрофонами или же бортовыми осцилляторами, переключенными на прием. Прием на осциллятор менее чувствителен, особенно если частота звука гидроакустического сигнала отличается от резонансной частоты осциллятора, находящегося на борту корабля, и поэтому в большинстве случаев прием совершается бортовыми гидрофонами. Оба сигнала, радиотелеграфный и гидроакустический, принимаются одной парой телефонов, так что наблюдатель имеет возможность оценить или измерить точно время прохождения звука от маяка до корабля. Радиотелеграфный сигнал принимается в момент его посылки (мгновенно, т. к. скорость электромагнитной волны очень велика: она равна 299 860 *км* в ск.) и служит указанием начала движения звукового сигнала. Наиболее простой способ измерения времени между первым сигналом (радио) и вторым—это наблюдение за движением секундной стрелки карманных часов, в к-рых оно совершается толчками по $^1/_6$ секунды. Визуальный отсчет на простых часах труден и дает лишь приблизительные результаты. Бо́льшая точность получается при помощи секундного *хронометра* (см.), к-рый пускается в ход наблюдателем в момент появления радиосигнала и останавливается, как только появляется гидроакустический сигнал. Пересчет по времени прохождения звука дает расстояние корабля от маяка.

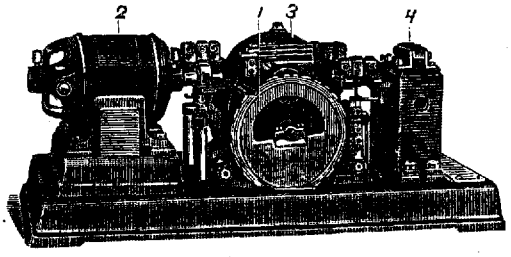
Для облегчения манипуляций при этих измерениях «Submarine Signal Corporation» (США) дает на корабельные радиоакустич. установки взамен секундных хронометров специальные счетчики, циферблат к-рых отградуирован в милях, так что в момент появления гидроакустич. сигнала расстояние указывается остановившейся стрелкою счетчика. Точность измерений подобного рода в значительной степени зависит от тренировки наблюдателя. Но можно считать вполне легко достижимой точность до 200—300 *м*. Для упрощения подобных наблюдений в Германии разработан особый метод подачи радиоакустич. сигналов, при помощи которых можно производить измерения расстояний без всяких счетчиков на корабле. Для этого радиоакустические маяки дают комбинированный сигнал своих позывных радиопередатчиком и гидроакустический—осциллятором. Затем, непосредственно за этими излучениями передаются короткие сигналы (точки), уже только по радио. Промежутки времени между каждыми посылками этих точек, $1^1/_3$ ск., соответствуют прохождению звуком в воде одной морской мили. Наблюдатель на корабле принимает прежде всего позывной маяка по радио и затем отсчитывает число коротких радиосигналов, вплоть до появления гидроакустич. сигнала. Число принятых точек соответствует расстоянию корабля от радиоакустического маяка (фиг. 1).



Фиг. 1.

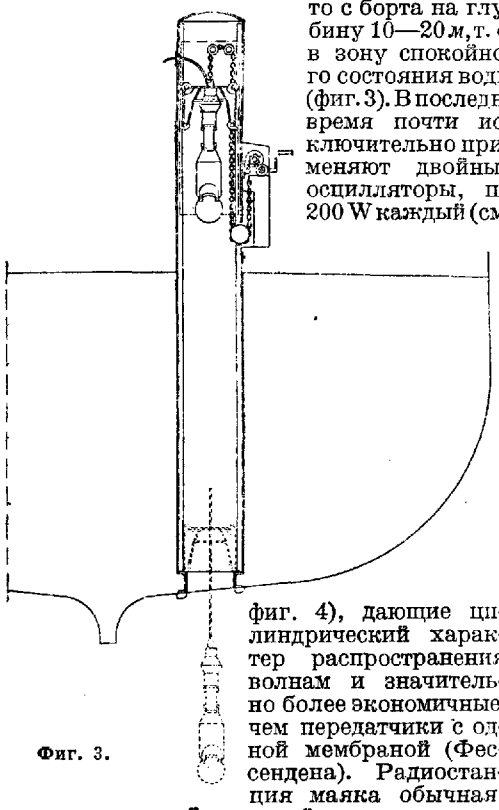
В наиболее удаленном положении корабль принимает десятую точку вместе с началом гидроакустич. сигнала (10 миль), затем пятую, что соответствует 5 милям, и наконец оба сигнала приходят непосредственно один за другим, что означает прохождение корабля мимо маяка. Несмотря на кажущуюся грубость таких отсчетов, подобный метод Р. с. имеет большое распространение по берегам проливов между Балтийским и Немецким морями вследствие своей простоты в эксплоатации. Оборудование радиоакустич.

маяков этого типа состоит из гидроакустич. передатчика (типа «Electroacustic» или «Фессендена») и радиостанции незатухающих модулированных колебаний, питаемых одним и тем же агрегатом. Сигналы подаются автоматически специальным контактным прибором (фиг. 2). Этот последний имеет диск с выемками *1*, соответствующими тем сигна-



Фиг. 2.

лам, к-рые данный маяк передает. При вращении диска электродвигателем *2* в его выемки попадает контактный рычажок, к-рый поднимает и опускает толкатель под контактными пружинами *3*. Они замыкают ток на мощное реле *4*, от к-рого работает передатчик. Для подачи радиосигналов одновременно с гидроакустическим применяется контактный прибор с двумя такими дисками. Осцилляторы для передачи звуковых сигналов в воде подвешиваются на мощных треногах, вынесенных от берега на несколько сот *м*. Плавучие маяки опускают подобные же осцилляторы в специальные трубы или просто с борта на глубину 10—20 *м*, т. е. в зону спокойного состояния воды (фиг. 3). В последн. время почти исключительно применяют двойные осцилляторы, по 200 W каждый (см.



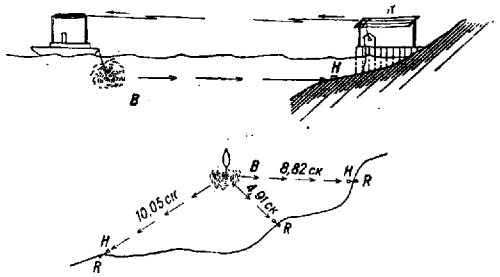
Фиг. 3.

фиг. 4), дающие цилиндрический характер распространения волнам и значительно более экономичные, чем передатчики с одной мембраной (Фессендена). Радиостанция маяка обычная, с ненаправленной антенной, чем отличается от *радиомаяков* (см.), и служит также для связи с кораблями. Радиоакустические сигналы для определения расстояния даются в ясную погоду по требованию. В тумане некоторые маяки дают их регулярно. Точной регламентации на этот счет пока не установлено.



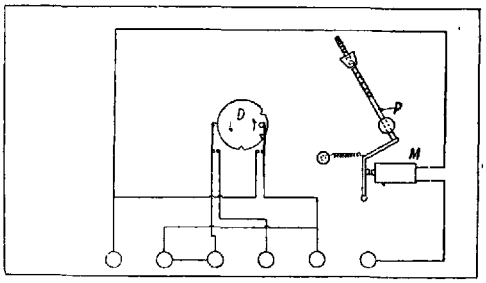
Фиг. 4.

В Северной Америке разработан и вошел в эксплоатацию другой метод радиоакустического определения корабля. Гидрографическое управление США применяет этот способ с успехом на расстояниях до 250 *км* (Тихий океан). В основном он заключается в следующем (см. фиг. 5). Звуковой сигнал подается не с берега, как в предыдущем случае, а с самого корабля при помощи бомбы *B*, брошенной в воду. Взрыв ее (электрическим путем с корабля) на значительной глубине может вызвать звуковую волну гораздо более мощную, чем электромагнитные или электродинамические гидроакустические излучатели. Заряд бомбы обычно колеблется от 0,5 до 2 *кг* тринитротолуола, в зависимости от дальности удаления корабля от берега. Звук взрыва действует прежде всего на



Фиг. 5.

бортовой гидрофон корабля, и этот сигнал после усиления записывается на специальный *хронограф* (см.). Распространяясь одновременно в направлении берега, звук действует на гидрофоны *H* специальной береговой маломощной радиостанции *R*, к-рая вследствие этого посылает автоматически сигнал по радио, сопровождаемый своими позывными. Тем временем на корабле, тотчас же после получения пускового сигнала от гидрофона при взрыве бомбы, усилитель хронографа вручную переключается на радиоприемник, так что получаемые радиосигналы записываются на ленте и можно определить не только время прохождения зву-

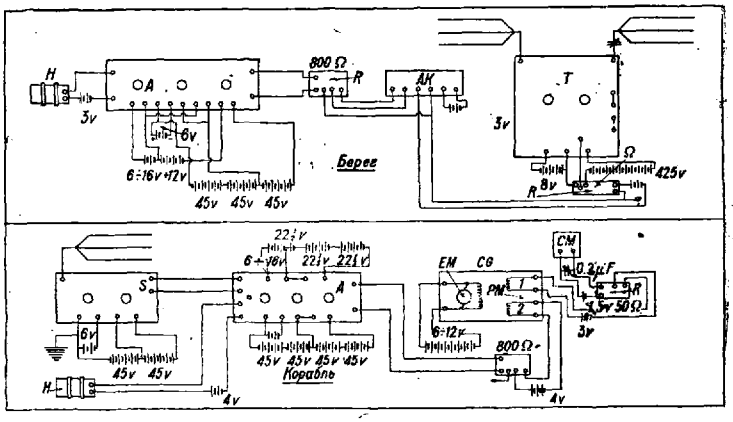


Фиг. 6.

ка в воде до данной радиостанции, но и определить, какая именно радиостанция дала сигнал. Обычно определение положения корабля этим методом производится так, чтобы

звук достиг двух или трех береговых установок. При этом на ленте будут получены ответные сигналы от этих станций в последовательности их удаления от корабля, и самое положение его может быть определено очень точно.

Оборудование корабля заключается в следующих приборах. 1) Бомбы различн. размеров с зарядами тринитротолуола от 400 *г* до 1,25 *кг*. 2) Звуковой приемник, которым может служить бортовой навигационный гидрофон или же гидрофон эхо-лота, если таковой на корабле имеется. Для использования этих приборов гидрофонные провода подводятся к двухполюсному переключателю, который дает пересоединение с работы на эхо-лот на работу по определению дистанции. 3) Усилитель низкой частоты, обычного типа, на трансформаторах, аналогичный принятому в радиотехнике для записи сигналов на ленту и снабженный телеграфным реле в последней ступени, например тип «WG» Всесоюзного электротехнич. объединения (ВЭО). 4) Радиоприемник коротких волн, в диапазоне 20—200 *м*, служащий также для телеграфного обмена и предварительных переговоров перед звуковой сигнализацией. 5) Хронограф любого типа на 2 или 3 пера, из к-рых одно служит для записи секунд от контактного хронометра, а другое для записи акустических и радиосигналов. Береговая станция имеет гидрофоны специального типа большой чувствительности, вынесенные на некоторое расстояние от берега (около 100 *м*). В США применяются гидрофоны, разработанные морским ведомством под маркой «Unit-Sonic Microphone, type S. E. 1808», сопротивлением от 400 до 800 Ω. Гидрофоны питаются батареей в 3—4 V и соединяются последовательно (числом два) или параллельно, в зависимости от длины кабеля, причем кабель применяется одножильный; вместо обратного провода служит земля. Для уменьшения влияния шума волн гидрофоны помещаются в деревянный ящик, к-рый до известной степени экранирует шумы, приходящие сверху. Сигнал от гидрофона усиливается усилителем, подобным тому, что применяется и на корабле, т. к. он должен довести мощность сигнала до работы реле (телеграфного типа, поляризованное). Замыкание реле приводит в действие пусковой электромагнит *M* автоматического ключа, который устроен наподобие музыкального метронома (фиг. 6). Электромагнит отпускает собачку, удерживающую маятник метронома *P*, который и начинает качаться с периодом, заданным ему заранее, как это делается и для счета ритма в музыке. На ведущей оси механизма насажен диск *D* с выемками, в к-рые попадают контактные пружины передаваемых сигналов; после полного оборота (9—15 ск.) пружины замыкают цепь электромагнита, к-рый останавливает весь механизм. Такой прибор работает очень надежно и может быть применен для нескольких станций, т. к. его сигналы могут быть изменены простым перемещением противовеса на маятнике. Для гидрографич. и военных целей применяют легкие переносные радиостанции, и вся установка может носить временный характер и помещаться в палатке, т. к. дальность действия в 100—150 миль может быть легко покрыта и маломощными



Фиг. 7.

коротковолновыми станциями (фиг. 7, где *A*—усилитель, *H*—гидрофон, *R*—реле, *AK*—автоматический ключ, *T*—передатчик, *S*—приемник, *CM*—хронометр, *CG*—хронограф, *EM*—его электродвигатель, *PM*, *1*, *2*—перья хронографа).

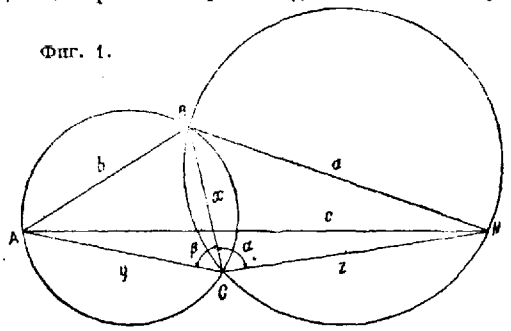
Лит.: Smith F. E., Modern Navigational Devices, «Engineering», 1924, v. 117; Wood A. B. a. Browne H. E., A Radioacoustical Method of Locating Positions at Sea, «Proceedings of the Physical Society», L., 1923, Apr. 15; Heck N. H. a. oth., Radioacoustic Method of Position Finding, U. S. Coast a. Geodetic Survey, Special Publication, 107, Wsh.; Hydrographic Manual, ibid., 143; Radioacoustic Position Finding, ibid., 146; Публикации фирм: «Elektroakustik», Kiel; «Atlas-Werke», Bremen; в особенности статьи Nebelsignale в «Elektroakustik», Kiel, 1928, Publ., *21* и Wasserschall-Empfangsanlage, ibid., Publ., *14*. Скорости звука в воде, в зависимости от давления и солености, посвящены спец. работы, из к-рых особенно важны: Stephenson E. B., Velocity of Sound in Sea Water, «Physical Review», N. Y., 1923, Febr.; Heck N. H., Velocity of Sound in Sea Water, U. S. Coast and Geodetic Survey, Special Publication, Wsh.; «Petermann's Mitteilungen», «Oceanography» и др.

В. Гуров.

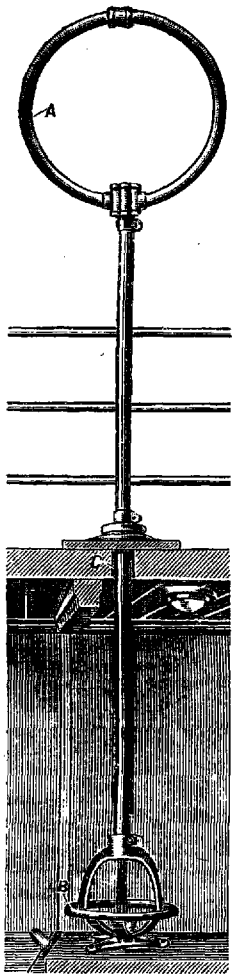
РАДИОИЗМЕРЕНИЯ, область электрических измерений, применяемых специально в радиотехнике. См. *Измерение* в радиотехнике.

РАДИОКОМПАС, радиоустройство, состоящее из приемной *рамки* (см.) или замкнутой контурной антенны (см. *Замкнутая антенна*), приемника с усилителем и буссоли *пеленгатора* (см.). Цель его—ориентировка

Фиг. 1.



на местности по странам света. Употребляется на морских судах, в путешествиях, на аэропланах и в геодезич. работах (в последних для ориентировочных определений). По идее и устройству это обычный передвижной пеленгатор, но задачи его несколько иные. В то время как пеленгатор (обычно стационарн. радиостанция, точно ориентированная относительно меридиана места) определяет направление на разные неизвестные сигнализирующие радиостанции по отношению к своему точно известному меридиану для нахождения их местоположения, Р. определяет направление сигналов, приходящих от точно известных радиостанций (напр. радиомаяков, радиостанций, передающих сигналы времени мощных радиовещательн. станций, радиостанций, дающих стандартные частоты) по отношению к своему меридиану, определяемому буссолью или астрономическим путем. Из каждых двух таких определений находится обратной *засечкой* (см.) собственное положение (фиг. 1) на местности (на море). Общий вид установки Р. на корабле см. на фиг. 2.



Фиг. 2.

Пусть A и B обозначают положение известных радиостанций, C—положение Р., N—сев. полюс. Тогда $AB=b$, $BN=a$ и $AN=c$ будут дуги больших кругов, длина которых в метрах и градусах точно известна: $\angle ACB=\beta$ и $\angle BCN=\alpha$—углы, отмеченные Р. Если построить на хордах AB и BN дуги, вмещающие углы β и α, то они пересекутся в точке C. В отношении теории Р. тождествен с пеленгатором (см. *Гониометр*, *Рамка*, *Замкнутая антенна*). Вычисление положения Р. из данных наблюдения делается на основании ф-л и правил, излагаемых в курсах сферич. тригонометрии, морской лоции, сферич. астрономии и геодезии. Удовлетворительное решение можно получить и графич. путем, пользуясь стереографической сеткой. Аналитич. решение сферич. тр-ков ABC и CBN, в к-рых известны стороны a, b и c и углы α и β, получается из ур-ий:

$$\sin^2\frac{\beta}{2}=\frac{\sin(p-x)\sin(p-y)}{\sin x\cdot\sin y},$$

$$\sin^2\frac{\alpha}{2}=\frac{\sin(p'-x)\sin(p'-z)}{\sin x\cdot\sin z},$$

$$\sin^2\frac{\alpha+\beta}{2}=\frac{\sin(p''-z)\sin(p''-y)}{\sin z\cdot\sin y},$$

где положено

$$x+y+b=2p,\quad x+z+a=2p'\quad\text{и}\quad y+z+c=2p''.$$

Решение этой системы ур-ий приводит к чрезвычайно сложным выражениям, не оправдывающим получающуюся в результате точность, которая определяется точностью измерения углов α и β. Но последняя в самых лучших случаях не превосходит 1°, как и для других пеленгаторов, и потому гораздо предпочтительнее искать решение графически (см. *Стереографические проекции*).

По конструкции Р. чаще всего представляет систему длинноволнового пеленгатора с вращающейся экранированной рамкой. На фиг. 2 изображен Р., установленный на корабле. Рамка Р. A вынесена наружу; вращение ее производится из кабины радиотелеграфиста посредством штурвала B; приемник Р. также находится в кабине, соединяется с рамкой проводами, проходящими внутри полой трубки C. Сравнивая Р. с другими радиопеленгаторами, следует отметить, что при пеленгировании с помощью их на судах, аэропланах и местности приходится учитывать кроме общих ошибок еще и ошибки, обусловливаемые девиацией буссоли (см. *Судовой компас*), *магнитными аномалиями* (см.), влиянием на направление вектора поля корпуса судна, аэроплана, профиля местности. Часто эти причины, особенно магнитные аномалии в неисследованной в этом отношении местности, вносят столь серьезные погрешности, что сводят к нулю значение радиопеленгирования; поэтому при всяком пользовании Р. нужна особо тщательная поверка всех возможных погрешностей. Поэтому при всякой установке Р. на корабле, аэроплане и т. д. обязательна градуировка Р.

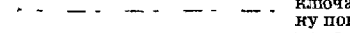
Лит.: Баженов В. И., Основы теории радиоприема, М., 1930.—См. также *Гониометр*, *Пеленгатор*, *Радиомаяк*, *Рамка*. **Н. Гаряев.**

РАДИОМАЯК, передающая радиостанция, предназначенная или для указания курса самолету или судну при условиях плохой видимости земли или для определения последними своего местоположения. По принципу действия Р. разделяются на маяки с вращающейся диаграммой излучения и на маяки с равносигнальной зоной. Р. с вращающейся диаграммой излучения наиболее разработаны в Англии. Английский Р. представляет собою радиопередатчик, антенной к-рого является большая вертикальная рамка, вращающаяся с постоянной скоростью (1 об/м.) около вертикальной оси. Кривая излучения рамки в плоскости, перпендикулярной к плоскости рамки, имеет форму восьмерки (см. *Замкнутая антенна*). При вращении рамки вращается и диаграмма излучения. Когда плоскость рамки перпендикулярна к географич. меридиану, подается особый сигнал, указывающий на то, что минимальное излучение направлено на С. Наблюдатель на судне или самолете отмечает этот момент на часах. Т. к. антенна вращается, то интенсивность принимаемых наблюдателем нормальных сигналов меняется и неизбежно пройдет через минимум. В этот момент плоскость передающей антенны расположена под прямым углом к прямой, соединяющей передающую и приемную радиостанции. Отметив этот момент на часах, наблюдатель легко ориентирует себя относительно Р. В продаже имеются часы со специальной градуировкой в градусах. Такого типа маяк имеется в Orfordness'e, им пользуются морские суда. Два Р. дают возможность определить точное местоположение судна или самолета. Преимущество такого Р.—возможность одновременного использования его судами, идущими в различных направлениях; недостаток (особенно при применении в авиации): 1) продолжительность отсчета (минимум $^1/_2$ мин.) и 2) необходимость определения момента минимума силы

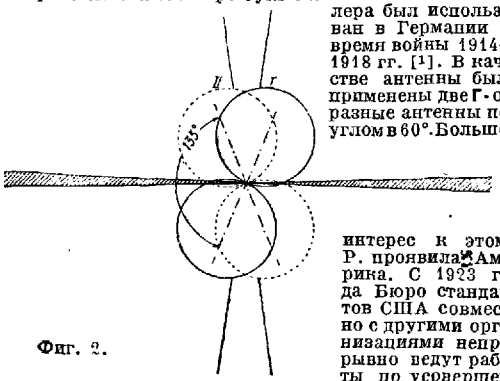
сигнала, что трудно осуществить при наличии посторонних шумов. Дальность действия Р. как такового—днем около 400 км, ночью около 160 км; ошибка, получаемая при этом, не больше 2—4°. Длина волны порядка 1 000 м. К этому же типу Р. (с вращающейся диаграммой излучения) можно отнести Р. типа «Телефункен», предложенный в 1912 г., и первые америк. маяки. Принцип действия радиомаяка «Телефункен» заключается в том, что радиопередатчик переключается с одной открытой антенны, обладающей направленным излучением, на другую, сдвинутую относительно предыдущей на 10°. При работе передатчика на ту или другую антенну подается тот или другой сигнал, что дает возможность наблюдателю на судне или самолете определить свое положение относительно Р. В первоначальных работах с Р. Бюро стандартов США выбрало систему «Телефункен», применив к ней радиогониометр Беллини-Този (патент 1907 г.) в виде системы из двух антенн, расположенных под углом в 90° друг к другу и связанных с передатчиком при помощи *гониометра* (см.). Каждая из двух вторичных катушек гониометра была включена в одну из антенн, а первичная катушка была приключена к передатчику. Первичная катушка равномерно вращалась, и через каждые 10° подавался другой сигнал.

В дальнейших своих работах Бюро отказалось от сист. «Телефункен», как не дающей возможности непрерывного наблюдения за курсом и не отличающейся большой точностью, и перешло к системе Р. с равносигнальной зоной.

Сущность сист. радиомаяка с равносигнальной зоной (Г. П. Шеллера, 1907 г.) заключается в следующем. Две антенны, обладающие направленным действием и расположенные под углом друг к другу, приключаются к передатчику попеременно, причем при приключении одной антенны передается буква *a* (·—), а при приключении другой антенны буква *n* (—·). В направлениях биссектрис углов между антеннами, где диаграммы излучения пересекаются, получаются т. н. равносигнальные зоны. В равносигнальной зоне вследствие равенства интенсивности сигналов *a* и *n* и того, что они являются сигналами, взаимно перекрывающимися (фиг. 1), получается сплошное тире. Используя равносигнальную зону Р. как указатель курса, можно получить большую точность следования по заданному курсу и кроме того непрерывное наблюдение за всеми уклонениями судна или самолета от курса, т. к. они сопровождаются появлением на фоне сплошного тире буквы *n* или *a*. Патент Шеллера был использован в Германии во время войны 1914—1918 гг. [1]. В качестве антенны были применены две Г-образные антенны под углом в 60°. Большой интерес к этому Р. проявила Америка. С 1923 года Бюро стандартов США совместно с другими организациями непрерывно ведут работы по усовершенствованию Р. с равносигнальной зоной. В первых Р. этого типа американцы применяли попеременное приключение искрового передатчика то к одной то к другой большой рамке, расположенным под углом в 135°. Сигналы были не перекрывающиеся: *a* (·—) и *m* (—), т. ч. в равносигнальной зоне были одинаково громко слышны обе буквы, а при отклонении в ту или другую сторону получалось преобладание в слышимости одной буквы над другой. Диаграммы излучения обеих рамок даны на фиг. 2 (используемая равносигнальная зона заштрихована). Угол в 135° был выбран, как дающий наименьшую ширину зоны. Теоретически ширина равносигнальной зоны, т. е. угол, в котором интенсивность обоих сигналов одинакова, равна 0°, но в виду того, что человеческое ухо начинает различать разницу в силе сигналов только тогда, когда эта разница достигает нескольких процентов, ширина зоны составляет 1—4° при угле между антеннами в 135°. При угле между антеннами в 135° используются только два курса, сдвинутые относительно друг друга на 180° и совпадающие с биссектрисой угла в 135°. Две других зоны слишком широки.

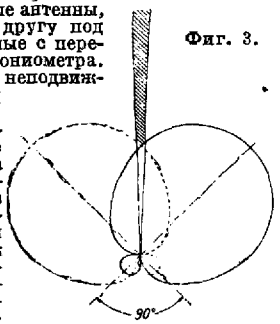


Фиг. 1.



Фиг. 2.

После ряда лет работы был разработан образец Р. с равносигнальной зоной, к к-рому была изготовлена серия Р., обслуживающих в настоящее время главные воздушные линии США. В этом усовершенствованном Р. вместо рамок применены две большие замкнутые антенны, расположенные друг к другу под прямым углом и связанные с передатчиком при помощи гониометра. Гониометр содержит две неподвижные, закрепленные под прямым углом друг к другу катушки и две подвижные, тоже сдвинутые относительно друг друга на 90°. Каждая из вторичных катушек включена в одну из замкнутых антенн, а каждая первичная катушка приключена к одной из половин последнего пуш-пульного каскада лампового передатчика. Автоматически вращающийся коммутатор подает на одну половину передатчика сигнал *a* (·—), а на другую—сигнал *n* (—·). При этом получается попеременное возбуждение обеих половин передатчика. Угол между первичными катушками может быть и не равен 90°. Диаграмма излучения получается такая же, как и без гониометра (фиг. 2). Гониометр только дает возможность менять направление курса, так как вращение подвижных катушек гониометра равносильно вращению антенн. В том случае, если вращаются первичные катушки, диаграммы направленности вращаются в сторону вращения катушек, в случае же вращения вторичных катушек диаграммы направленности вращаются в сторону, обратную вращению катушек. Из механических соображений применяется вращение вторичных катушек. Углы между зонами можно изменить, создавая неодинаковое излучение обеих половин или изменяя форму диаграммы направленности добавлением к излучению замкнутых антенн излучения открытой антенны, получая так называемое кардиоидное (см. *Кардиоидные схемы*) излучение (фиг. 3).

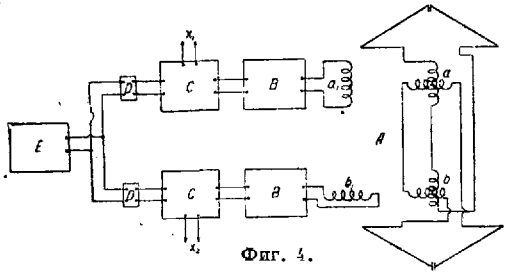


Фиг. 3.

Описанные Р. носят общее название слуховых Р., так как их сигналы принимаются на-слух. Слуховой метод сигналов является: 1) утомительным, 2) требует слишком много внимания от пилота и 3) достаточно субъективным. Поэтому давно ведутся работы по разработке т. н. визуальных Р., т. е. Р. с визуальным, или зрительным, индикатором сигналов. Бюро стандартов в США пошло в решении этой задачи по следующему пути. В Р. с равносигнальной зоной применена вместо попеременной подачи сигналов одновременная модуляция обеих половин передатчика двумя разными звуковыми частотами, не имеющими общих гармоник. Одна половина модулируется частотой в 65 пер/ск., а другая — частотой в 86,7 пер/ск. В последнем типе визуального Р. модуляция осуществляется питанием анодов ламп предпоследних каскадов передатчика альтернаторами переменного тока соответствующих частот, сидящими на общем валу. Число оборотов двигателя автоматически регулируется с точностью до 0,1%.

Принципиальная схема дана на фиг. 4. В этом Р. гониометр *A* разделен на две части для уменьшения вредных связей между катушками, несущими ток

с разной модуляцией. Этот гониометр состоит из двух комплектов вращающихся катушек a и b, каждый из которых находится в поле одной из неподвижных катушек a_1 и b_1. Обе половины гониометра помещены одна над другой, и все вращающиеся катушки сидят на одной оси. Угол между неподвижными и подвижными катушками 90°. Как гониометр, так и все части схемы тщательно экранируются для того, чтобы



Фиг. 4.

не получилось взаимодействия между элементами схемы, несущими токи различной модуляции (на фиг. 4 кроме того B—мощный усилитель в 1 000 W, C—промежуточный усилитель в 100 W, D—регулировка фазы, E—задающий генератор, x_1—присоединение к альтернатору с частотой в 65 пер/ск., x_2—к альтернатору с частотой в 86,7 пер/ск.). Напряженность поля в какой-нибудь точке, направление на к-рую в горизонтальной плоскости находится под углом δ к одной из антенн, выразится формулой:

$$E_p = AK[E_{s_1}\cos(\theta-\delta) - E_{s_2}\sin(\theta-\delta)],$$

где A и K—постоянные коэфициенты, E_{s_1} и E_{s_2}—напряжения, подаваемые каждой половиной последнего каскада на входные катушки гониометра, θ—угол поворота подвижных катушек. Расшифровав выражения E_{s_1} и E_{s_2}, получим

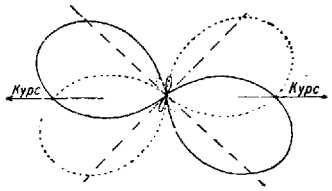
$$E_p = AKE_0\Big\{\sin\omega t\,[\cos(\theta-\delta) - r\sin(\theta-\delta)\cos\beta] -$$

$$-r\cos\omega t\sin\beta\sin(\theta-\delta) + \frac{d_1}{2}[\cos(\omega-\omega_1)t -$$

$$-\cos(\omega+\omega_1)t]\cos(\theta-\delta) - \frac{rd_2}{2}[\cos(\omega t+\beta-\omega_2 t) -$$

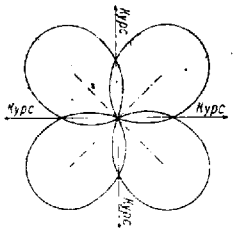
$$-\cos(\omega t+\beta+\omega_2 t)]\sin(\theta-\delta)]\Big\},$$

где E_0—амплитуда напряжения несущей частоты, получаемого от одной половины мощного усилителя, r—отношение амплитуды напряжения несущей частоты, получаемого от второй половины мощного усилителя, к E_0, d_1—отношение амплитуды модулирующего напряжения частоты $\frac{\omega_1}{2\pi}$ к E_0, d_2—отношение амплитуды модулирующего напряжения частоты $\frac{\omega_2}{2\pi}$ к rE_0, β — угол сдвига фаз между напряжениями с несущей частотой. Беря различные значения для r, $\frac{d_1}{d_2}$ и β, можно получить различные диаграммы излучения, с двумя или четырьмя равносигнальными зонами и с различным положением зоны относительно антенны. Длина волны как слуховых, так и визуальных Р. порядка 1 000 *м*. Мощность каждой половины последнего каскада усиления 1 kW. Зрительные индикаторы, предназначенные для реагирования на сигналы описанного визуального маяка, имеются уже нескольких типов, но каждый из них состоит из двух элементов, из которых один отзывается на сигналы с частотой $\frac{\omega_1}{2\pi}$, а другой на сигналы с частотой $\frac{\omega_2}{2\pi}$. Для того, чтобы показать влияние величины угла сдвига β на положение зоны, приводим диаграммы отклонения вибраторов индикатора вибрационного типа для двух случаев: для $\beta=0°$ (фиг. 5) и для $\beta=90°$ (фиг. 6). В первом случае получаются две зоны, во втором—четыре зоны.

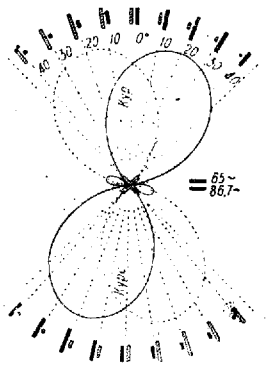


Фиг. 5.

Индикаторы сигналов Р. Наиболее широкое применение нашел индикатор вибрационного типа, гл. обр. вследствие малого влияния помех на его показания. Построенный по принципу язычкового *частотомера* (см.), он представляет собою систему из двух вибраторов, помещенных в поле электромагнитов, обмотки к-рых приключены к выходу приемника. Вибраторы—тонкие упругие пластинки из стали или элинвара, настроенные каждая на одну из частот модуляции Р. На концах вибраторов укреплены выкрашенные в белую краску демпферы, при колебании вибраторов создающие впечатление двух вертикальных белых полос. При нахождении в зоне обе полоски имеют одинаковую величину, а при отклонении в ту или другую сторону от зоны размах одного вибратора станет больше, а другого меньше (фиг. 7). Ширина равносигнальной зоны с индикатором получается около ±1°. Для работы с вибрационным индикатором достаточно иметь на выходе приемника 3—4 V. Шунтируя катушки электромагнита, воздействующие на один из вибраторов, можно уменьшить его чувствительность по сравнению с другим вибратором, что равносильно повороту зоны на некоторый угол. Такое приспособление, соответствующим образом проградуированное, прилагается к индикатору. Недостатком вибрационного индикатора является то обстоятельство, что отклонение от зоны приходится определять путем сравнения двух отклонений, а не путем получения прямого отсчета.

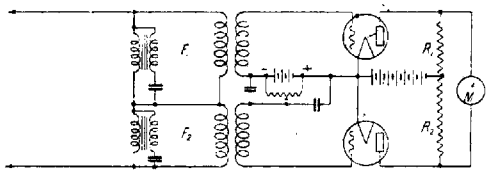


Фиг. 6.



Фиг. 7.

Для получения прямого отсчета был предложен стрелочный индикатор (фиг. 8).

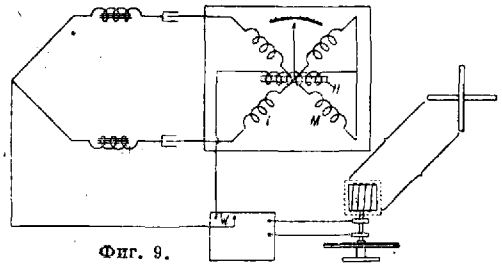


Фиг. 8.

К выходу приемника приключена цепь из двух фильтров низкой частоты F_1 и F_2. С каждым из этих фильтров индуктивно связана цепь сетки одной из электронных ламп, составляющих плечи моста. При равенстве сигналов той и другой частоты мост сбалансирован, и стрелка прибора M стоит на 0°. Прибор M представляет собою микроамперметр с 0° посредине. Когда сигналы одной частоты сильнее сигналов другой частоты, стрелка прибора M отклонится в соответствующую сторону. В последнее время вместо электрич. фильтров, не обладающих достаточно высокой фильтрующей способностью, применяются механич. фильтры виб-

рационного типа, а вместо моста с лампами применяются два оксидных *выпрямителя* (см.), включенных навстречу друг другу. В их общую цепь включен микроамперметр.

Кроме описанных систем индикаторов были испробованы в качестве индикаторов неоновые лампы; цепь одной из них была индуктивно связана с фильтром одной частоты, а другая—с фильтром второй частоты. При нахождении в зоне горят обе лампы, при отклонении от зоны одна лампа горит, другая гаснет. Так как в визуальном маяке положение равносигнальной зоны зависит от очень многих факторов, необходимо иметь на самом передатчике прибор для наблюдения за положением зоны. Для этой цели м. б. применен любой из описанных выше индикаторов, но т. к. с их помощью положение

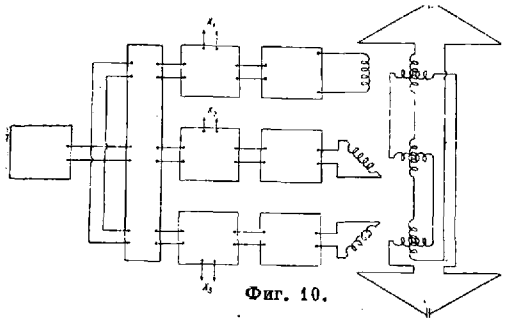


Фиг. 9.

зоны м. б. определено с точностью не больше 1°, то был разработан для этой цели дифференциальный прибор электродинамического типа (фиг. 9).

Он состоит из трех катушек: двух неподвижных *L* и *M*, закрепленных под углом 90° друг к другу, и одной подвижной *H*, находящейся в их поле. Одна из неподвижных катушек является частью цепи, настроенной на частоту 65 пер/ск., другая—цепи, настроенной на частоту 86,7 пер/ск. В подвижной катушке текут токи той и другой частоты. С подвижной катушкой связана стрелка. При равенстве токов обеих частот стрелка стоит на середине, при отклонении от равносигнальной зоны стрелка отклонится в соответствующую сторону.

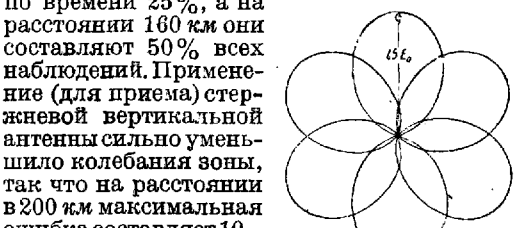
В последнее время в США разработан 12-курсовой визуальный Р. Этот Р. (фиг. 10) состоит из задающего



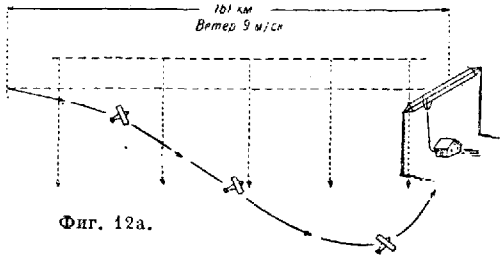
Фиг. 10.

генератора радиочастоты и трех усилителей, модулированных тремя частотами: 65, 86,7 и 108,3 пер/ск. Модуляция осуществляется тремя машинами переменного тока, сидящими на одном валу. На фиг. 10 x_1—присоединение к альтернатору с частотой 65 пер/ск., x_2—86,7 пер/ск., x_3—108,3 пер/ск. Сдвиги фаз между напряжениями задающей частоты, подаваемыми на усилители, подбираются равными 120°, вследствие чего в горизонтальной плоскости получается 12 симметрично расположенных курсов (фиг. 11). Усилители питают две перпендикулярные замкнутые антенны через гониометр, состоящий из трех отдельных гониометров, расположенных один над другим. Индикатор для указания сигналов 12-курсового Р.—вибрационного типа и состоит из трех отдельных вибраторов, настроенных на соответствующие частоты.

Описанные выше Р. предназначаются для указания главного курса самолету или судну. Дальность действия их ограничивается ночными колебаниями зоны. При приеме на обычную самолетную антенну (см. *Самолетная радиостанция*) колебания зоны делают невозможным использование ночью Р. на расстояниях 200 *км* и более. На расстоянии 80 *км* неправильные показания составляют по времени 25%, а на расстоянии 160 *км* они составляют 50% всех наблюдений. Применение (для приема) стержневой вертикальной антенны сильно уменьшило колебания зоны, так что на расстоянии в 200 *км* максимальная ошибка составляет 10—20°, причем колебания зоны носят периодич. характер, т. е. получается попеременное отклонение зоны то вправо то влево. Эти колебания не очень мешают вождению самолета по курсу, и нормальным радиусом действия Р. считается 200 *км*. Одним из преимуществ применения Р. по сравнению с применением радиопеленгатора является то обстоятельство, что при вождении самолета по Р. отклонение от прямого пути за счет сноса ветра возможно только в пределах равносигнальной зоны, тогда как при вождении самолета по пеленгатору снос за счет ветра очень сильно отклоняет путь самолета от прямой. На фиг. 12а изоб-



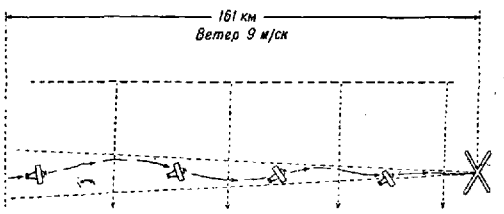
Фиг. 11.



Фиг. 12а.

ражен путь самолета при вождении его по пеленгатору, установленному на самолете, а на фиг. 12б—при вождении его по Р.

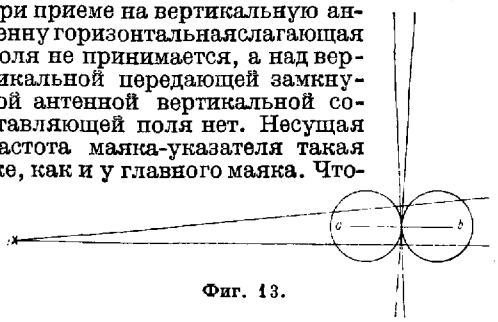
Кроме главных Р. есть несколько типов вспомогательных маяков. При оборудовании линии Р. в месте пересечения зон от двух Р. ставятся т. н. маяки-указатели с мощностью порядка нескольких W для указания пилоту, над какой точкой он пролетает. При вождении по визуальному маяку на самолете помещается еще один вибратор, настроенный на частоту модуляции маяка-указателя, равную 40 пер/ск. Антенной маяка-указателя служит одна вертикальная рамка, помещен-



Фиг. 12б.

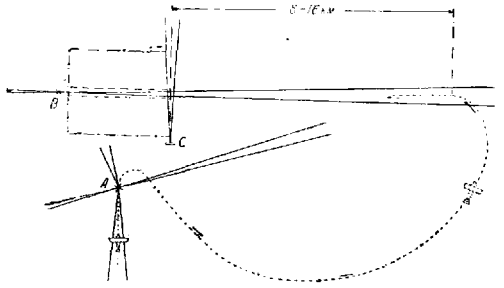
ная так. обр. (фиг. 13), что направление *ab* максимального ее излучения совпадает со средней линией равносигнальной зоны. При приближении самолета к маяку-указателю

сначала получается прием его сигналов, потом при полете прямо под ним они исчезают, а дальше опять появляются. Исчезновение приема над маяком объясняется тем, что при приеме на вертикальную антенну горизонтальная слагающая поля не принимается, а над вертикальной передающей замкнутой антенной вертикальной составляющей поля нет. Несущая частота маяка-указателя такая же, как и у главного маяка. Что-



Фиг. 13.

бы сигналы двух главных маяков не интерферировали между собой, применяют для них различные несущие частоты, а маяки-указатели имеют по два передатчика с разными волнами. — Другие вспомогательные радиомаяки применяются на аэродроме. Это так наз. пограничные маяки и маяки-локализаторы. Пограничный маяк является маяком-указателем, показывающим границу аэродрома. Маяк-локализатор—визуальный Р. с двойной модуляцией, теми же частотами модуляции, что и главный маяк, мощностью в 200 W, с антеннами в виде небольших рамок. Маяк-локализатор совместно со специально разработанным на ультракоротких волнах передающим устройством позволяет производить слепую посадку по радио по методу, разработанному Бюро стандартов США (см. *Техника высокой частоты*).



Фиг. 14.

На фиг. 14 дан план аэродрома, оборудованного всеми типами Р. Пунктиром очерчен аэродром. В *A* помещен главный курсовой маяк с большими антеннами, удаленный от аэропорта, чтобы его антенны не мешали при подъеме и посадке самолетов. В *C* помещен пограничный маяк, а в *B*—маяк-локализатор. Обнаружив по исчезновению сигналов, что самолет пролетает под главным маяком, пилот перестраивает приемник на частоту маяка-локализатора, отличающуюся от частоты главного маяка на 50—60 кц., и, пользуясь компасом и сигналами маяка-локализатора, направляет самолет по зоне этого маяка. Положение самолета над границей аэродрома пилот узнает по сигналам пограничного маяка, волна которого такая же, как у маяка-локализатора. После этого начинается посадка. О Р. в СССР см. *Техника высокой частоты*.

Лит.: [1]) Buchwald E., «Jahrbuch d. drahtlosen Telegraphie», B., 1920, B. 15, p. 121; Kiebitz F., ibid., 1920, B. 15, p. 299; Rotating Wireless Beacon Transmitter Marconi Co, «The Engineer», London, 1931, v. 152, Aug., p. 159; Dunmore F., «Bureau of Standards», Wsh., 1931, v. 7, July, p. 147—170; Diamond A. a. Dunmore F., ibid., 1930, v. 5, p. 897—931; Davies G., ibid., 1931, v. 7, p. 195—213; Hinman W. S., ibid., 1931, v. 7, p. 37—46; Diamond A. a. Davies G., ibid., 1931, v. 6, 5; Kear F. a. Wintermute C., ibid., 1931, v. 7, p. 261—287; Blondel A., «Annales des ponts et chaussées», Paris, 1930, v. 6, p. 140; Smith-Rose R. L., «Journ. of the Institution of the Electrical Engineers», L., 1931, v. 69, p. 523—532. Библиография частично указана в «Proceedings of the Inst. of Radio-Engin.», N. Y., 1928, v. 16, 7, p. 996; 1930, v. 18, 5, p. 838, 12, p. 2101; Smith-Rose R. L., The Orfordness Rotating Beacon a. Marine Navigation, «Dept. Scien. a. Indus. Research Radio Research», L., 1931, Special Report, 10; Smith-Rose R. L. a. Thomas H. A., «Journal of Scientif. Instruments», L., 1931, v. 8, 3; Hecht N. F. S. and Alexander D. P., «Journal of the Institution of the Electrical Engineers», L., 1930, v. 69, 408; Blondel A. et Besson P., Le Balisage radioélectrique des Alignements, «La Technique Moderne», P., 1931, v. 23, 7.

Р. Шифенбауер.

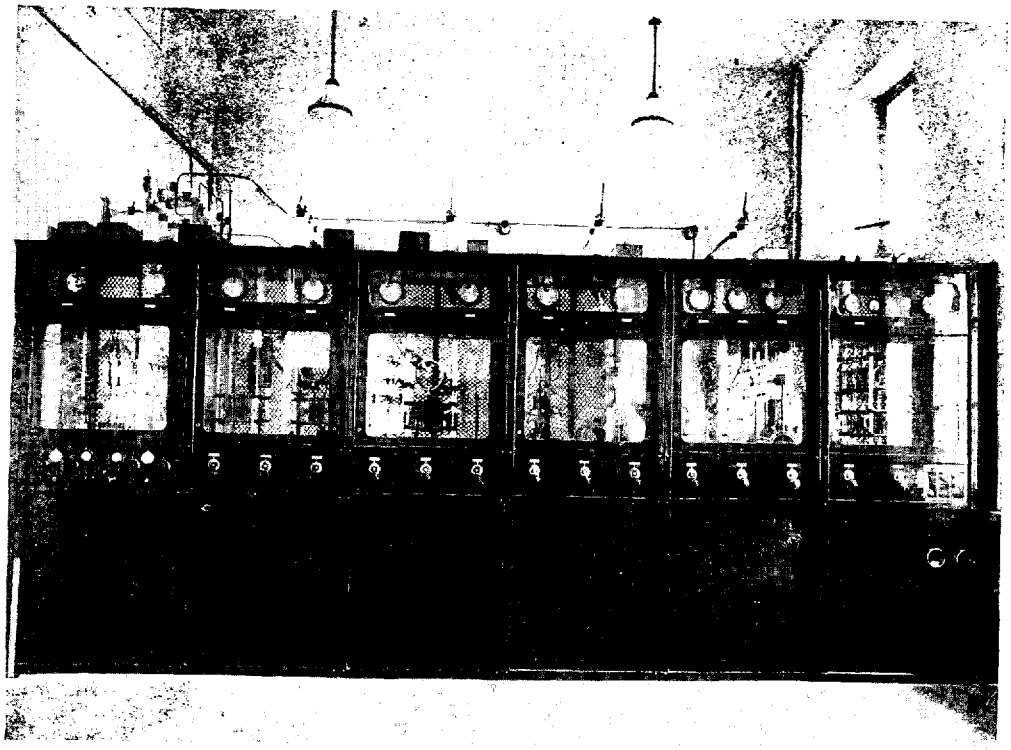
РАДИОНАВИГАЦИЯ, см. *Техника высокой частоты*.

РАДИОПЕРЕДАТЧИК машинный, радиопередатчик, в котором в качестве источника высокой частоты использована *высокой частоты машина* (см.). Машинный Р. может быть телефонным и телеграфным. Область применения машинных телеграфных Р.—длинноволновая связь на больших мощностях для перекрытия весьма больших расстояний, а телефонных—мощное радиовещание и обслуживание коммерческих телефонных связей.

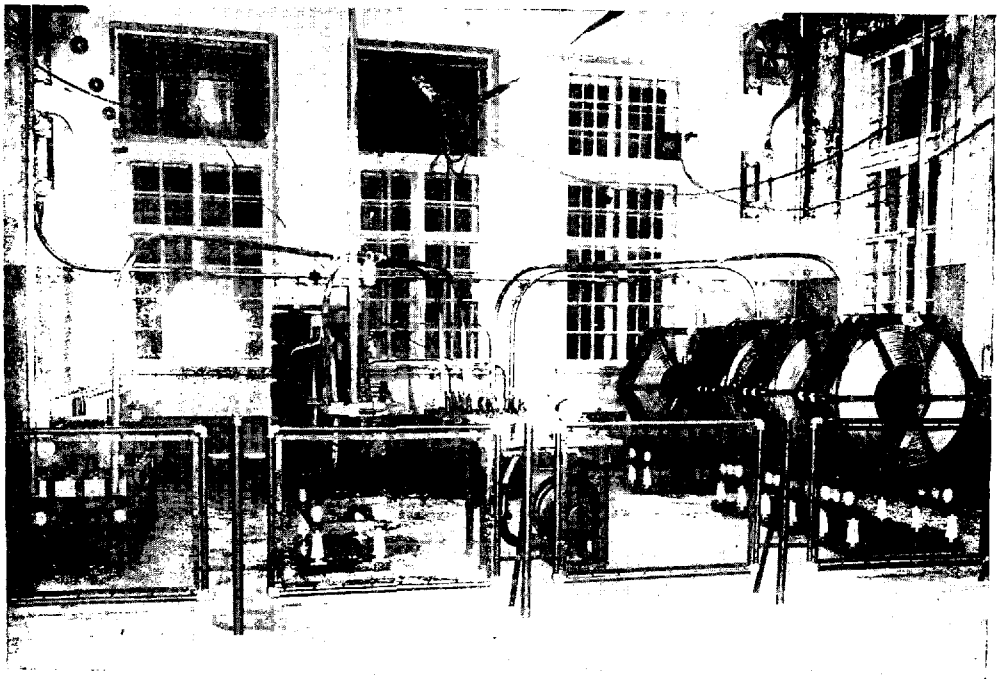
Р. машинный для телеграфной работы. Простейшей схемой включения машины высокой частоты на работу ее в качестве телеграфного Р. могло бы быть непосредственное соединение ее с радиосетью. Однако практически такое включение никогда не употребляется по следующим причинам. Если машинный Р. рассчитан на работу собственной длиной волны, то часто весьма трудно бывает из чисто конструктивных соображений и трудностей изоляции получить от машины эдс, необходимую для передачи в антенну полной мощности. Поэтому даже в самом простейшем случае машина нагружается на промежуточный резонансный контур, связанный обычно индуктивною связью с радиосетью. Кроме того весьма часто бывает, что частота, вырабатываемая непосредственно машиною, невыгодна для связи с фиксированным для данного Р. корреспондентом и приходится прибегать к умножению частоты статич. трансформаторами; последние же работают с высоким кпд только при соблюдении определенных условий, заставляющих включать их также в резонансный контур. Т. о. во всех случаях практически для работы в телеграфном режиме машина высокой частоты грузится на резонансный контур, являющийся промежуточным звеном между генератором и антенною. При умножении частоты таких контуров будет минимум два. Иногда, чтобы создать в машине чисто активную нагрузку, параллельно ее зажимам приключается катушка самоиндукции или емкость (включение Pungs'a).

Принципиальная схема включения высокочастотной части машинного Р. дана на фиг. 1 (L_1—вариометр, C_1—емкость первичного контура, C_2—емкость вторичного контура, W—умножитель частоты, T_S—трансформатор связи с антенной, L_a — удлинительная катушка антенны); практическое ее оформление для 50-kW Р. Октябрьской радиостанции дано на фиг. 1 вкладного листа. Схема фиг. 1 относится к более сложному случаю включения машинного радиопередатчика, т. е. к случаю его работы через умножитель частоты.

Передача в антенну знаков азбуки Морзе в машинном Р. осуществляется несколькими способами. Основным нужно считать применение дросселя с железным сердечником, включенного в первичный резонансный контур. Дроссель имеет две обмотки—рабочую и поляризующую. Первая включается в цепь высокой частоты, во вторую подаются импульсы посто-

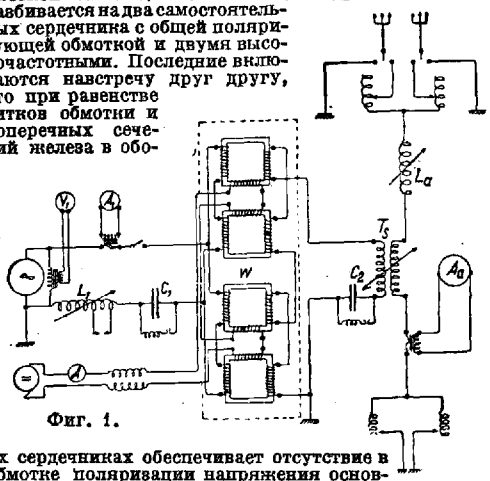


Общий вид ламнового радиопередатчика в 30 kW.



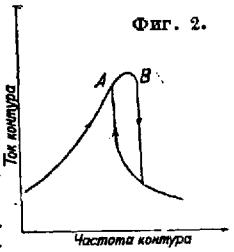
Машинный радиопередатчик Октябрьской радиостанции в 50 kW.

янного тока от вспомогательной динамомашины в такт с посылаемыми сигналами. Практически, во избежание индукции в поляризующей обмотке больших эдс высокой частоты, магнитная цепь дросселя обычно разбивается на два самостоятельных сердечника с общей поляризующей обмоткой и двумя высокочастотными. Последние включаются навстречу друг другу, что при равенстве витков обмотки и поперечных сечений железа в обо-



Фиг. 1.

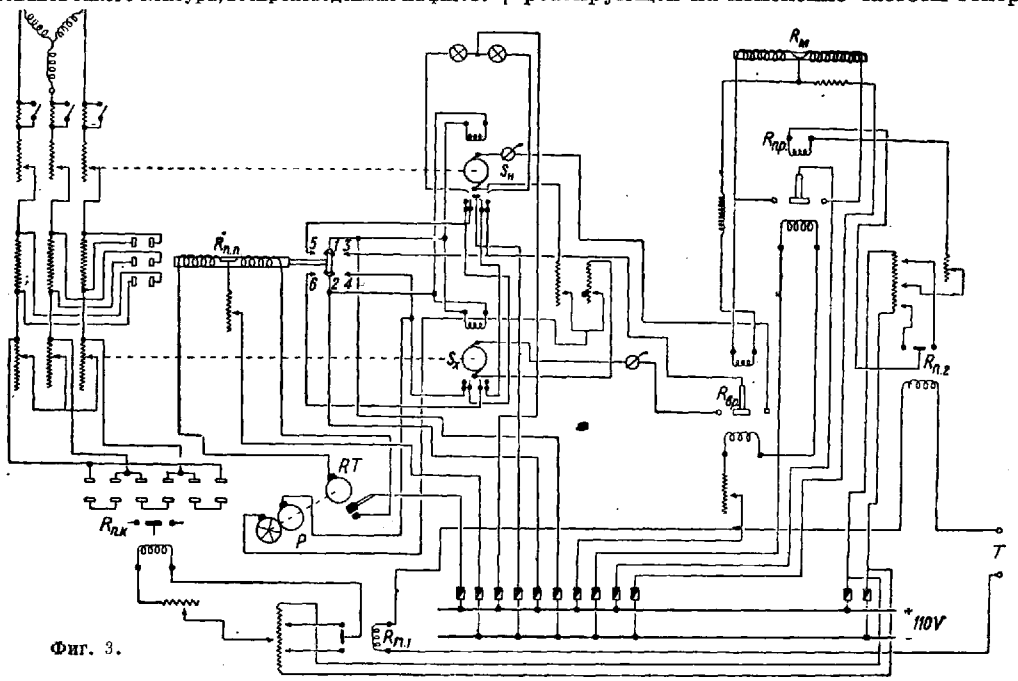
их сердечниках обеспечивает отсутствие в обмотке поляризации напряжения основной частоты. В зависимости от магнитного состояния дросселя меняется и общая самоиндукция первичного резонансного контура, чем и достигается нужная вариация в нем тока. Такого рода манипуляцией снабжены радиопередатчики Александерсона и «Телефункен». На машинных радиопередатчиках системы проф. В. П. Вологдина, осуществленных в СССР, применен другой метод манипуляции, возможный лишь при наличии в первичном контуре умножителя частоты, или, вообще говоря, катушки самоиндукции с железным сердечником. В таких передатчиках используется своеобразная форма кривой резонанса такого контура, воспроизведенная на фиг. 2.



Фиг. 2.

Как видно, по переходе через резонанс колебания круто срываются; при обратном ходе кривой имеет место своеобразное затягивание. Радиопередатчик работает с резонансным контуром, настроенным на частоту, соответствующую точке *A* кривой фиг. 2. В это время в антенне полный ток. Если теперь уменьшить собственный период колебаний контура до величины, соответствующей точке *B* фиг. 2, то получится срыв колебаний, и в антенне тока не будет. Практически такая манипуляция осуществляется шунтированием части витков самоиндукции первичного контура при помощи специальных реле. Манипуляция такого рода дает весьма хорошее качество знака благодаря отсутствию постоянных времени в цепях, где она производится. Третий способ применен во Франции на мощных радиопередатчиках снабженных высокочастотными генераторами системы Латура. Эти машины работают через воздушный трансформатор, приключенный непосредственно на их зажимы. При манипуляции вторичная обмотка трансформатора замыкается накоротко, что эквивалентно короткому замыканию самого генератора. Такого рода манипуляция возможна лишь в случае машин, имеющих ток короткого замыкания, не превышающий нормального рабочего тока. Что касается скорости передачи, то при соответствующем оформлении системы манипуляции она м. б. доведена до тех же пределов, что и в случае длинноволнового лампового Р., т. е. до 100—150 слов в минуту.

Стабильность частоты Р. (см. *Высокой частоты машина*) осуществляется специальной регулировкой оборотов двигателя, ведущего машину высокой частоты, и система регулировки конечно сильно зависит от того, вращает ли машину электродвигатель постоянного тока или асинхронный. Именно из-за простоты регулировки оборотов все последние телеграфные машинные радиостанции снабжены двигателями постоянного тока, хотя переменный ток с точки зрения первоначальных затрат значительно выгоднее. Центральным элементом регулирующего устройства в машинных Р. является сам регулятор. Осуществляется он двумя способами: 1) в виде электрич. схемы, весьма сильно реагирующей на изменение частоты генератора, или 2) в виде прецизионного центробежного регулятора, работающего по чисто механическому принципу.

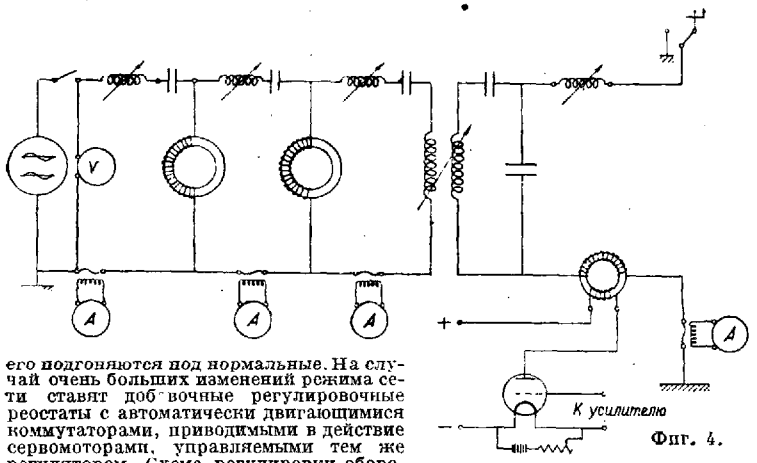


Фиг. 3.

Первый метод применен в Германии и США, второй—в СССР и Франции. Принцип действия чисто электрич. регулятора заключается в следующем. Машина высокой частоты имеет специальную добавочную обмотку с небольшим числом витков, к-рая грузится на резонансный контур с весьма малым декрементом затухания. Для получения нужного по величине декремента берется обычно несколько контуров. Ток высокой частоты последнего контура выпрямляется и при-

водит в действие весьма чувствительное реле, к-рое с помощью каскада усиливающих эффект реле производит то или иное действие на обороты главного двигателя. Иногда для получения еще большей чувствительности выпрямлению подвергается не ток высокой частоты, а биения между частотой генератора и частотой малого вспомогательного гетеродина. Весьма остроумный метод повышения чувствительности схемы предложил Риггер, использовавший очень резкое изменение угла сдвига фазы между током и электродвижущей силой в резонансном контуре с малым декрементом. Принцип этот нашел применение во всех машинных Р. фирмы «Телефункен».

Регулировка оборотов двигателя телеграфного машинного Р. разбивается на две части. Первая состоит в компенсации разности скольжений двигателя при отжатом и нажатом ключе. Для этого в случае асинхронного двигателя в каждую фазу его ротора при холостом ходе включается сопротивление, шунтирующееся специальным мощным реле при нажатии ключа. Тот же эффект м. б. получен путем включения в статор двигателя дросселей, магнитная цепь к-рых насыщается за счет добавочной поляризации постоянным током. В случае же двигателя постоянного тока поправка на уменьшение оборотов при нагрузке производится в его шунте, в к-рый при нажатии ключа вводится нек-рое добавочное сопротивление, чем обороты повышаются до числа, соответствующего холостому ходу. Совершенно очевидно, что манипулировать в магнитной цепи двигателя постоянного тока значительно легче, чем в роторе или статоре асинхронного двигателя. На некоторых телеграфных Р. осуществлена т. н. работа на баланс. Заключается она в следующем. Генератор высокой частоты работает не на один резонансный контур, а на два, включенных параллельно. Первый, с малыми потерями, связан с антенной, второй с потерями, соответствующими полной мощности генератора, в состоянии принять на себя всю нагрузку. При подаче знака в антенну рабочий контур настроен, а балансный выведен из резонанса, и наоборот. Т. о. машина все время идет под полной нагрузкой, и в компенсации на скольжение при нажатом и отжатом ключе двигатель не нуждается. Вторая часть регулировки состоит в компенсации изменений режима сети, питающей двигатель. Здесь обычно применяется принцип Тирилля, заключающийся в том, что двигатель приводится в состояние неустойчивого равновесия по оборотам путем быстрого периодич. включения и выключения добавочных сопротивлений в ротор при асинхронном двигателе и в шунт—при двигателе постоянного тока. Манипуляции по быстрым изменениям режима работы двигателей производятся автоматически при помощи указанных регуляторов скорости. При нормальном режиме сети импульсы регулятора на увеличение и уменьшение оборотов равны по времени. При изменении же режима сети импульсы в одну сторону будут продолжаться дольше, чем в другую. Иначе говоря, результирующая величина сопротивления, введенного в ротор асинхронного двигателя или шунт двигателя постоянного тока, меняется в зависимости от изменений режима сети, и таким образом обороты



Фиг. 4.

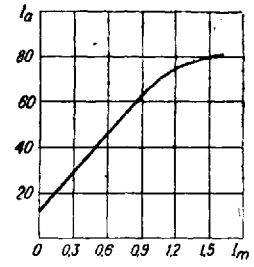
его подгоняются под нормальные. На случай очень больших изменений режима сети ставят доб вочные регулировочные реостаты с автоматически двигающимися коммутаторами, приводимыми в действие сервомоторами, управляемыми тем же регулятором. Схема регулировки оборотов в машинном Р. таким образом довольно сложна, но она позволяет держать обороты двигателя, а следовательно и длину волны Р. в пределах изменения $\pm(0{,}05 \div 0{,}1\,\%)$. Принципиальная схема регулирующего устройства машинного Р. в случае применения асинхронного двигателя и центробежного регулятора дана фиг. 3 [RT—регулятор Тюри, P—прерыватель в цепи двигателей, $R_{п.п.}$—реле постоянной поправки; *1, 2, 3, 4, 5, 6*—вспомогательные контакты к $R_{п.п.}$; $R_{п.к.}$—реле Крида пневматическое (поправка на ключ); $S_{к.}$—сервомотор нагрузки: $S_{х.}$—сервомотор холостого хода; $R_{п.1}$—малое поляризованное реле Крида; $R_{м.}$—реле манипуляции в высокой частоте; $R_{пр.}$—промежуточное реле; $R_{вр.}$—реле времени; $R_{п.2}$—малое поляризованное реле Крида; T—выход к трансмиттеру Уитстона] [1].

Энергетич. баланс машинного Р. в телеграфном режиме м. б. сведен следующим образом. На больших мощностях м. б. приняты следующие кпд отдельных элементов: двигателя—0,92, генератора—0,80, контура—0,95. Общий кпд—0,7. Все вспомогательные устройства Р. потребляют 5—6% от мощности главного мотора, т. е. промышленный кпд

$$\eta = 0{,}7 \cdot 0{,}94 = 0{,}658.$$

Если Р. работает через умножитель частоты, то приходится еще учитывать потери в нем и во вторичном контуре. В случае удвоения частоты кпд умножителя м. б. принят равным 0,9, в случае утроения—0,8. Таким образом при работе машинного Р. на второй гармонике его кпд будет примерно 0,57 и в случае третьей гармоники—0,5. Эксплоатационные расходы при машинном Р. меньше, чем в ламповом Р. соответствующей мощности, так как нет необходимости в частой замене аппаратуры.

Р. машинный для телефонной работы. Кроме работы на телеграф машинный Р. может быть использован в качестве телефонного. Для получения волны радиовещательного диапазона умножения частоты генератора в два-три раза уже недостаточно, и приходится ставить или каскад умножителей или трансформировать частоту в одном трансформаторе, но методом удара напряжения. Практически приемлемы и тот и другой принципы; дают они примерно одинаковый кпд. Телефонная передача машиною высокой частоты м. б. осуществлена многими путями; практически наивыгоднейший—модуляция при помощи дросселя с железным сердечником. Включение последнего аналогично включению при телеграфной манипуляции с тою лишь разницею, что дроссель из первичного контура переносится в антенну, а поляризующая его обмотка включается в анодную цепь модулирующих ламп.



Фиг. 5.

Принципиальная схема машинного телефонного Р. дана на фиг. 4. Физические основы телефонии машинным Р. сводятся к следующему. Нелинейное изменение индуктивного сопротивления модулирующего дросселя при изменении тока поляризации, накладываясь на кривую резонанса антенного контура, в результате дает линейное изменение тока в последнем, причем неискаженная модуляция м. б. осуществлена с глубиною в 70%. Практически заснятая модуляционная характеристика машинного Р. представлена на фиг. 5. Фильтрация гармоник в машинном телефонном Р. производится включением между антенною и контуром последнего каскада умножения еще одного промежуточного контура, а также применением емкостной связи с антенною. Мощность модулирующего устройства сильно зависит от диапазона частот, требуемых к передаче с постоянною глубиною модуляции. Так напр., при коммерч. связи, где требуется полноценное пропускание частот от 100 до 2 000 пер., мощность модулирующего устройства равна лишь 7% от мощности в антенне на несущей волне. При концертной же передаче она возрастает до 20% от той же величины. Конечно очень большую роль в мощности модулирующего устройства играет электрич. качество

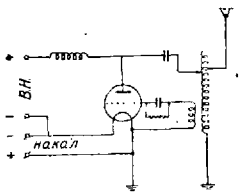
модуляторных ламп. Кпд машинного телефонного Р. невысок, ок. 15—17%. По качеству телефонной передачи машинный Р. эквивалентен ламповому. Могущая возникнуть вследствие модуляции антенны дросселем фазная модуляция легко компенсируется включением второго модулирующего дросселя в контур последнего каскада умножения частоты.

Сведения об эксплоатируемых теперь машинных Р., о мощностях и длинах волн их см. *Техника высокой частоты.*

Лит.: 1) Спицын М., Мощный машинный передатчик, «Электросвязь», Л., 1929, *1*; его же, Телефония машиною высокой частоты, «Техника связи», М., 1930, *3*; Bucher E., Technical Description of the Alexanderson System for Radio Telegraph a. Radio Telephone Transmission, N. Y., 1920; Nauen-Festschrift zur Einweichung d. Grossfunkstelle Nauen, B., 1920; Bethenod J., Les alternateurs à haute fréquence, P., 1926; Osnos M., Über die zweckmässige Abstimmung eines Hochfrequenzgenerators, «Telefunken-Zeitung», B., 1925, B. 7, 40/41; Strigel R., Über Steuerung mit Eisendrosseln, «Jahrbuch d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie», «Zeitschrift für Hochfrequenztechnik», 1927, B. 29, H. 1; Faige A., Die Wirkungsweise d. Eisenmodulators, «Elektrische Nachrichten-Technik», Berlin, 1925, B. 2, H. 4; Schuchmann, Die Konstanthaltung d. Wellenlängen von Maschinensender-Stationen für drahtlose Telegraphie nach der Methode von Siemens u. Halske, «Telefunken-Zeitung», B., 1925, B. 7, 40/41; Fischer u. Pungs, Schnelltelegraphie mit Steuerdrossel, «Jahrbuch d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie», «Zeitschrift für Hochfrequenztechnik», B., 1926, B. 27, H. 2; Schmidt K., Ein neuer Hochfrequenzmaschinensender für drahtlose Telegraphie, «ETZ», 1923, H. 40; Mayer R., Die Regulierung von Maschinensendern mit Gleichstromantrieb, «Telefunken-Zeitung», B., 1927, B. 9, 45/46; Watanabe G., Über d. günstigste Belastung d. Hochfrequenzgenerators, «Elektrische Nachrichten-Technik», B., 1928, B. 5, H. 7; Kuntze O., Die Grossfunkstelle Prado del Rey bei Madrid Telefunken Maschinensender 150 kW, «Telefunken-Zeitung», B., 1926, B. 8, *42*; Doetsch C. W., Die Grosstation Malabar-Radio auf Java, ibid., 1925, B. 7, 40/41; Alexanderson E. F., The Electrical Plant of Transocean Radio Telegraphy, «General Electric Review», Schenectady, 1923, v. 26, 7; Hirsch R., Die Grosstation Kootwijk, «Telefunken-Zeitung», B., 1923, B. 5, 30.

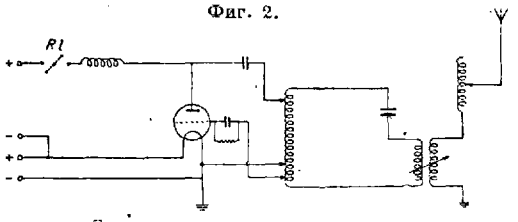
М. Спицын.

Р. ламповый, радиопередатчик, у которого источником токов высокой частоты служит *ламповый генератор* (см.). Ламповые радиопередатчики подразделяются на 1) телеграфные, работающие или незатухающими колебаниями или колебаниями, модулированными звуковой частотой (т. н. тональная работа), 2) телефонные для передачи речи и музыки. Кроме того Р. ламповые м. б. различаемы по диапазону рабочей длины волны: 1) Р. длинных волн (100 *м* и выше), 2) коротких волн (100—10 *м*) и 3) ультракоротких волн (10 *м* и ниже). Принадлежность Р. к тому или иному диапазону определяет в основном и все конструктивные его особенности. К ламповым Р. предъявляются следующие требования: 1) постоянство длины волны, 2) отсутствие излучения посторонних частот, гл. обр. гармоник, 3) отдача в антенну определенной мощности, 4) возможно высокий кпд Р. Сверх того к телеграфным Р. предъявляется требование возможности быстродействующей работы, к телефонным же—неискаженная передача речи и музыки. При современном «уплотнении» эфира, когда интервалы между частотами отдельных станций всего 9—10 тысяч пер/ск., постоянство частоты Р. играет огромную роль, т. к. небольшое относительное изменение волны, всего на доли %, дает заметное изменение частоты «абсолютное», и начинаются помехи одной станции другой. Поэтому например в широковещательном диапазоне требования к стабильности волны составляют в среднем 200—250 пер/ск. Для получения большей стабильности часто радиопередатчик делают из нескольких каскадов, сравнительно слабо связанных между собой. В первом каскаде, *задающем генераторе* (см.), принимаются различные меры к поддержанию постоянства частоты. В длинных волнах иногда бывает достаточно для этого поддерживать постоянство напряжения источников питания и достаточной жесткости схемы. При большем же требовании к стабильности этот генератор стабилизуют при помощи кварца (см. *Стабилизация частоты*), или же используются явления *магнитострикции* (см.), или наконец генератор стабилизируется камертоном. В настоящее время *ламповые генераторы* (см.) работают почти исключительно колебаниями второго рода с углом отсечки 90° и ниже. Такая форма анодного тока богата гармониками. Т. о., если не принимать специальных мер борьбы, в эфир наравне с основной частотой будут излучаться и частоты, кратные основной (гармоники). Эти гармоники могут также вызывать помехи приему других станций. Для уничтожения гармоник б. ч. применяют промежуточный контур, а иногда и более сложные фильтры. На фиг. 1 показана схема Р. по «простой схеме», когда ламповый генератор работает прямо на контур антенны. В этом случае в эфир излучаются кроме основной волны также и гармоники. На фиг. 2 представлена схема передатчика по

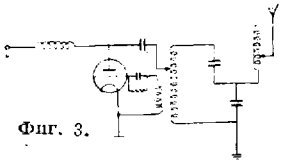


Фиг. 1.

Фиг. 2.

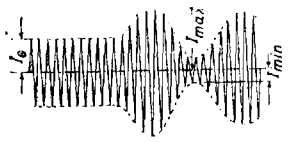


«сложной схеме» с промежуточным контуром. В этом случае ламповый генератор работает на замкнутый колебательный контур, с к-рым сравнительно слабо связана антенна. Т. к. в контуре только ток основной частоты достигает больших значений, то в антенну переходит гл. обр. основная частота. Гармоники же контуром сильно ослабляются. Связь между контуром и антенной м. б. любая: индуктивная, автотрансформаторная или емкостная. В виду того, что емкостное сопротивление конденсатора падает с увеличением частоты, переход высших гармоник в антенну при емкостной связи получается меньше и фильтрация более совершенной. Поэтому в настоящее время стремятся, где возможно, между промежуточным контуром и антенной ставить связь емкостную. Затруднения при этом встречаются гл. обр. конструктивного характера: трудность изготовления переменного конденсатора большой емкости на высокие напряжения (фиг. 2 изображает схему индуктивной связи, а фиг. 3—емкостной).


Фиг. 3.

В настоящее время требования к Р. в отношении излучения посторонних частот очень большие; независимо от мощности основной частоты мощность любой гармоники не должна превышать 1 W. Это дает соотношение между мощностью гармоники и основной частотой, при мощности станции например 100 kW, $1 : 10^5$. Отсюда видно, что при больших мощностях отфильтровать гармоники очень трудная задача, и в этих случаях бывает иногда недостаточно одного промежуточного контура, а приходится ставить целые фильтры. Р. должен давать в антенну определенную мощность. Это требование вызывается необходимостью покрыть заданное расстояние, почему на эту сторону и приходится обращать большое внимание.

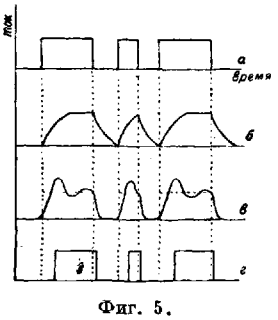
В телеграфных Р. под мощностью в антенне принято считать произведение квадрата силы тока в антенне на активное сопротивление ее при нажатии ключа. В телефонных Р. этот вопрос более сложный. Действительно, во время работы ток в антенне меняется от нек-рого среднего значения I_0 (фиг. 4) до I_{max}, с одной стороны, и до I_{min}—с другой. Т. о. телефонный Р., хотя дает в среднем при отсутствии модуляции (в телефонной точке) лишь ток I_0, он должен допускать возможность увеличения тока в антенне до значения $I_{max}=I_0(1+M)$.



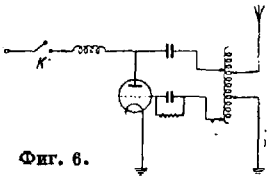
Фиг. 4.

Следовательно, имея мощность в телефонном режиме $P_t=I_t^2R_a$, телефонный Р. должен допускать повышение мощности до значения $P_{max}=I^2_{max}R_a=P_t(1+M)^2$; P_{max}—максимальная мощность, развиваемая Р., и носит название телеграфной мощности Р. [M—коэфициен. *модуляции* (см.)]. P_{max} определяется током эмиссии ламп и анодным напряжением. Телефонная мощность Р. зависит от максимального коэфициента модуляции, следовательно если мы хотим иметь Р. с телефонной мощностью 100 kW при максимальном коэф-те модуляции в 70%, то необходимо установить лампы на телеграфную мощность $100\cdot(1+0{,}7)^2$ kW$\cong$300 kW. Обычно в телефонных Р. под мощностью понимается мощность в антенне на несущей волне при отсутствии модуляции при возможности получить заданный (обычно 70—90%) коэфициент модуляции.

Р. должен иметь возможно большой кпд. В Р. можно различать: 1) кпд последнего каскада (отношение мощности в антенне к мощности, подводимой к анодам ламп последнего каскада); 2) промышлен. кпд (отношение мощности в антенне к мощности, потребляемой передатчиком со всем вспомогательным устройством: накал, насосы). В телеграфных Р. кпд последнего каскада бывает обыкновенно 50—75%, причем при длинных волнах и больших мощностях он выше, а при коротких волнах и меньших мощностях—ниже. В телефонных Р. кпд определяется кпд в телеграфной точке и коэфициентом модуляции. Дело в том, что анодный ток последнего каскада пропорционален току к антенне, и следовательно если в телеграфной точке мы имели кпд η_{max}, то в телефонной точке кпд уменьшится в отношении $(1+M)$, т. к. при переходе в телефонную точку мощность в антенне упадет в $\left(\frac{P_{max}}{P_0}\right)=(1+M)^2$ раз, а мощность, подводимая к последнему каскаду $P_0=EI$, уменьшится только в $(1+M)$ раз, а следовательно кпд уменьшится также в $(1+M)$ раз. Т. о. кпд последнего каскада в телефонных Р. бывает порядка 30—45%. Промышленный кпд Р. телеграфных бывает обыкновенно порядка 30—60% в зависимости от мощности. У телефонных Р.—10—25%. Для телеграфных Р. для обеспечения возможности быстродействующей работы необходимо, чтобы ток в антенне при нажатии ключа мгновенно нарастал до своей нормальной величины и также быстро спадал при отжатии ключа, т. е. форма сигнала после детектирования д. б. прямоугольна (фиг. 5а). В том случае если в схеме Р. имеются части, обладающие большой постоянной времени (гридлик из слишком большой емкости и сопротивления), то форма сигнала искажается, ток не сразу возрастает до своей нормальной величины и не сразу спадает (фиг. 5б). При очень больших скоростях работы ток не успевает дойти до своей нормальной величины. Если в схеме Р. имеются контуры, обладающие низким собственным периодом колебания (сглаживающие фильтры выпрямителей), то при нажатии ключа ток получает вид затухающих колебаний (фиг. 5в). Кроме вышеперечисленных искажений сигнала м. б. искажения механического характера (реле плохо отрегулировано или вообще не может дать необходимой скорости в виду больших масс подвижной части). В этом случае сигнал делается короче, чем нужно, и при больших скоростях получается достаточно неразборчивая работа (фиг. 5г) — пропуски знаков. Поэтому часто реле ставят в той цепи Р., где имеют место малые токи и напряжения с тем, чтобы возможно было ставить реле с легкой подвижной системой и контактами. Поэтому включение специального реле Rl в цепь высокого напряжения (фиг. 2) в настоящее время почти не применяется. В маленьких Р., где анодное напряжение и ток малы, эта схема находит себе еще применение и сейчас, причем в анодную цепь обыкновенно ставится прямо ключ K (фиг. 6). Некоторое изменение этой схемы заключается в том, что ключ ставится не в цепь высокого напряжения, а в первичную обмотку анодного трансформатора (фиг. 7). Более целесообразно включение реле Rl в цепь сетки (фиг. 8). В этом случае реле разрывает лишь ток сетки, значительно меньший, чем анодный ток, и притом значительно меньшего напряжения.



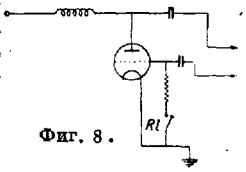
Фиг. 5.



Фиг. 6.

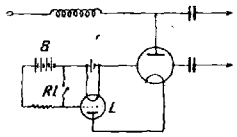


Фиг. 7.



Фиг. 8.

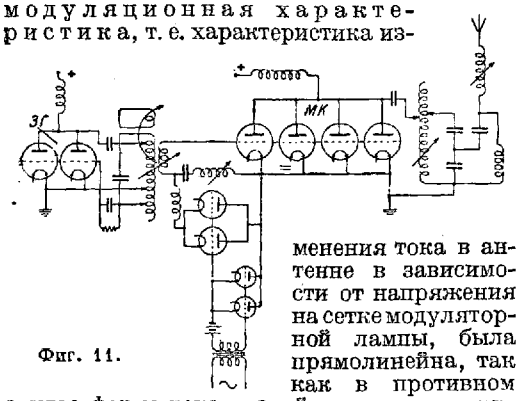
Но при больших мощностях и этот способ требует реле специального типа, поэтому ставят так наз. манипуляционную лампу L (фиг. 9) и реле ставят в цепь сетки этой лампы. Так как эту лампу выбирают с таким расчетом, чтобы она работала без тока сетки, то здесь возможно ставить реле любого типа. В этом случае при отжатом ключе на сетку манипуляционной лампы подается отрицательное смещение от батареи B, и главная лампа запирается, а при нажатом ключе



Фиг. 9.

сетка манипуляционной лампы замыкается с нитью, и генераторная лампа начинает работать. Кроме того при многокаскадных передатчиках возможно включение реле в один из первых каскадов, где мощности еще невелики.

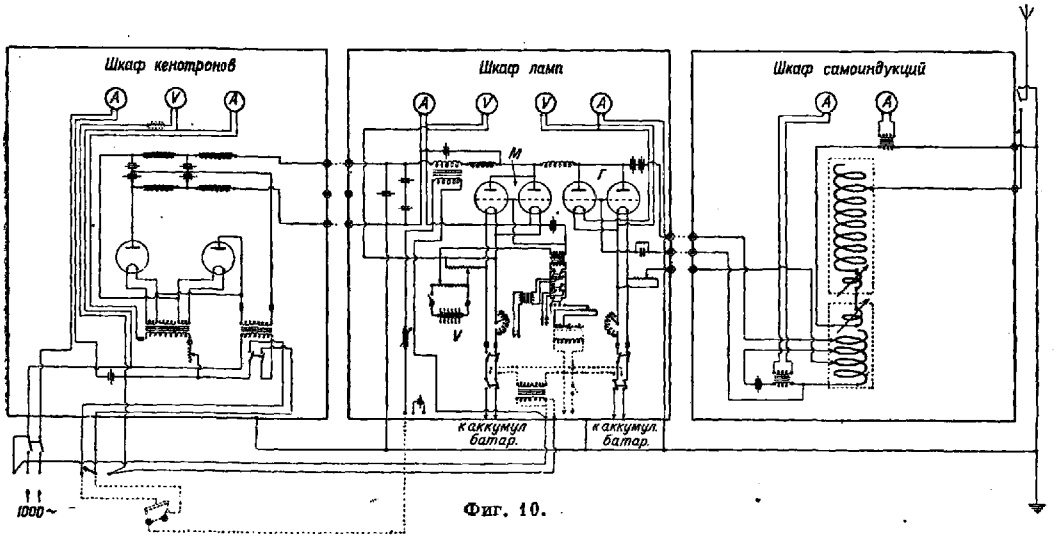
В отношении телефонных Р. ставятся требования неискаженной передачи речи и музыки, для чего Р. должен пропускать одинаково звуковую частоту для радиовещания в пределах 25÷10 000 пер/ск., а для коммерческой телефонии—в пределах 250—3 000 пер/ск. Кроме того необходимо, чтобы модуляционная характеристика, т. е. характеристика из-



Фиг. 11.

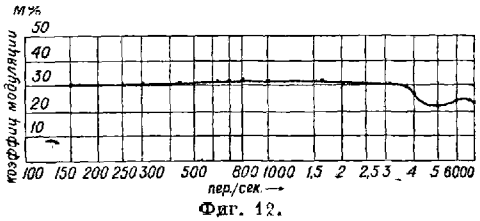
менения тока в антенне в зависимости от напряжения на сетке модуляторной лампы, была прямолинейна, так как в противном случае форма тока низкой частоты при приеме будет искажена (появляются гармоники на низкой частоте). В настоящее время употребляется большей частью схема анодной модуляции Хиссинга и различные схемы сеточной модуляции, например Шефера. Первая имеет распространение главным образом в Англии и Америке, а схема Шефера—в Германии. В СССР в прежнее время употреблялась почти исключительно схема Хиссинга, в настоящее время употребляются главным образом различные схемы модуляции на сетку.

Схемы и конструктивные особенности ламповых Р. Длинноволновые Р. До 1927—28 г. в СССР Электротехнич. трестом з-дов слабого тока (ЭТЗСТ) изготовлялись телефонно-телеграфные Р. мощностью до 20 kW, причем схема модуляции была по Хиссингу. На фиг. 10 дана схема 1-kW длинноволнового передатчика ЭТЗСТ типа Д-100. Этот Р. питается от машины в 1 000 пер/ск.



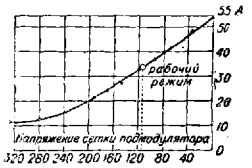
Фиг. 10.

и состоит из шкафа кенотронов (выпрямитель), шкафа ламп (генератор $Г$ и модулятор M) и шкафа самоиндукций. Генератор этого Р. состоит из двух ламп типа Г-100 и работает на самовозбуждении. Р. имеет промежуточный контур, индуктивно связанный с антенной. Схема модуляции—анодная в модуляторе



Фиг. 12.

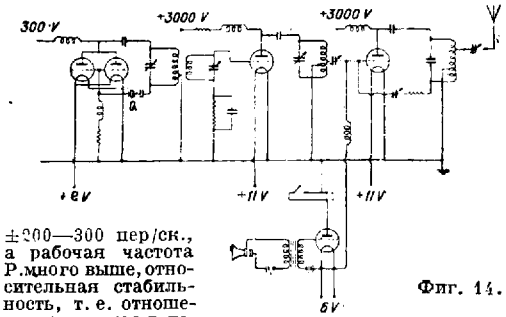
стоят 2 лампы типа М-100. Недостатком анодной модуляции является необходимость усиливать токи низкой частоты до очень значительных мощностей (порядка половины мощности передатчика), причем получить усиление неискаженное—задача очень трудная. На фиг. 11 изображена схема Опытного передатчика НКСвязи мощностью 20 kW, построенного в 1928 г. Р. питается от сети 3-фазного тока, выпрямляемого ртутными колбами, и состоит из двух каскадов—задающего генератора $3Г$ мощностью 4 kW и мощного каскада $МК$, установленная мощность которого 80 kW (4 лампы по 20 kW). Схема модуляции—по Шеферу; связь между задающим генератором и мощным каскадом—индуктивная. Для уменьшения гармоник связь антенны с промежуточным контуром—емкостная. На фиг. 12 показана частотная характеристика Опытного передатчика, т. е. зависимость коэфициента модуляции от частоты при постоянстве амплитуды низкой частоты на входе в Р. На фиг. 13 дана моду-



Фиг. 13.

ляционная характеристика. Как видно из нее, Р. допускает без искажений коэфициент модуляции до 65%. Мощные Р. в настоящее время монтируются не в шкафах, а все детали и лампы размещаются для удобства ремонта и обслуживания на открытых подставках, с т э н д а х. Для безопасности обслуживающего персонала эти стэнды ограждаются, причем при открывании двери ограждения высокое напряжение автоматически выключается.

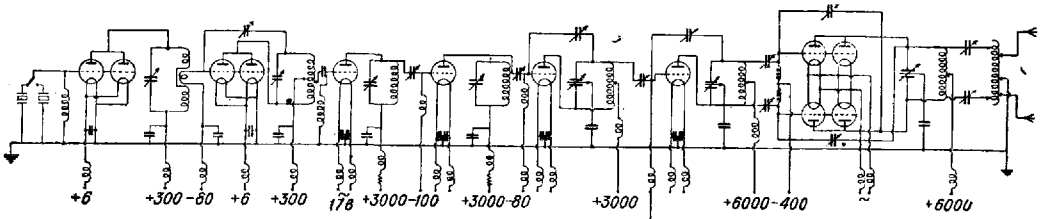
Р. к о р о т к и х в о л н. Так как при коротких волнах требования к абсолютной стабильности частоты того же порядка, что и для длинных волн, т. е.



Фиг. 14.

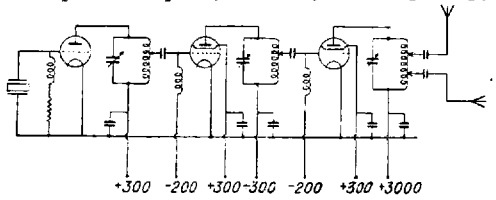
±200—300 пер/ск., а рабочая частота Р. много выше, относительная стабильность, т. е. отношение отклонения частоты к основной частоте, получается очень высокой, напр. при волне в 30 м, что соответствует частоте в 10 млн. пер/ск., необходимая стабильность будет $300 : 10^7 = 3 \cdot 10^{-5}$ (0,003%). Получить такую стабильность очень трудно. Поэтому в коротковолновых Р. почти исключительно употребляется стабилизация кварцем. Так как кварцевый генератор обычно дает очень малую мощность (порядка 5—10 W), то для получения необходимой мощности приходится ставить несколько каскадов усиления. Кроме того, так как кварцевые пластинки на короткую волну очень тонки и хрупки, кварцевый генератор обычно заставляют работать на сравнительно длинной волне 100—200 м, а для получения необходимой более короткой волны прибегают к умножению частоты (см. *Умножение частоты*). Емкостная связь между цепями сетки и анода, получающаяся из-за того, что сетка лампы имеет емкость по отношению к аноду, при длинных волнах не играет особой роли, при коротких же волнах она становится очень большой и вполне достаточной для самовозбуждения каскада. Т. к. в коротковолновых Р. только первый каскад (кварцевый) работает самовозбуждением, а остальные должны только усиливать эти колебания, самовозбуждение других каскадов вредно, и с ним приходится вести борьбу двумя путями: 1) нейтрализацией этой емкости включением нейтродинных конденсаторов (см. *Нейтродинирование*) или 2) применением экранированных ламп. Роль нейтродинных конденсаторов сводится к тому, чтобы из цепи анода подать в цепь сетки напряжение высокой частоты такой же величины, как и напряжение, получающееся посредством связи через емкость анод—сетка, но противоположное по фазе. Т. о. связь между цепью анода и сетки нейтрализуется, и каскад не может самовозбудиться. В Р. употребляется главным образом анодная нейтрализация, которая лучше уничтожает самовозбуждение. Кроме связи через внутриэлектродные емкости ламп возможна связь между отдельными каскадами и непосредственно через индуктивную или емкостную связь между катушками и другими частями схемы отдельных каскадов. Для избежания этих связей каскады помещаются в отдельные металлические экраны, и поэтому коротковолновые Р. по внешнему даже виду сильно отличаются от длинноволновых, у которых обычно катушки бывают вынесены довольно далеко от ламп.

На фиг. 14 изображена схема коротковолнового Р. мощностью 150 W изготовления Радиозавода № 3 НКСвязи типа «Казакстан». Р. питается от специальной машины постоянного тока с двумя коллекторами. С одного коллектора снимается напряжение для накала ламп 11 V, с другого—анодное напряжение 3 000 V. Р. состоит из трех каскадов: 1-й каскад, задающий генератор, может быть стабилизирован кварцем Q и питается от аккумуляторов, 2-й каскад—удвоитель. Анодный контур этого каскада настраивается на вторую гармонику, и т. о. на сетку 3-го каскада подается уже удвоенная частота. В виду того, что этот каскад—удвоитель и в цепи сетки контур настроен на частоту более низкую, чем анодный, он не может самовозбуждаться, и поэтому здесь оказалось возможным обойтись без нейтрализации. 3-й мощный каскад работает как усилитель и поэтому требует нейтрализации. Р. телефонно-телеграфный допускает работу телефоном по схеме Шефера, а телеграфом может работать или незатухающими колебаниями или тональными; в этом случае включается звуковой генератор. На фиг. 15 изображена схема коротковолнового телефонно-телеграфного Р. мощностью 30 kW производства Радиозавода № 3 НКСвязи. Он также стабилизирован кварцем, причем допускает два или три удвоения частоты. Каскады удвоения не имеют нейтрализации, все же усилительные каскады нейтрализованы; модуляция—по Шеферу. Во избежание посторонних связей между цепями отдельные каскады экранируются друг от друга. Особо тщательно приходится экранировать от всяких внешних влияний кварцевый генератор. На фиг. 1 вкл. л. показан общий вид 30-kW передатчика: Р. состоит из 6 отдельных железных шкафов и только в передней стенке имеются окна для наблюдения за лампами. Кварцевый каскад и 2-й каскад помещаются в выдвижном ящике левого шкафа. Другой способ борьбы с емкостной связью сетки с анодом—это пользование экранированными лампами; при этом отпадает необходимость в нейтродинных конденсаторах, и тем сильно упрощаются настройка и обслуживание Р. На фиг. 16 показана схема Р. на экранированных лампах. В виду больших удобств пользования экранированными лампами они, в особенности в коротких волнах, в настоящее время вытесняют 3-электродные лампы. В то время как в длинноволновых Р. изменение волны производится при помощи переменной самоиндукции вариометров, в коротковолновых достигается переменными конденсаторами. Емкость этих конденсаторов при коротких волнах бывает невелика, и конструк-



Фиг. 15.

тивно эти конденсаторы получаются не слишком громоздкими и сложными. В полях очень высокой частоты большинство изоляторов дает большие потери на диэлектрический гистерезис и сильно разогревается. Поэтому выбор материала изолятора и его формы для изоляции частей схемы, несущих высокую частоту,—довольно трудная задача, например такие изоляторы, как эбонит, фибра и плохие сорта фарфора, настолько разогреваются, что делаются совершенно неприменимыми для изоляции. Наилучшими изоляторами для коротких волн можно считать плавленый кварц, слюду, некоторые сорта стекла и т. д. Из искусственных изоляторов необходимо отметить *микалекс* (см.), материал весьма прочный как в механическом, так и в электрич. отношении. Форма изоляторов всегда выбирается такой, чтобы количество изолирующего вещества было минимальным (для уменьшения потерь на диэлектрич. гистерезис). Поэтому изоляторы берут

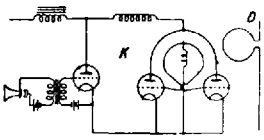


Фиг. 16.

обычно или в виде тонких пластинок или в виде трубок. Конденсаторы по тем же причинам делаются почти исключительно воздушными. В виду того, что величина рабочей волны часто бывает соизмерима с длиной соединительных проводов, детали Р. приходится размещать т. о., чтобы соединительные провода были как можно короче. Кроме того весь монтаж и особенно катушки самоиндукции приходится укре-

плять очень жестко для того, чтобы при нагреве они не могли деформироваться и тем изменять настройку. Кроме того часто весь передатчик ставят на фундамент для того, чтобы избежать сотрясений Р., которые могли бы повлиять на его работу.

В Р. ультракоротких волн все трудности Р. коротких волн еще более усилены. Поэтому например стабилизация кварцем с последующим удвоением частоты и усилением здесь неприменима из-за трудностей нейтрализации, с одной стороны, и трудности связывания отдельных каскадов в виду того, что соединительные провода оказываются слишком длинными и делают невозможной настройку каскадов на нужную волну. Кроме того при ультракоротких волнах очень сильно падает как отдача мощности, так и кпд в виду того, что эквивалентное сопротивление анодного контура $Z=\frac{L}{CR}$ не м. б. сделано достаточной величины в виду большой величины емкости C, в которую входит емкость ламп, емкость соединительн. проводов и т. д. В то время как при длинных волнах катушки контуров в соответствии с большим коэф-том самоиндукции обычно имеют сравнительно большой диаметр и большое число витков, катушки Р. коротких волн уже более миниатюрны как по диаметру, так и по числу витков. В Р. ультракоротких волн самоиндукция контура состоит обычно из одного витка, иногда даже неполного. В качестве конденсатора контура обычно служит только емкость самих ламп и соединительных проводов. В виду этого в настоящее время пользуются для ультракоротких волн почти исключительно генераторами с самовозбуждением, работающими на контур, к-рый связывается тем или иным способом с антенным устройством. Из схем генераторов б. ч. предпочитают двухтактные схемы, т. к. в этих схемах источники питания приключаются в нулевые точки и поэтому эти схемы работают более спокойно. Для телефонии пользуются б. ч. схемами анодной модуляции. На фиг. 17 изображена схема Р. ультракоротких волн по двухтактной схеме с анодной модуляцией. Связь между контуром K генератора и диполем D осуществлена с помощью одного лишь витка.



Фиг. 17.

О других категориях Р. см. *Передатчик*.

Лит.: Берг А. И., Теория и расчет ламповых генераторов, М.—Л., 1932; Анцелович Е., Ультракороткие волны, М.—Л., 1931; Шмаков П., Принципы радиотелефонии, М., 1930; Мени Р., Короткие электрич. волны, пер. с франц., М.—Л., 1930; Фрейман И., Курс радиотехники, Л., 1928; Баркгаузен Г., Катодные лампы, пер. с нем., т. 2, М., 1928; Кляцкин И., Расчет промежуточного контура, «Радиосборник ОДР», ч. 1—2, М., 1930; Терентьев Б., Расчет мощного радиопередатчика, «Научно-техн. сборник НКПиТ», М., 1929, 6; Минц А. и Кляцкин И., Основания для расчета модуляции на сетке, «Труды НИИС РККА», Москва, 1928, вып. 8; их же, Основания для расчета модуляции на аноде, там же, Москва, 1926, вып. 2. **Б. Терентьев.**

РАДИОПРИЕМ, см. *Излучение и прием*, *Техника высокой частоты*.

РАДИОПРИЕМНИК, см. *Техника высокой частоты*, *Детектор*, *Ламповый детектор*, *Ламповый приемник*, *Усилитель*.

РАДИОРАЗВЕДКА, см. *Техника высокой частоты*.

РАДИОСВЯЗЬ, см. *Техника высокой частоты*, *Беспроволочная связь*.

РАДИОСЕТЬ, основная часть всякой радиоустановки, передающей или приемной, служащая для излучения энергии в пространство в первом случае и для извлечения энергии из пространства—во втором. Р. состоит из *антенны* (см.) и *заземления* (см.); вместо последнего м. б. применен *противовес* (см.). Часто впрочем под названием «антенна» понимают всю Р. Применяемые Р., в зависимости от назначения *радиостанции* (см.) разделяются на пять типов: Р. мощных радиотелеграфных станций на длинных волнах, Р. станций радиовещательных, Р. коротковолновых передающих и приемных радиостанций, Р. любительского типа, Р. длинноволновых приемных радиостанций с направленным действием. Кроме того существуют Р. станций специального назначения, например для *пеленгаторов* (см.), *радиомаяков* (см.) и др. Прототипом всех Р. является *диполь* (см.) Герца, состоящий из двух сосредоточенных емкостей, соединенных проводом (фиг. 1). Так как провод обладает самоиндукцией, то диполь является колебательным контуром.



Фиг. 1.

Диполь Герца излучает энергию в пространство, и в любой точке пространства напряженность электрич. поля равна

$$E=\frac{60\pi Il}{\lambda R}\sin\theta\sin\omega\left(t-\frac{R}{c}\right), \qquad (1)$$

где E—напряженность поля в V/м, I—сила тока в диполе в А, l—длина диполя, λ—длина излучаемой волны, R—расстояние между точкой наблюдения и центром диполя (все длины в м), c—скорость света, θ—угол между направлением оси диполя и радиусом-вектором R. Если землю считать достаточно хорошим проводником, то такой же эффект можно получить от половины диполя, высотой $h=\frac{l}{2}$, т. к. земля заменяется зеркальным изображением (фиг. 2). Напряженность электрич. поля равна в этом случае

$$E=\frac{120\pi Ih}{\lambda R}\sin\theta\sin\omega\left(t-\frac{R}{c}\right). \qquad (2)$$

Обычные Г-образные, Т-образные и другие антенны, состоящие из вертикальных проводов с емкостью на конце, м. б. приравнены к заземленным полудиполям, и поле от них м. б. определено согласно ур-ию (2). Т. к. сила тока вдоль вертикальной части антенны не одинакова, то вместо геометрич. высоты h следует учитывать действующую высоту h_∂. Поэтому

$$E=\frac{120\pi Ih_\partial}{\lambda R}\sin\theta\sin\omega\left(t-\frac{R}{c}\right). \qquad (3)$$

Это ур-ие носит название ф-лы идеальной радиопередачи, т. к. в ее основу положены следующие допущения: 1) земля является идеальным проводником, 2) воздух над землей является идеальным диэлектриком и 3) поверхность земли можно считать плоскостью. Так как в действительности эти условия не выполняются на практике при передаче на сколько-нибудь большие расстояния, то практически ф-лы радиопередачи отличаются от уравнения (3), однако во всех остается пропорциональность напряженности поля произведению Ih_∂, которое носит название момента силы тока Р. и выражается обыкновенно в *метрамперах* (см.). Необходимо однако заметить, что эквивалентность радиосети диполю и понятие о действующей высоте можно допустить лишь тогда, когда размеры антенны малы по сравнению с длиной волны. Предельной длиной заземленной антенны, для к-рой возможно применение понятия о действующей высоте, является половина длины волны, но лишь при длине антенны меньше четверти длины волны применение величины действующей высоты в ф-лах мощности излучения дает ошибку менее 10%. Заземленная антенна длиною в четверть рабочей длины волны является наиболее простой Р.—в этом случае собственная длина волны совпадает с рабочей. Симметричная незаземленная Р., состоящая из



Фиг. 2.

провода, равного половине длины волны, применяется в настоящее время очень часто и носит название диполя. Такая Р. эквивалентна простейшей заземленной антенне. Ее собственная длина волны равна рабочей. Сопротивление излучения в два раза больше, чем у заземленной антенны.

Р. радиотелеграфных станций на длинных волнах, от 3 000—30 000 м, т. е. на частотах от 10—100 кц., отличаются большими размерами. Большая высота антенны необходима для получения достаточной действующей высоты, большая длина горизонтальной части—для получения необходимой емкости Р. Действительно, сопротивление радиосети равно

$$Z_A = R_A - j\varrho \operatorname{ctg} ml, \qquad (4)$$

где R_A—активное сопротивление Р., ϱ—волновое сопротивление антенны, $ml = 2\pi \frac{l}{\lambda}$ (λ—рабочая длина волны). Обычно собственная длина волны такой антенны меньше рабочей длины волны по крайней мере в 2,5—3 раза. Поэтому равенство (4) можно заменить более простым:

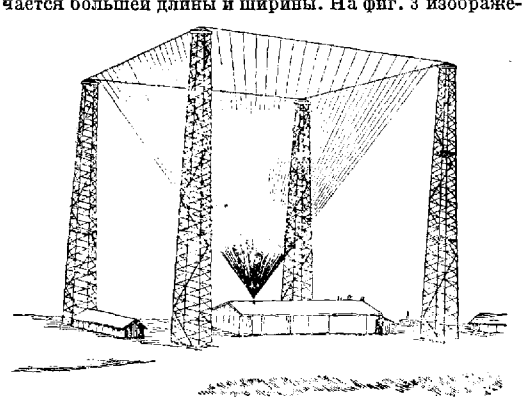
$$Z_A = R_A - j\frac{1}{\omega C_A}, \qquad (5)$$

где ω—угловая частота, C_A—статическая емкость антенны. Итак, антенну, работающую с достаточным удлинением, можно заменить ее активным сопротивлением и статической емкостью.

Напряжение на конце антенны определяется следующей формулой

$$E_{max} = I_{\partial}\sqrt{2}\,\frac{1}{\omega C_A}, \qquad (6)$$

где I_{∂}.—эффективное значение силы тока у основания Р. Ясно, что до некоторого предельного напряжения, к-рое устанавливается в зависимости от типа антенных изоляторов (для больших антенн 100 kV), сила тока пропорциональна емкости. Для передачи на большие расстояния согласно ур-ию (3) необходимо увеличивать силу тока, а следовательно емкость антенны. Р. получается большей длины и ширины. На фиг. 3 изображе-



Фиг. 3.

на одна из первых антенн такого типа, на фиг. 4 представлена антенна большой радиотелеграфной станции в Науэне. Для увеличения дальности действия есть еще одна возможность—увеличение действующей высоты. Р. приходится поэтому подвешивать на высоких мачтах в 150—200 или даже 250 м. Дальнейшее увеличение высоты мачт затруднительно и в смысле технич. трудностей и благодаря большой стоимости таких мачт. Итак, первой отличительной чертой Р. описываемого типа являются большая высота, длина и ширина. Другое весьма важное свойство—очень малый кпд. Полезное сопротивление—сопротивление излучения—равно

$$R_{\Sigma} = 160\pi^2\left(\frac{h_{\partial}}{\lambda}\right)^2. \qquad (7)$$

Допустим напр., что радиостанция работает на частоте 15 кц., т. е. длиной волны $\lambda = 20\,000$ м. Р. подвешена на мачтах высотою 200 м. Действующая высота $h_{\partial} \cong$ $\cong 160$ м. Сопротивление излучения оказывается приблизительно равным 0,1 Ω. Общее сопротивление радиосети R_A обычно порядка нескольких Ω. Если оно равно 4 Ω, то кпд всей Р. равен

$$\eta = \frac{R_{\Sigma}}{R_A} = 0{,}025,$$

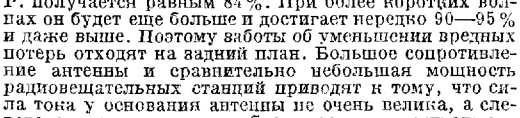
т. е. всего 2,5%. Повышение кпд наталкивается на большие затруднения. Увеличить действующую высоту можно только путем увеличения высоты мачт, что б. ч., как было указано выше, невозможно. Другой путь—уменьшение вредных потерь Р. и уменьшение таким образом общего сопротивления R_A. Этого можно достичь улучшением заземления. По этому пути и пошла радиотехника. Применено было распределенное заземление, т. е. ряд заземлений, расположенных соответственно распределению электрич. силовых линий антенны. Применение такого заземления сокращает путь токам в земле. Вместо заземления может быть применен противовес. Если провода противовеса



Фиг. 4.

достаточно часто расположены и если противовес выходит за проекцию антенны на высоту Р., то он является экраном, помещенным между антенной и землей. Такой противовес перехватывает электрические силовые линии и не дает им возможности уходить в землю. Оба эти способа—и распределенное заземление и противовес-экран—дали возможность значительно уменьшить потери в земле и довести вредное сопротивление Р. до десятых долей Ω. Несколько особое оригинальное решение задачи об увеличении кпд антенны получается при применении *многократной антенны* (см.). Схема ее—см. *Беспроволочная связь*, фиг. 11. Расчет Р. длинноволновых радиотелеграфных станций производится след. обр. По заданной напряженности поля в месте приема по одной из формул радиопередачи определяют метрамперы Р. (момент силы тока). Установив наибольшую возможную высоту мачт, определяют (приблизительно) действующую высоту, а затем—силу тока у основания антенны. Задавшись максимальным напряжением на конце антенны, согласно уравнению (6), находят наименьшую допустимую емкость и приступают к конструированию антенны. Остальные расчеты, например расчет удлинительной катушки самоиндукции, можно вести, заменив Р. эквивалентным контуром согласно уравнению (5). Трудно поддается расчету сопротивление вредных потерь Р. Эту величину обычно находят на основании имеющегося опытного материала по измеренному сопротивлению существующих Р. При обычных заземлениях и противовесах сопротивление вредных потерь равно 2—4 Ω, в зависимости от качества заземления. При распределенном заземлении можно его уменьшить, как было указано выше. Радиотелеграфные станции на длинных волнах в настоящее время строятся очень редко, т. к. связь на большие расстояния производится при помощи коротких волн. Поэтому и Р. для таких станций проектируются сейчас редко.—В СССР однако этих станций мало, и при проектировании новых радиопередающих центров придется иметь дело и с Р. этого типа.

Р. радиовещательных станций работают на волнах порядка 200—2 000 м, т. е. на частотах 150—1 500 кц. Так как рабочая длина волны не очень велика, то возможно построить Р., собственная длина волны которой близка к рабочей. Применение достаточно высоких мачт обеспечивает большой кпд, напр. при высоте мачт в 150 м действующая высота равна ~120 м. При работе на волне в 1 000 м сопротивление излучения по формуле (7) равно ~21 Ω. Если считать сопротивление потерь равным 4 Ω, кпд Р. получается равным 84%. При более коротких волнах он будет еще больше и достигает нередко 90—95% и даже выше. Поэтому заботы об уменьшении вредных потерь отходят на задний план. Большое сопротивление антенны и сравнительно небольшая мощность радиовещательных станций приводят к тому, что сила тока у основания антенны не очень велика, а следовательно нет также необходимости увеличивать емкость антенны. Р. получается небольших размеров и обычно подвешивается на двух мачтах (фиг. 5). Для

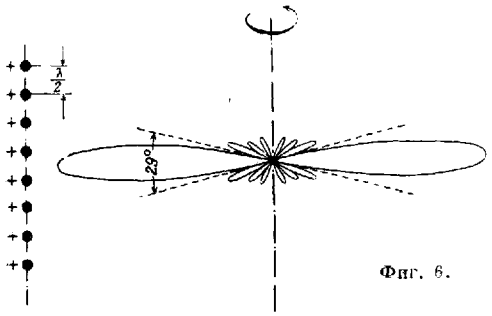


Фиг. 5.

волн короче 1 000 м не следовало бы, собственно говоря, строить высокие мачты, можно было бы удовлетвориться высотой в 60—100 м, так как кпд Р. получается и в этом случае достаточным. Имеются однако нек-рые преимущества при подвешивании антенны на более высоких мачтах. Прежде всего в этом случае Р. работает на волне короче собственной и получается более благоприятное распределение излучения в пространстве, а именно больше энергии излучается вдоль земной поверхности и меньше под углом к горизонту. Так как радиовещательный прием основан

гл. обр. на приеме прямого луча, идущего вдоль земли, а лучи, отражающиеся от верхних слоев атмосферы, наоборот, часто создают *замирание* (см.), то распределение излучения укороченных антенн является более благоприятным. Затем небольшая сила тока, получающаяся у основания антенны, дает некоторые преимущества при конструировании аппаратуры. Весьма важным обстоятельством в настоящее время является увеличение мощности радиовещательных станций. При больших мощностях в антенне играют роль вредные потери, так как каждый потерянный процент мощности по абсолютной величине достигает больших размеров. Так как мощные станции обычно работают на более длинных волнах, то сопротивление Р. не так уже велико, и приходится увеличивать емкость антенны, а значит размеры Р. Вторым важным обстоятельством является необходимость пропускать широкую полосу частот. Для воспроизведения всех звуковых частот до 6 000 пер. необходимо иметь ширину полосы частот равной 12 000 пер., что при длинных волнах дает декремент Р. порядка 0,2 и более. Для достижения такого декремента Р. современных радиовещательных станций д. б. достаточно сложными. Многие применяют П-образные Р. или, еще лучше, многократные антенны (типа Александерсена).

Р. коротковолновые применяются в настоящее время исключительно направленного типа. В прежнее время Р. коротковолновых радиостанций имели очень простой вид—обычно применялся диполь вертикальный или горизонтальный на полдлины волны или длинные вертикальные и горизонтальные провода. Такие Р. применяются и теперь на радиостанциях малой мощности. Современная радиосвязь на коротких волнах требует направленной передачи. Направленная коротковолновая Р. дает экономию мощности в десятки раз, а кроме того такая приемная антенна является способом борьбы с эхо-эффектом. Поэтому все передающие и приемные коротковолновые центры оборудованы направленными антеннами. Направленность достигается применением ряда диполей, расставленных обычно на полдлины



Фиг. 6.

волны один от другого (см. *Лучевая антенна*). Направленность системы диполей, силы тока в которых одинаковы по величине и фазе (синфазные антенны), выражается формулой

$$E = E_0 \frac{\sin\left(N\frac{md}{2}\cos\theta\right)}{\sin\left(\frac{md}{2}\cos\theta\right)}, \qquad (8)$$

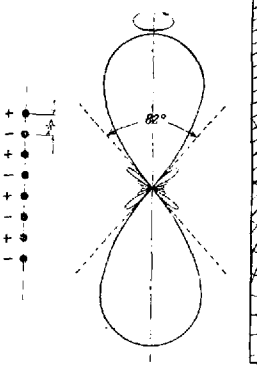
где E_0—напряженность поля от одного диполя, N—число диполей, θ—угол между плоскостью, в которой находятся диполи, и радиусом-вектором, d—расстояние между диполями, обычно равное $\frac{\lambda}{2}$, $m = \frac{2\pi}{\lambda}$.

Фиг. 6 изображает эту направленность графически. Если сила тока в диполях не одинакова по фазе, а меняется от одного к другому на 180°, то направленность выражается так:

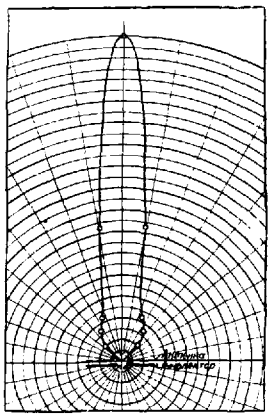
$$E = E_0 \frac{\sin\left(N\frac{md}{2}\cos\theta\right)}{\cos\left(\frac{md}{2}\cos\theta\right)}. \qquad (9)$$

Изображена эта направленность на фиг. 7. Если сзади рабочей Р. поместить подобную же сеть, то последняя явится рефлектором. Получается однонаправленное действие. На фиг. 8 изображена экспериментально снятая кривая направленности коротковолновой радиосети с рефлектором. Диполи, из которых составлена антенна, могут быть расположены вертикально, горизонтально или наклонно. Английская фирма Маркони применяет вертикальные диполи (антенна Франклина), нем. фирма «Телефункен»—горизонтальные, во Франции применяются наклонные диполи (антенна Ширекса-Мени). На фиг. 9 изображена антенна «Телефункен». Ряды горизонтальных диполей дают направленное действие в горизонтальной плоскости, расположение одних рядов над другими дает направленность в вертикальной плоскости. Наконец применение такой же антенны в качестве рефлектора дает однонаправленное действие. Кроме этих 3 главных типов антенн применяется еще целый ряд типов, из к-рых следует отметить америк. антенну, в к-рой ряд проводов возбуждается на 8-й гармонике, что дает острую направленность.

Р. любительского типа представляют собой простые устройства обычно из одного провода. Они подвешиваются на невысоких мачтах или на местных предметах



Фиг. 7.

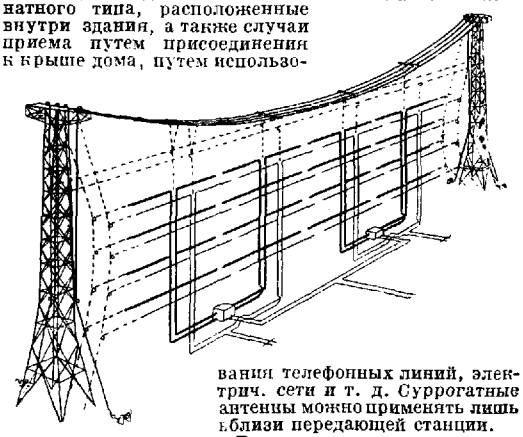


Фиг. 8.

(напр. на крышах домов, деревьях и т. д.). Заземление в деревнях производится при помощи металлич. предметов, закапываемых в землю, в городах же заземление обычно производится путем присоединения к водопроводу или центральному отоплению. Для приемной Р. емкость антенны является маловажной величиной, так как сила тока мала. Сила тока в приемной радиосети равна

$$I = \frac{Eh_0}{R_A}. \qquad (10)$$

Таким обр. необходимо заботиться о возможно большей действующей высоте и малом сопротивлении антенны. Благодаря плохому заземлению любительские антенны имеют обычно большое сопротивление порядка 50—100 Ω, что заметно влияет на силу приема, особенно при применении детекторных приемников. Кроме обычных антенн в любительской практике применяются *рамки* (см.) и суррогатные антенны. Под последним названием понимают антенны комнатного типа, расположенные внутри здания, а также случаи приема путем присоединения к крыше дома, путем использования телефонных линий, электрич. сети и т. д. Суррогатные антенны можно применять лишь вблизи передающей станции.



Фиг. 9.

Р. длинноволновых приемных радиостанций обычно бывают направленного типа. Применение направленных антенн вызвано стремлением значительно ослабить помехи от посторонних радиостанций и от атмосферных разрядов. Для этого пригодна любая направленная радиосеть. Часто применяют радиосеть, состоящую из двух перпендикулярно расположенных замкнутых антенн, используемых при помощи *гониометра* (см.). К такой радиосети присоединяется ряд приемников, работающих одновременно (см. *Многократный прием* в радиотехнике, *Волновая антенна*, *Замкнутая антенна*).

Лит.: Шулейкин М. В., Курс радиотехники, М., 1923; Фрейман И. Г., Курс радиотехники, М.—Л., 1928; Петровский А. А., Радиосети, Л., 1924; Шулейкин М. В., Расчет действующей высоты радиосети и ее сопротивления, «Радиотехник», Нижний-Новгород, 1921, *14*; его же, Расчет емкости радиосетей, «ТиТбП», 1918, *1*; Гуров В., Метод Хоу для расчета радиотелеграфных антенн, там же, 1918, *3* и *4*; Татаринов В. В., Об определении постоянных антенн с равномерным распределением емкости и самоиндукции, там же, 1920, *8*; Кляцкин И. Г., Расчет воздушного противовеса, там же, 1921, *9*; Фрейман И. Г., Об измерении динамич. емкости радиосети, там же, 1921, *11*; его же, Об измерении собственной длины волны радиосети, там же, 1921, *11*; Рожанский Д. А., Динамические постоянные воздушного провода, там же, 1922, *13*; Фрейман И. Г., Об эквивалентной схеме радиосети, там же, 1922, *13*; Шулейкин М. В. и Минц А. Л., Графич. расчет радиосети, там же, 1922, *14*; Рожанский Д. А., Об излучении антенны, там же, 1922, *14*; Фрейман И. Г., Об эквивалентных постоянных радиосети, там же, 1923, *19*; его же, О вычислении собственной длины волны радиосети, там же, 1923, *20*; Слепян Л. Б., К расчету емкости антенн, там же, 1924, *26*; Фрейман И. Г., Об измерении действующей высоты радиосети, там же, 1925, *28*; Бонч-Бруевич М. А., Короткие волны и направленные антенны, там же, 1925, *29*; Шулейкин М. В. и Баженов В. И., Аналитическое исследование потерь в системе: антенна—противовес—грунтовые воды, там же, 1925, *29*; Шулейкин М. В. и Виторский В. К., Анализ работы генератора высокой частоты на радиосеть, там же, 1925, *30* и *31*; Фрейман И. Г., Об единице излучения радиосети, там же, 1925, *30*; Бонч-Бруевич М. А., Излучение сложных прямоугольных антенн с идентичными вибраторами, там же, 1926, *36*; Терентьев Б. П., Исследование сети на модели, там же, 1926, *39*; Бонч-Бруевич М. А., Расчет прямоугольных направленных антенн с идентичными вибраторами, там же, 1926, *39*; Кляцкин И. Г., Излучение вертикального заземленного провода, там же, 1927, *1* (*40*); Татаринов В. В., Исследование направленного действия сложной синфазной антенны на радиополе им. И. Н. Смирнова, там же, 1927, *1* (*40*); Исаков Л. Д., Несколько замечаний о емкости радиосети и о том, что дают обычные методы ее измерения, там же, 1927, *4* (*43*); Турлыгин С. Я. и Пономарев М. И., Сложные передающие антенны, там же, 1928, *3* (*48*); Пистолькорс А., Расчет сопротивления излучения для направленных коротковолновых антенн, там же, 1928, *3* (*48*); его же, К расчету излучения направленных антенн, там же, 1928, *5* (*50*); Кляцкин И. Г. и Минц А. Л., Некоторые особенности расчета сетей радиовещательных станций, там же, 1928, *6* (*51*); Пистолькорс А., там же, 1928, *50*; 1929, *52*; Beverage H., Rice C. W. a. Kellog E. W., Антенна бегущей волны, пер. с английского, там же, 1924, *24*; Ballantine S., Излучение коротких волн с длинных антенн, там же, 1925, *28*; Abraham M., Über den Erdwiderstand von Antennen, «Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», B., 1925, B. 25; Abraham M., Theoretische Untersuchungen über die Strahlung von Antennensystem, «Archiv f. Elektrotechnik», B., 1920; Bouvier P., «Radioélectricité», P., 1922, nov., p. 459, dec., p. 523; Brillouin L., ibid., 1922, avr., p. 147; Ballantine S., «Proceedings of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1924, Dec., p. 753, 823; Beverage H. H., Rice C. W. a. Kellog E. W., «Journ. of the Americ. Inst. of Electric. Engineers», № 4, 1923, p. 258, 372, 510, 636, 728; Marconi G., «Electrical World», N. Y., 1899, p. 767; von der Poljun B., «Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», B., 1918, B. 13, p. 217; Mayer R., «Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», B., 1927, p. 71; Meissner A., ibid., 1924, p. 322; Cutting E., «Proceedings of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1922, Apr., p. 129; Eccles W. H., «The Electrician», L., 1921, Jan., p. 72; Lindenbland K. a. Brown W. W., «Proceedings of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1926, p. 291; Press A., «Journal of the Institute of the Electrical Eng.», L., 1921, Apr., p. 439; Wilmotte R. M., «Experimental Wireless», L., 1928, March, p. 119; Pupin M. J., «Proceedings of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1913, Jan., p. 3, 12; Austin L. W., 1914, ibid., p. 131, 133; Press A., ibid., 1918, Dec., p. 317; Alexanderson E. F., ibid., 1920, Aug., p. 263, 1921, Apr., p. 83; Dunmore F. W., ibid., 1923, June, p. 243; Baker W. K., ibid., 1923, Aug., p. 329; Press A., ibid., 1917, Dec., p. 413, 1920, Oct., p. 441, 1920, Dec., p. 525; Woolverton K. B., ibid., 1915, Dec., p. 371; Lövenstein F., ibid., 1916, June, p. 271; Culver C. A., ibid., 1916, Oct., p. 459; Fuller L. F., ibid., 1916, Oct., p. 455; Bennet E., ibid., 1918, Oct., p. 237; Miller J. M., ibid., 1919, June, p. 299; Taylor A. H., ibid., 1919, Aug., p. 337; Lombardi L., ibid., 1919, Dec., p. 651; Austin L. W., ibid., 1920, Apr., p. 164; Forbes H. C., ibid., 1925, June, p. 363; Levin S. A. a. Joung C. J., ibid., 1926, Oct., p. 675; Uda, ibid., 1927, May; Engbund K. a. Crawford A., ibid., 1929, Aug.; Ballantine S., ibid., 1928, Sept.; Wilmotte R. M., «Journ. of the Inst. of Electr. Eng.». London, 1930, v. 68, *405*; Southwort G. S., «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N.Y., 1930, v. 18, *9*; Kiebitz F., «Telegraphen- u. Fernsprachtechnik», B., 1930, B. 19, *10*; Bechmann R., «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», Berlin, 1930, B. 36, *5*; Bechmann R., «Proc. of the Inst. of Radio Eng», New York, 1931, v. 19, *3*; Fischer F. A., «Elektr. Nachrichtentechnik», B., 1931, B. 8, *2*; Walmsley T., «Journ. of the Inst. of Electr. Eng.», 1931, v. 69, *410*; Krüger K. u. Plendl H., «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», B., 1931, v. 37, *4*. **И. Кляцкин.**

РАДИОСТАНЦИЯ, специальное сооружение для передачи или приема электромагнитных волн, гл. обр. для целей *беспроволочной связи* (см.). Р. поэтому бывают передающие и приемные, однако под названием Р. обычно понимают передающую Р. Часто также Р. называют комбинированную приемно-передающую установку на кораблях, самолетах, повозках разного типа и т. д. Передающие Р. делятся на 4 основных типа: 1) *радиотелеграфные станции для радиотелеграфной связи*; 2) радиотелефонные станции (коммерч. типа) для радиотелефонной связи; 3) радиовещательные станции; 4) радиомаяки для целей вождения и самоориентирования самолетов, судов и т. д. Приемные Р. бывают телеграфные и телефонные для связи и пеленгаторные для определения местонахождения принимаемой станции. Кроме того существует ряд более мелких типов, как то: радио-метеорологич. станции, трансляционные станции и т. д. Отдельно нужно отметить военные и вообще подвижные Р. Как передающие, так и приемные Р. для связи в настоящее время не строятся отдельно, а соединяются в передающие и приемные радиоцентры (см. *Беспроволочная связь*). Передающий центр состоит из группы длинноволновых и коротковолновых Р. и передает одновременно телеграммы ряду корреспондентов. В приемном центре сосредоточены также длинноволновые и коротковолновые приемники, одновременно ведущие прием телеграмм от нескольких Р. Передающий и приемный центры связаны при помощи проводов с радиоузлом (см. *Узлы радиотелеграфные*), к-рый ведает всем радиотелеграфным обменом, управляет и передатчиком и приемником. В радиоузле находятся телеграфные аппараты, дающие манипуляцию передатчиков, и здесь же помещаются приемные телеграфные аппараты, соединенные непосредственно с приемниками. При работе с определенным корреспондентом один из столов радиоузла связывается с одним из передатчиков и с одним из приемников и может вести дуплексную работу, одновременно передавая и принимая телеграммы, давая справки и запрашивая о поправках. Т. к. передатчик обычно занят значительно меньше времени, чем приемник, то нередко одна передающая Р. ведет связь одновременно с несколькими корреспондентами, для чего стол радиоузла соединяется с передатчиком и несколькими приемниками—этот способ обмена носит название смешанного дуплекса.

Радиотелеграфная связь только в последнее время начала приобретать широкое распространение. При хорошо развитой проволочной связи постройка может быть оправ-

дана лишь какими-либо существенными преимуществами. До 20-х годов текущего столетия для связи на большие расстояния применялись исключительно длинные волны. Поэтому до 1917 г. строились радиостанции все большей и большей мощности и все больше были длины волн, на к-рых новые Р. работали. Р. имели передатчики машинные (см. *Радиопередатчик*) или дуговые (см. *Дуговой генератор*), приспособленные достаточно хорошо для связи большой мощностью на длинных волнах. Мощность Р. в 500 — 1 000 kW в антенне требовала солидного энергетического хозяйства. Большие *радиосети* (см.) занимали площади в несколько *км*² и подвешивались на высоких дорогостоящих мачтах. Стоимость такой Р. была очень велика, эффект же невелик. Благодаря сравнительно высокому уровню *атмосферных помех* (см.), работа таких Р., например на трансатлантических линиях Европа — Америка, велась с ничтожной коммерческой скоростью 7—10 слов в минуту. Поэтому конкурировать с передачей по кабелю Р. не могли. Исключительно военными соображениями, боязнью остаться во время войны *без связи* благодаря повреждению кабеля можно объяснить широкое строительство Р. Все однако переменилось в 20-х годах в виду применения электронных ламп и коротких волн для связи. Сравнительно простые длинноволновые передатчики для передачи на небольшие расстояния и в особенности коротковолновые ламповые передатчики (см. *Радиопередатчик*) для связи на большие расстояния позволили создать передающие центры, работающие быстродействующими аппаратами, и передавать со скоростями 100—150 слов в мин. (коммерческая скорость несколько десятков слов в мин.). Конкуренция с проволочной связью стала вполне возможной. Современные радиостанции почти исключительно ламповые; они легко дают возможность перехода с одной волны на другую, отличаются весьма высокими качествами в смысле стабильности частоты, чистоты передачи, отсутствия постороннего излучения и т. д. Мощность их не слишком велика — обыкновенно несколько десятков kW; силовое хозяйство радиоузла, состоящего из десятка или двух таких передатчиков, не является чрезмерно сложным. Из специальных сооружений необходимо отметить направленные коротковолновые сети (см. *Лучевая антенна*), являющиеся в настоящее время необходимой принадлежностью коротковолновых Р., и специальное устройство для охлаждения анодов мощных ламп. Приемные радиостанции применяют также направленные антенны, но в остальном оборудовании они значительно проще передающих. Длинноволновые приемники (а также коротковолновые приемники в том случае, если применены простые коротковолновые антенны) могут работать одновременно на одну антенну, что значительно упрощает все дело (см. *Радиосеть*, *Гониометр*, *Многократный прием* в радиотехнике).

Радиотелефонная связь начинает быстро развиваться в последнее время, являясь естественным дополнением к радиотелеграфной связи. Развитие ее тесно связано с применением радиотелефонии без несущей частоты (см. *Модуляция*, *Беспроволочная связь*). Новостью является применение одновременной передачи телеграфом и телефоном на одной и той же станции на одной и той же длине волны (мультиплль). Однако можно считать, что развитие коммерческой радиотелефонной связи находится еще только в зачаточном состоянии. Особый вид радиотелефонных станций представляют радиовещательные станции. За время существования радиовещания, т. е. за десять лет, количество построенных радиостанций для целей вещания исчисляется сотнями. Мощность их все растет, и в 1932 г. нормальной радиовещательной станцией считалась Р. в 100 kW. Увеличение мощности намечено и далее, и имеются упоминания о желательности постройки Р. в 10 000 kW. В порядке дня стоит постройка Р. на ультракоротких волнах для целей местного радиовещания. В области строительства Р. СССР достиг очень больших успехов и стоит наравне с самыми развитыми капиталистич. странами. О сети Р. в СССР во второй пятилетке—см. *Техника высокой частоты*. **И. Кляцкин.**

Лит.: см. *Беспроволочная связь*, *Гониометр*, *Пеленгатор*, *Радиомаяк*, *Радиопередатчик*, *Радиосеть*, *Рамка*, *Узлы* радиотелеграфные, *Широковещание*.

РАДИОТЕХНИКА, см. *Техника высокой частоты*.

РАДИОУЗЕЛ, см. *Узлы* радиотелеграфные.

РАДИОФИКАЦИЯ, см. *Техника высокой частоты*.

РАЗ. Разом в ткачестве называется *пролет утка в зеве*, образуемом основными нитями. Всякого рода ткань состоит из основных и уточных перекрытий, порядок сочетания которых, в пределах основного и уточного раппортов, дает тот или иной вид переплетения, определяющего конструкцию ткани. При образовании на ткацком станке ткани соответствующего вида переплетения порядок подъема основных нитей (образование зевов) и прокидывание утка через каждый образованный зев должны производиться последовательно, в строгом соответствии с рисунком взятого переплетения. Однако в процессе тканья этот порядок м. б. нарушен или при обрыве уточной нити или при окончании (доработке в челноке) уточного початка, т. е. когда челнок проходит через зев без уточной нити, а станок производит холостые удары. Вследствие указанных двух случаев происходит нарушение порядка сочетания основных и уточных перекрытий, и следовательно рисунка переплетения ткани, в уточном раппорте. Для устранения этого дефекта, дающего брак и могущего остаться в ткани, является необходимым найти Р. Таким образом под нахождением Р. следует понимать восстановление (при обрыве уточной нити или доработке початка) нарушенного очередного порядка подъема основных нитей и кидок утка в пределах раппорта переплетения. **С. Молчанов.**

РАЗБОРНЫЕ МОСТЫ, мосты, приспособленные к быстрой сборке и разборке их. Главнейшее требование, предъявляемое к Р. м., заключается в возможности быстрого использования их в требуемом месте, для чего они должны быть приспособлены для удобного транспортирования и скорейшей сборки и установки их.

Удобство транспортирования Р. м. диктует следующие условия: 1) общий вес моста д. б. по возможности меньше; 2) вес отдельных элементов для удобства нагрузки и выгрузки не д. б. велик; 3) размеры отдельных элементов и форма их должны допускать перевозку по ж. д. и грунтовым дорогам на автогрузовиках; 4) форма элементов д. б. удобна для укладки при перевозке, без легко повреждаемых выступающих концов. Для этой цели отдельные элементы моста д. б. достаточно жестки. Для современных нагрузок весьма затруднительно проектировать конструкцию, сборку которой приходилось бы производить исключительно вручную, и надо считать, что вес элементов моста все равно потребует применения механич. средств для подъема и установки во время сборки. Этими же или подобными приспособлениями придется пользоваться при нагрузке и выгрузке мостового имущества, но во избежание их излишней громоздкости следует ограничивать вес отдельных составных частей Р. м. 1 *т*, даже при расчете на перевозку их по ж. д.; для гужевых перевозок нормальным надо считать вес отдельного элемента моста в 400 *кг*, а для перевозки на вьюках—65 *кг*. Для автотранспорта и перевозки гужем длину элементов надо ограничить ~6,5 *м*. Для остальных размеров элементов границу устанавливает габарит существующих шоссейных мостов. Так. обр. при укладке элементов моста на платформе грузового автомобиля или прицепке, при средней высоте ее над полотном дороги в 0,75 *м*, элементы не должны возвышаться над платформой больше 3,5 *м*. При существующей ширине грузовых платформ 2,3 *м*, ширина объемных элементов Р. м. не должна превосходить 2,3 *м*.

Скорость сборки обусловливается: 1) числом частей, соединяемых при сборке моста; 2) возможным однообразием частей с целью взаимозаменяемости и устранения потери времени при сборке моста на расшифровку сложной маркировки частей; 3) весом соединяемых частей; 4) способом болтового соединения отдельных частей в узлах: впритык с помощью накладок или внахлестку на общих болтах; 5) числом болтов и разнообразием их типов по диаметру и длине, руководствуясь тем, чтобы их было не более двух-трех на весь мост при максимальном диаметре не более 70 *мм*.

Ускорение сборки моста предъявляет к Р. м. следующее требование: конструкция его должна допускать сборку вне отверстия моста, с последующей накаткой на место, чтобы можно было одновременно строить подмости для накатки и производить сборку. В этом отношении особенно были бы удобны конструкции, допускающие навесную сборку и освобождающие от необходимости устраивать подмости в пролете. Во всяком случае нижний пояс моста д. б. жестким для возможности продольной накатки его навесу вовсе без подмостей или с промежуточной опорой. Фермы в виде балок подпружной системы с гибкими тяжами вместо нижнего пояса не годятся для обыкновенных Р. м., если усиление тяжами не может быть исполнено после установки на опоры.

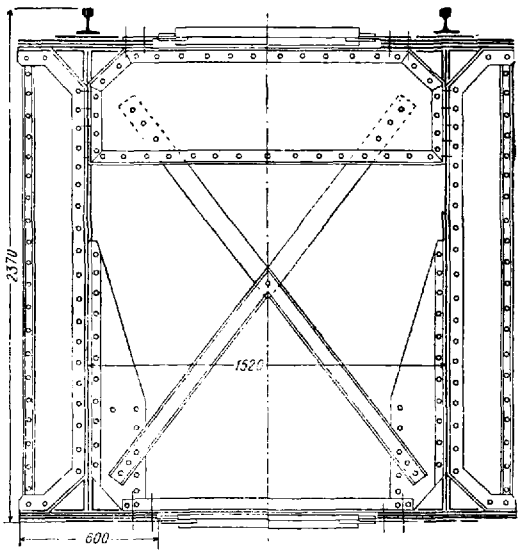
Кроме того Р. м. должны удовлетворять следующим требованиям: 1) они д. б. легко приспособляемы к местным условиям и допускать перекрытие меньших пролетов, чем те, для которых они рассчитаны (отбрасыванием отдельных панелей и введением в конструкцию особых укороченных панелей, допускающих изменение длины моста). 2) Строительная высота Р. м. должна быть возможно меньше, чтобы его м. б. применить ко всяким берегам. Этому условию хорошо удовлетворяют лишь мосты с ездой понизу. При такой системе, при большом пролете, надлежащая жесткость пролетного строения достигается лишь при применении ветровых связей в плоскостях верхнего и нижнего поясов, т. е. мост получается закрытым и вес его на погонную единицу длины выходит довольно большим. Мосты с ездой понизу выходят шире мостов с ездой поверху как для открытых, так и для закрытых мостов, что требует бо́льшего расхода материала и времени для устройства опор. 3) Разборные мосты должны быть возможно простой конструкции, чтобы в случае необходимости изготовления на заводах частей взамен утерянных или поврежденных или изготовления таких мостов по заказам—это могло быть исполнено в кратчайший срок. В виду этих соображений части Р. м. изготовляются преимущественно из прокатного железа, а не склепываются из листов и уголков, так как в последнем случае склепка отдельных частей элементов требует много работы. Во всяком случае следует избегать применения железа специальных профилей, чрезвычайно удорожающих изготовление моста. Наибольшие затруднения при срочном заказе на з-дах представляет применение разнообразного сортамента железа, поэтому число сортов железа желательно уменьшить до минимума. 4) Ширина жел.-дор. Р. м. с ездой поверху определяется условием устойчивости на опрокидывание, давлением ветра при коэф-те устойчивости 1,25 при предельном пролете—и достаточною жесткостью в горизонтальной плоскости. При езде поверху не следует превосходить нормальной величины, принятой в постоянных мостах, чтобы можно было воспользоваться обыкновенными мостовыми подрельсовыми поперечинами. Минимальным расстоянием между главными фермами надо считать 1,8 *м*, а ширину моста поверху между перилами по «габариту приближения строений» надо принимать равной 4,908 *м*. Для Р. м. с ездой понизу и посредине ширину и высоту мостов назначают по «габариту приближения строений». Ширину мостов для обыкновенной дороги надо назначать для проезда повозок в два ряда, с зазорами между кузовами 0,4 *м*, и от кузова или конца оси до фермы не меньше 0,35 *м*. Для грузовых автомобилей это требует ширины моста в 6,4 *м* и во всяком случае не у́же 5,5 *м*. 5) Высота внутреннего габарита моста для пропуска грузовых автомобилей д. б. не меньше 3,5 *м*. Особых тротуаров устраивать не следует. Настил делается нормально двойной деревянный; во избежание быстрого изнашивания настила полезно устройство дорожек под колеса шириной 300 *мм* из полосового железа и направляющих брусьев. 6) Предельный максимальный пролет Р. м. обычно равен 50—60 *м*. При бо́льших пролетах затруднительно устройство опор и

погонный вес мостов увеличивается, так что применение их на меньших пролетах было бы нерационально. Предельный пролет следует выбирать, соображаясь с условиями района как в отношении удобства и возможности устройства промежуточных опор, так и в отношении пролетов существующих мостов, для восстановления к-рых должен служить проектируемый мост. Р. м. для пролетов меньше 20 *м* проектировать не следует, так как такие пролеты м. б. перекрыты до 8 *м* рельсовыми пакетами, а при пролетах от 8 до 20 *м*—железными прокатными балками, укладываемыми в один ярус или склепанными заранее в два яруса.

Расчетная нагрузка. Для расчета проезжей части железнодорожных Р. м. следует принимать схему временной нагрузки H_5 1930 г. Для пропуска специальных грузов в виде тяжелых орудий, установленных на платформах, рациональнее принимать особые меры, придавая специальную конструкцию подвижному составу под ними, уменьшая до минимума скорость движения, но не учитывать их при расчете прочности моста, чрезвычайно утяжеляя его конструкцию ради таких грузов, число которых весьма невелико, а движение весьма редко. Ветровую нагрузку для Р. м. следует принимать в 225 *кг/м²* в отсутствии временной нагрузки и 100 *кг/м²* при нагрузке моста поездом. Для Р. м. обыкновенных дорог, учитывая быстрое развитие автотранспорта, следует принимать схему нагрузки H_6 или H_8 1930 г., принятую для мостов на шоссейных и грунтовых дорогах. Расчетную временную нагрузку принимают в виде двух рядов грузовиков согласно нормам или по 400 *кг/м²* в зависимости от того, что опаснее. Необходима проверка проезжей части также на специальные нагрузки согласно нормам 1930 года. В совокупности с вертикальной нагрузкой, дающей наиболее невыгодное положение, давление ветра принимается по 200 *кг/м²* боковой поверхности моста, независимо от того, есть ли на нем подвижная нагрузка или нет, но предполагается, что это давление на временную нагрузку не распространяется. Собственный вес Р. м. определяют, суммируя вес всех элементов, или приблизительно по данным на 1 *м* длины уже осуществленных или проектированных мостов соответствующих систем, форм и пролетов, включая рельсы, поперечины и настил. Допускаемые напряжения в частях ж.-д. Р. м. правильнее всего определять, придерживаясь норм НКПС 1931 года, повышая для более полного использования материала низший предел допускаемого напряжения на 33%, т. е. до 1 700 *кг/см²*. Такое повышение равносильно уменьшению влияния динамичности нагрузки, что допустимо для Р. м., так как скорости движения на них будут во всяком случае значительно меньше, чем на постоянных, из-за недостаточной жесткости опор. Такое же повышение следует принять для расчета болтов при присоединении продольных балок к поперечным и поперечных к фермам, при условии лучших качеств материала болтов. Допускаемое напряжение в частях Р. м. для обыкновенных дорог принимается по тем же нормам с повышением их на 25%, учитывая временный характер Р. м.

Системы Р. м. По роду элементов, на которые они разделяются, Р. м. имеются трех основных типов: с объемными, линейными и плоскими элементами.

Мосты с объемными элементами состоят из частей ферм в виде клепаных балок со сплошными стенками. Представителем этого типа мостов являются мосты Марсиля, принятые во французской армии. Мост при разборке разделяется по длине на участки готового моста и в таком виде и перевозится. Мосты Марсиля имеются для пролетов в 10, 20, 30 и 45 *м*. Такое разнообразие типов вызвано весьма значительным весом на единицу длины больших пролетов и вследствие этого крайней нерациональностью применения их на малых пролетах. Особенных различий по части конструкции между ними нет. Все они состоят из кусков готового моста, соединенных один с другим; каждый участок состоит из двух балок со сплошной стенкой, раздвинутых на 1,52 *м* (при колее 1 435 *мм*) ось от оси, соединенных между собой связями. Езда поверху, и путь без поперечин образован рельсами, уложенными на подкладках по верхнему поясу главных ферм. На концах таких объемных элементов имеются как бы фланцы (фиг. 1; разрез моста пролетом 30 *м*), которыми эти элементы соединяются впритык один к другому при помощи болтов, пропускаемых через фланцы.



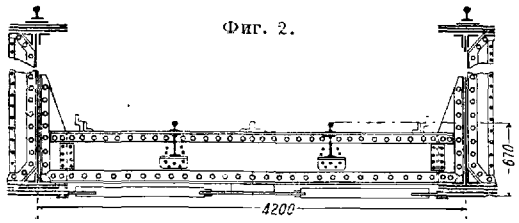
Фиг. 1.

Болты эти работают на разрыв и на срезывание нарезки, что конечно составляет недостаток стыка. Стык поясов перекрывается накладками по верхнему и нижнему поясам (в виде рыбки) и полунакладками, располагаемыми с наружной стороны стенки фермы на свесе горизонтальных листов. Накладки с поясом и полунакладками соединяются болтами. Накладки служат в то же время подкладками для рельс, стык которых над стыком для главных ферм перекрыт стыковыми накладками. Вертикальные стенки главных ферм имеют стойки жесткости, приклепанные как к самим стенкам, так и к поясным уголкам. Постоянный собственный вес 1 *п. м* моста пролетом в 10 *м* равен 500 *кг*,

а для моста пролетом в 20 *м*—720 *кг*, включая путь и его соединения. Мосты состоят из участков длиною в 5, 2,5 и 1,25 *м*. Мосты пролетом в 45 *м*, не отличаясь по конструкции от мостов пролетом в 30 *м*, имеют такие же, как и 30-м мосты, участки длиною 10, 7,5, 2,5 и 1,65 *м*. При езде поверху 1 *п. м* моста весит 2 380 *кг*, а при езде понизу—2 080 *кг*. Фермы моста пролетом в 30 *м* (фиг. 1) соединены горизонтальными связями из раскосов, из уголков в плоскости нижнего пояса. Верхние связи состоят из распорок, которые вместе с тем являются и вертикальными связями. Распорки из широкого вертикального листа окаймлены по краям уголками, которыми они крепятся на болтах к стенкам главных ферм. Кроме уголков жесткости в нижней части ферм с внутренней стороны имеются две косынки из листа, прикрепленного между уголками жесткости к стенке балки.

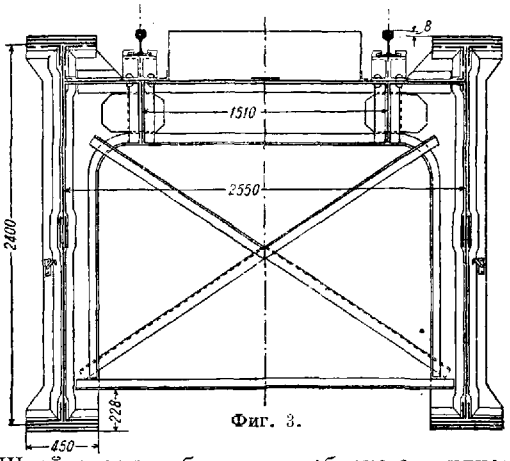
Мост Марсиля может быть устроен и с ездой понизу (фиг. 2; разрез моста пролетом

Фиг. 2.



30 *м*), для чего, отболтив ветровые распорки и нижние связи, раздвигают фермы на расстояние 4,20 *м* ось от оси и к косынкам приболчивают проезжую часть, состоящую из поперечных балок и продольных, помещенных непосредственно под рельсами. Мост с ездой понизу может быть использован и под обыкновенную дорогу, для чего на верхнем поясе поперечных балок приклепаны куски уголков, служащие для укрепления деревянных прогонов. Вес ж.-д. моста пролетом в 30 *м* с ездой поверху равен 1 400 *кг/п. м* и с ездой понизу —1 720 *кг/п. м*. Мост перевозится на ж.-д. платформах целыми участками (элементами) и отгружается при помощи разгрузочных козел, талей и лебедок прямо на рельсовый путь, для чего под каждый кусок подводятся четыре катка для накатки. Сборка моста проста до чрезвычайности, но перевозка его возможна только по ж. д., причем для моста пролетом в 45 *м* требуются специальные платформы. Это представляет большое неудобство, так как готовность моста находится в полной зависимости от исправности жел.-дор. пути вплоть до моста. Применение такого моста для обыкновенных дорог при таких условиях совершенно невозможно. В соединении двух кусков готового моста концевыми фланцами болты работают на разрыв; вертикальные связи не приведены в треугольную систему. При больших пролетах и езде поверху ширина B моста явно недостаточна: при $L = 30$ *м* $B = 1{,}52$ *м*, т. е. $B : L \cong 1 : 20$, а при $L = 45$ *м* это отношение становится совершенно недопустимым, а именно $B : L \cong 1 : 30$. Чрезвычайно широкая практика применения Р. м. во Франции указала на необходимость некоторых изменений в Р. м. системы Марсиля. Пришлось увеличить жесткость опорных рам во избежание скручивания моста поперечными усилиями и ввести нек-рые дополнительные части, обеспечивающие мост от повреждения при опускании его на домкратах. Появление тяжелых нагрузок значительно сократило предельный пролет для мостов Марсиля.

Мост системы Бонне-Шнейдера (фиг. 3) собирается из отдельных блоков длиною 7—9 *м*. Каждый блок состоит из двух ферм со сплошной стенкой высотой 2,5 *м*, сдвинутых на 2,55 *м*. Ширина полок (поясов) главных ферм 0,45 *м*. Проезжая часть из продольных и поперечных балок вклепана между фермами. Связи поперечные—только на опоре в виде креста, на пролете они заменены поперечной балкой, укрепленной к фермам широкими жесткими консолями, усиленными сверху широким горизонтальным листом, так что вместе с уширенными внутренними уголками жесткости главных ферм эти балки образуют жесткую, открытую снизу раму. Горизонтальные связи только нижние. Между рельсами, расположенными на продольных лежнях, над продольными балками помещается ящик для болтов и накладок. Соединение двух блоков примерно такое же, как в мостах Марсиля. Вес моста Бонне-Шнейдера 2 650 *кг/п. м*. Блоки перевозятся на тележках с домкратами на салазках, допускающих и подъем и перемещение блока. Предельный пролет этого моста для самых тяжелых современных грузов 42,5 *м*. По первоначальному проекту главные фермы должны изготовляться из никелевой стали, фактически из нее была изготовлена лишь часть блоков мостов Бонне-

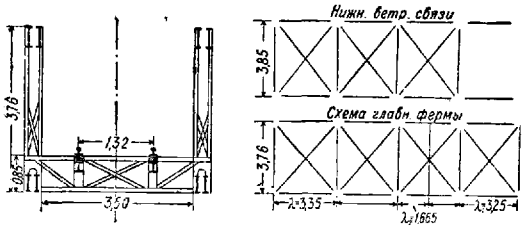


Фиг. 3.

Шнейдера; эти блоки при сборке ставились в средней части пролетного строения.

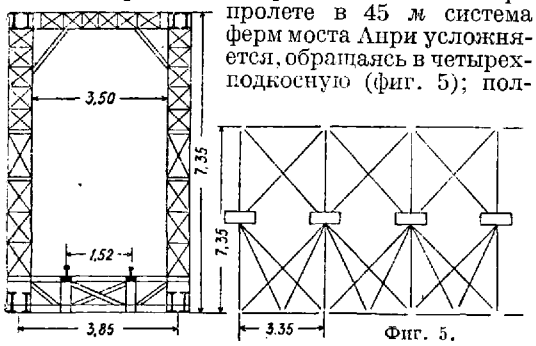
Мосты линейными элементами при разборке разлагаются на прямые элементы, т. е. пояса, стойки, раскосы и балки проезжей части. Эта система разложения может быть применена к любой решетке для моста с ездой понизу или поверху: решетке простой, составной или сложной при прямолинейном очертании поясов. Вес элементов при этом получается наименьший по сравнению с другими системами Р. м., благодаря чему мосты этой системы особенно удобны для перевозки по железным и обыкновенным дорогам, а прямолинейная форма элементов дает возможность компактной укладки при транспортировании. В отношении простоты конструкции они ко-

нечно уступают мостам, имеющим фермы со сплошной стенкой. Крупным недостатком (сравнительно с первой системой) мостов из прямолинейных элементов является сравнительная медленность сборки вследствие большого числа элементов, которые надо соединять, зато самая сборка может производиться простейшими и сравнительно слабыми подъемными приспособлениями. Они особенно пригодны для мостов под обыкновенные дороги и вообще во всех тех случаях, когда можно предвидеть, что доставка к месту сборки может представить затруднения. Как пример моста такой системы приведена на фиг. 4 схема главных ферм раз-



Фиг. 4.

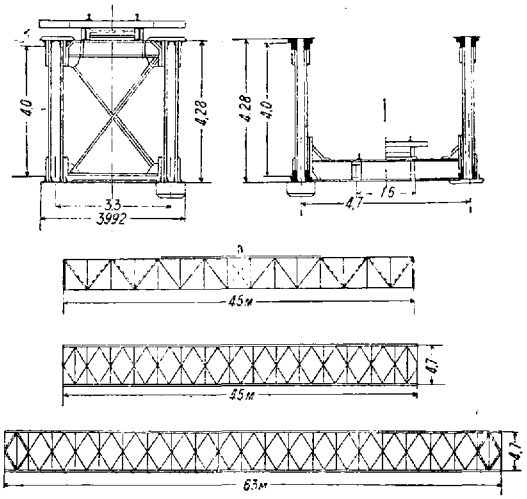
борного моста Анри при пролете $l = 30$ *м*, принятого во французской армии. Фермы составляются из больших панелей (λ), укороченных панелей (λ_1) и полупанелей. Вес 1 *п. м* моста Анри двухраскосной системы пролетом в 30 *м* с ездой понизу равен 1 840 *кг*, включая рельсы, поперечины и настил. При пролете в 45 *м* система ферм моста Анри усложняется, обращаясь в четырехподкосную (фиг. 5); пол-



Фиг. 5.

ный вес одного погонного метра такого моста равен 2 700 *кг*; езда понизу.

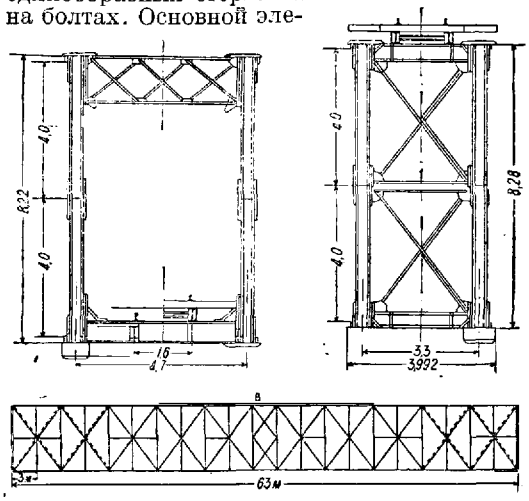
Наибольший интерес представляет мост Рот-Вагнера, допускающий перекрытие разных пролетов от 20 *м* до 108 *м* образованием решетчатых ферм из одних и тех же линейных элементов дублированием их. На фиг. 6 представлена схема моста пролетом до 45 *м*; решетка треугольная со стойками; длина панелей 3 *м*; ветровые связи в плоскости поясов ромбической системы со стойками; поперечные связи над опорами и на пролете при езде поверху в виде креста. На фиг. 7 изображена схема моста до 63 *м*; фермы в два этажа, причем пояса, стойки и раскосы главных ферм, поперечные балки и ветровые связи составляются б. ч. из двух линейных элементов, соединяемых при сборке болтами; для придания большой жесткости стойкам фермы, не пересекаемым раскосами, они связываются со смежными узлами горизонтальными продольными стяжками. Благодаря составлению элементов из двух связанных частей можно одни и те же мостовые линейные части применять при мостах разнообразных пролетов. Предельный вес каждой части элемента до 400 *кг*, кроме концевых элементов нижнего пояса усиленного сечения, имеющих вес 627 *кг*.



Фиг. 6.

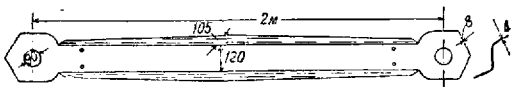
Сборка мостов этой системы, обладающей огромной гибкостью и дающей удобства перевозки, несколько замедляется большим количеством соединений элементов болтами. Мост допускает прием отвесной сборки.

Р. м. системы Любек имеют не жесткие, а шарнирные фермы, собранные из единообразных стержней на болтах. Основной эле-



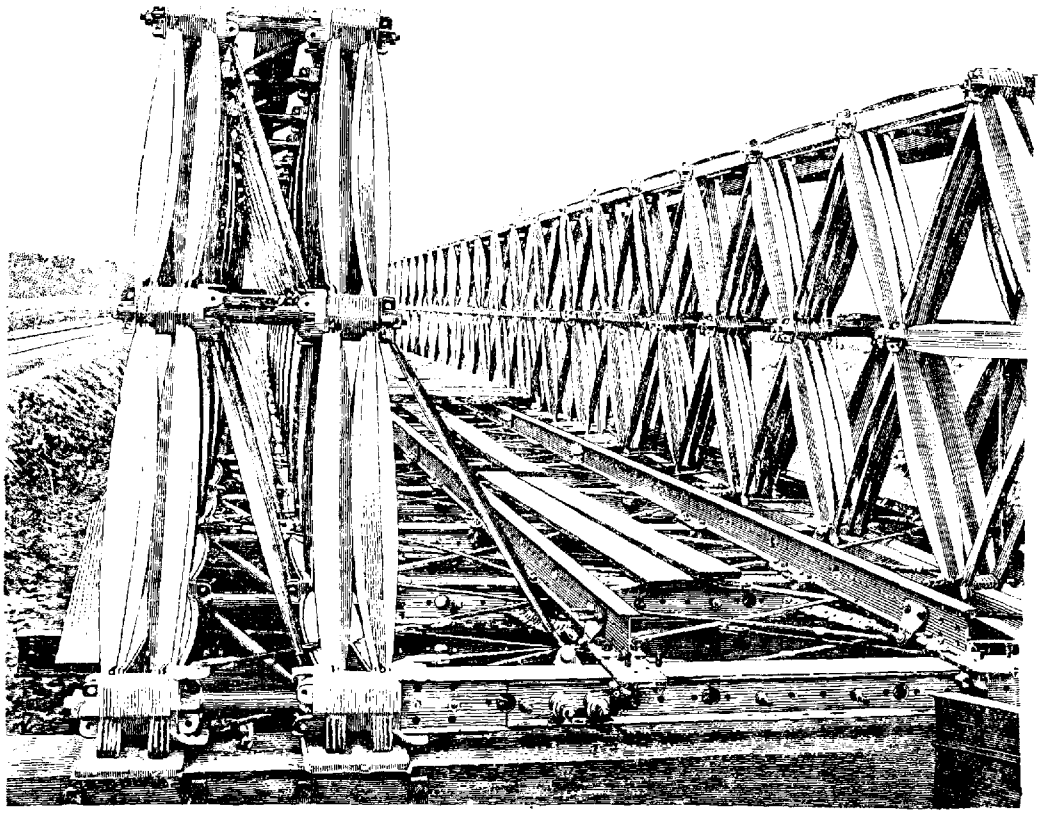
Фиг. 7.

мент частей фермы, работающих как на растяжение, так и на сжатие,—стержень **Z**-образного сечения с ушками на концах (фиг. 8).

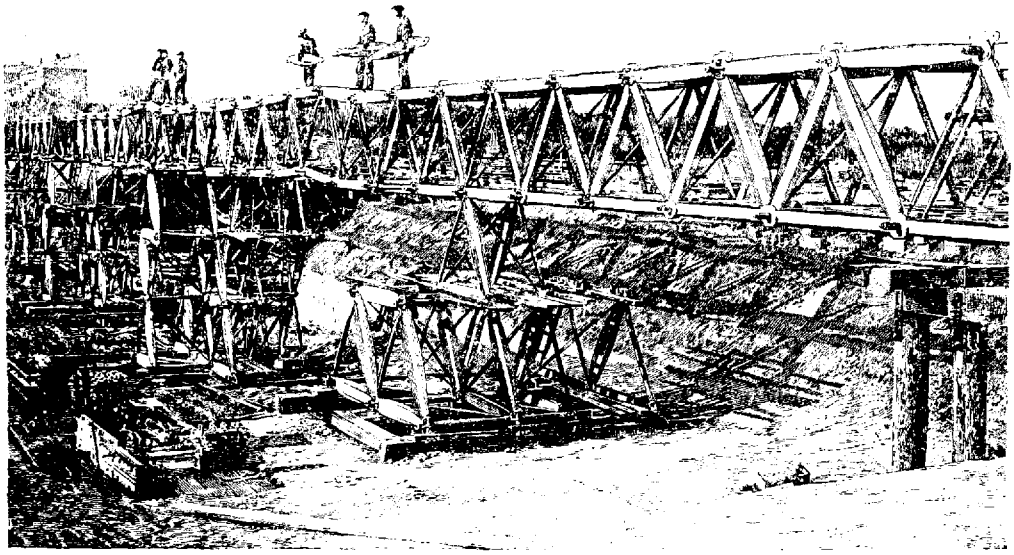


Фиг. 8.

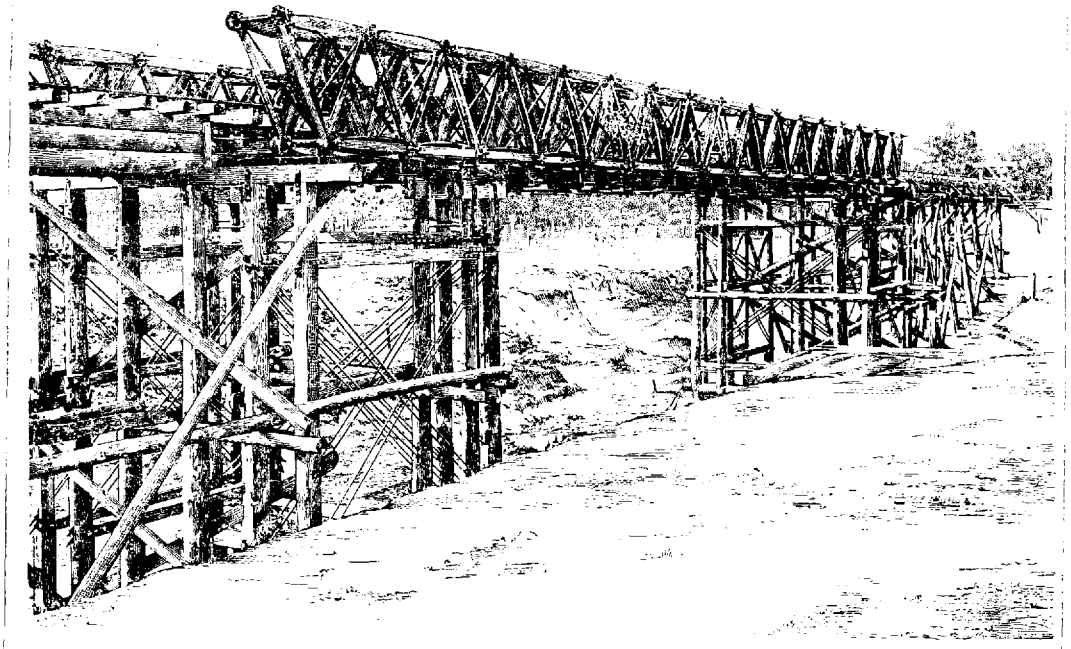
Каждый стержень выдерживает усилие в 11 *т*. Таким образом отдельные части поясов и раскосы фермы собираются из соответствующего числа стержней в зависимости от усилия в данном элементе фермы. В ушки стержней вставлены во втулках болты



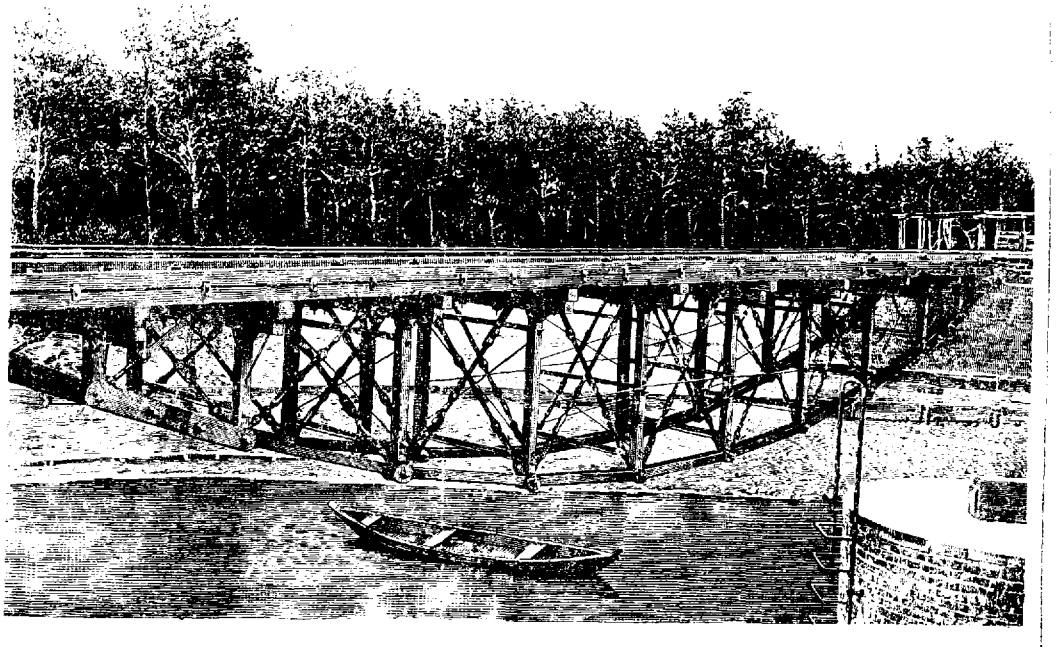
Фиг. 9.



Фиг. 11.

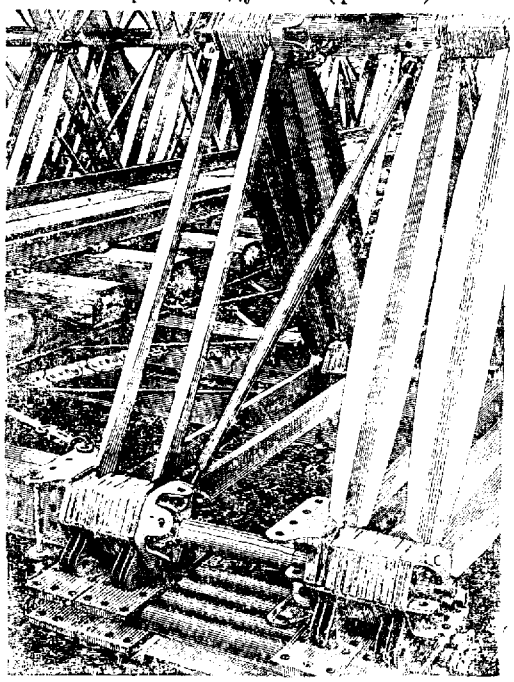


Фиг. 17.



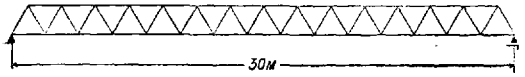
Фиг. 18.

диаметром 80 *мм*, образующие шарниры. Каждая ферма составлена из двух ферм, связанных между собой как указанными болтами, так и круглыми стяжками (фиг. 9). Те же болты применяются в качестве катков на опорных подушках (фиг. 10). Попе-



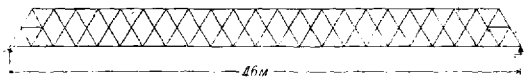
Фиг. 10.

речные балки проезжей части имеют двутавровое сечение. Ширина проезжей части—3,7 *м*. Мосты этой системы строят пролетом до 60 *м*, причем при пролетах до 30 *м* фермы делают в один ярус (фиг. 11), до 46 *м*—



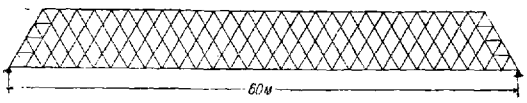
Фиг. 11.

в два яруса (фиг. 12) и до 60 *м*—в четыре яруса (фиг. 13). В двух и четырехярусных фермах в крайних панелях ставят горизонтальные связи (1 и 3) из тех же нормальных стержней. В четырехярусных мостах име-



Фиг. 12.

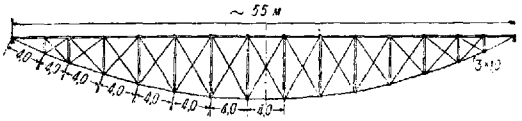
ются как нижние, так и верхние ветровые связи, в остальных—только нижние. Из тех же нормальных элементов могут быть сделаны устои моста (фиг. 14). Сборка мостов производится с легких подмостей, причем



Фиг. 13.

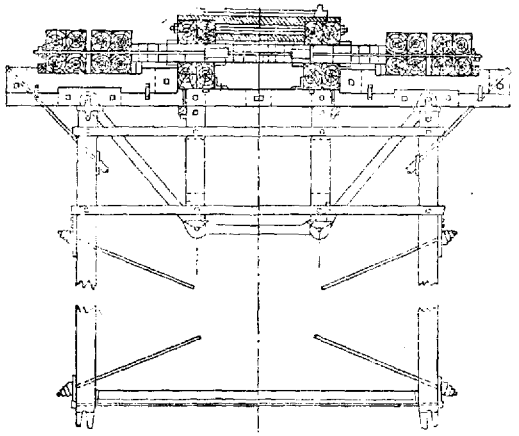
единообразие и малый вес деталей, а также шарнирные соединения делают сборку простой и быстрой. В отношении транспорта конструкция Любека представляет исключительные удобства, так как главную массу составляют элементарные стержни длиной 2 *м* и весом ~20 *кг* каждый, а самые длинные части—поперечные балки проезжей части—имеют длину ~4 *м*. На фиг. 15 показан собранный Р. м. системы Любек.

Смешанную конструкцию из дерева и железа представляют собой параболические Р. м. системы Шульце (фиг. 16), которые



Фиг. 16.

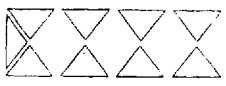
строятся для пролетов 20—60 *м*. Нижний параболический пояс составлен из звеньев 200×10 *мм*, длиной 4 *м*, имеющих на концах ушки для болтов, образующих шарнирные соединения в узлах. Для образования укороченных панелей в зависимости от точной величины пролета имеются в запасе звенья длиной по 1 и 0,5 *м*. Для раскосов применяются подобные же звенья 100×12 *мм*, длиной в 2; 1,5; 1 и 0,25 *м*, из к-рых набирается раскос нужной длины. Верхний пояс собран из 4—8 деревянных брусьев 24×24 *см*



Фиг. 17.

со стыками вразбежку. Вертикальные деревянные стойки имеют сечение также 24×24 *см*. Устройство проезжей части видно на фиг. 17. Общий вид моста системы Шульце изображен на фиг. 18.

Мосты с плоскими элементами имеют главные фермы и ветровые связи, разбирающиеся на ряд треугольников (фиг. 19 и

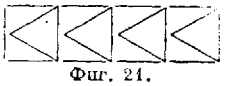


Фиг. 19.



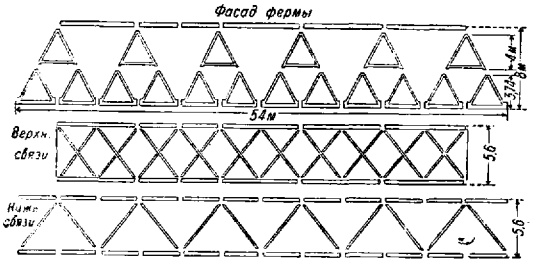
Фиг. 20.

20). К этому типу относятся и смешанные Р. м., у к-рых стенки решетчатых ферм состоят из треугольных элементов, а пояса—из линейных (фиг. 21). Примером таких мостов могут служить советские Р. м. системы Кривошеина и системы Патона. Мост системы Кривошеина приспособлен для полевой жел. дороги паровой тяги и перекрытия пролетов 4—30 *м*. Длина панели 2 *м*, высота



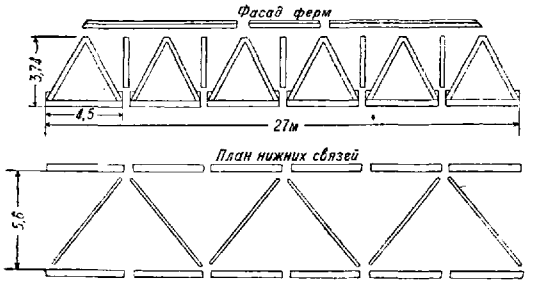
Фиг. 21.

ферм 2,75 *м*. Главные фермы состоят из ряда треугольных и одного среднего ромбического элемента, соединяемых болтами с прямолинейными элементами. Треугольные элементы—из двух уголков каждый, поясные длиной по 6 *м*—из двух коробчатых швеллеров, стыки которых в шахматном порядке



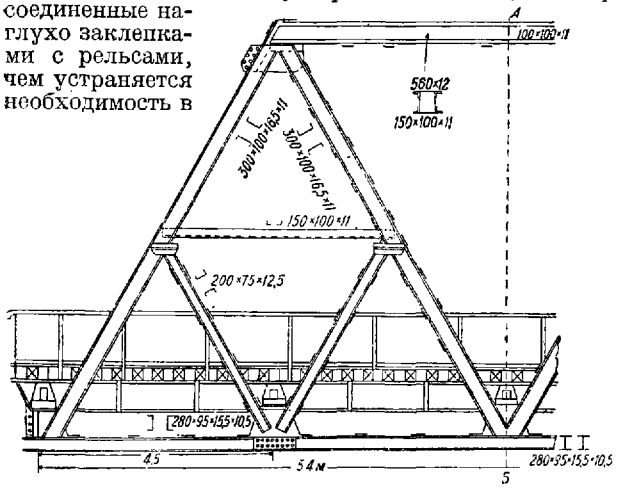
Фиг. 22.

помещены между узлами. Концы ферм смыкаются стойками из двух швеллеров, езда посредине. Поперечная балка состоит из швеллера высотою в 260 *мм*. Под балкой поперечная ветровая связь, служащая для



Фиг. 23.

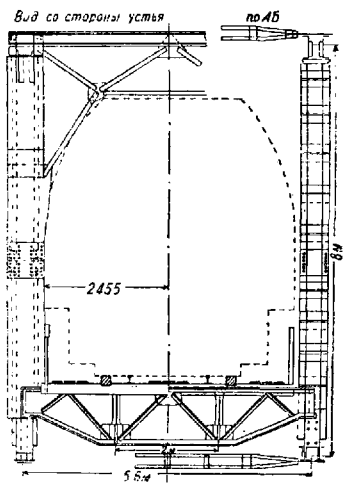
поддержки поперечной балки; по концам последней подкосы на шарнирах, предназначенные для боковой жесткости главных ферм. К поперечным балкам прикрепляются продольные балочки двутаврового сечения, соединенные наглухо заклепками с рельсами, чем устраняется необходимость в



Фиг. 24.

шпалах. Ветровые фермы имеют ту же систему решетки из треугольных элементов и двух прямолинейных—распорок по концам ферм; элементы прикрепляются болтами к поясам главных ферм; распорки имеют снизу коробки для накладывания на опорные брусчатые подушки. Вес 1 *п. м* такого моста с рельсами и настилом при пролете в 30 *м* равен 960 *кг*. Элементы мостовых пролетов могут быть употребляемы и для устройства разборных устоев.

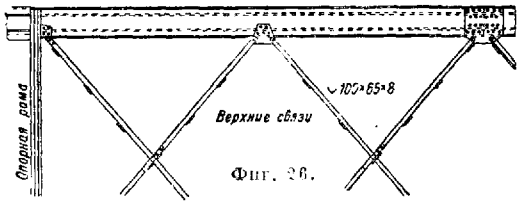
В Р. м. системы Патона фермы слагаются из двух ярусов треугольных элементов и небольшого числа прямых элементов, образующих верхний пояс (фиг. 22). Основным типом такой двухярусной фермы для ширококолейного железнодорожного моста является ферма расчетного пролета в 54 *м*, с 12 панелями длиною по 4,5 *м*, при высоте ферм в 8 *м* и расстоянии между фермами в 5, 6 *м*. При меньших пролетах укорачивание ферм можно производить, отбрасывая соответственное число треугольных элементов. При уменьшении пролета до 27 *м* и менее переходят к одноярусным фермам (фиг. 23) с 6 и менее треугольными панелями нижнего яруса, уменьшая этим высоту ферм вдвое путем удаления тр-ков верхнего яруса и перенесением верхнего пояса на вершины тр-ков нижнего яруса. Возможно также основное пролетное строение разложить на 2, 3 и более пролетных одноярусных строений меньшей длины, с тем однако, чтобы общая длина всех этих коротких пролетов не превышала длины основного пролетного строения, т. е. 54 *м*, т. к. для образования одноярусных ферм годны лишь тр-ки нижнего яруса. Для осуществления такого разложения основных ферм на одноярусные меньших пролетов (при всех возможных комбинациях числом до 34) необходимы следующие дополнительные части: стойки, поперечные балки, наконечники к верхнему поясу, приставки к опорным узлам, сопрягающие продольные балки со связями между ними, и опорные листы. Общий вес всех этих дополнительных частей составляет только 5,6% веса основного пролетного (в 54 *м*) строения. Для образования двухярусной фермы пролетом в 54 *м* требуются 18 треугольных и 6 прямых элементов при



Фиг. 25.

110 болтах на каждую панель длиною в 4,5 *м*. Сборка крайне упрощена тем, что взаимное сопряжение составных частей спроектировано по принципу наружного примыкания частей, причем исключается необходимость сложного задвигания одной части

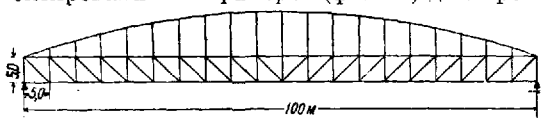
в другую и достигается возможность соединения частей простым накладыванием верхнележащих частей на нижележащие. Поперечные балки проезжей части свободно укладываются на узлы ферм, а разрезные продольные балки — на узловые накладки



Фиг. 26.

сквозных поперечных балок. Вес самого тяжелого элемента не превышает 2,23 *т*, благодаря чему при сборке не требуется сложных подъемных приспособлений, а размеры элементов допускают укладку их на железнодорожных платформах без выступов за очертание габарита. По форме элементы в большинстве случаев одинаковы, чем соблюдено также условие взаимозаменяемости. Конструктивные детали и размеры примененных сортов фасонного железа главных частей показаны на фиг. 24, 25 и 26.

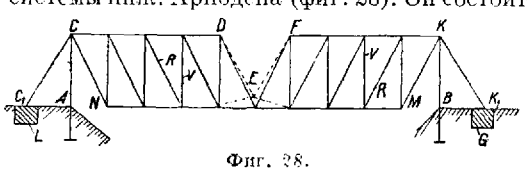
Интересна также конструкция Р. м., спроектированная Кирхнером (фиг. 27) для про-



Фиг. 27.

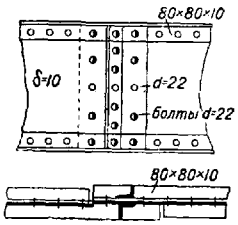
летов до 106 *м*. Основа его—решетчатые фермы высотой 5 *м* с параллельными поясами и ездой понизу или посредине. Удваивая число ферм, можно перекрывать пролеты до 65 *м*. При больших пролетах (до 106 *м*) фермы усиливаются подвеской к разгрузочной арке, имеющей плавное очертание при предельном пролете; при меньших пролетах выбрасываются средние элементы и арка принимает стрельчатый вид. Элементы арки только двух длин—3,98 и 3,60 *м*, но узловые фасонные листы, которыми эти элементы соединяются друг с другом, нескольких типов и имеют разную разбивку болтовых отверстий, позволяющую сохранять правильное неодинаковое теоретическое расстояние между центрами узлов арки.

Р. м., имея несомненно большое военное значение, все же д. б. отнесены к тяжелому мостовому имуществу, части к-рого подвозятся на фронт с тыла. К таким мостам следует также отнести висячие мосты Жискляра и представляющий особый интерес мост системы инж. Арнодена (фиг. 28). Он состоит



Фиг. 28.

из двух пилонов AC и BK, к к-рым подвешиваются две фермы $CDEFKMN$, по одной с каждой стороны моста, и удерживающих оттяжек CC_1 и KK_1 по две на каждом берегу. Оттяжки прикрепляются к грузам L и G или к забитым анкерным сваям. Ферма моста является статически определимой висячей системой, в которой пояса,—верхний $C-K$ и нижний NEM — при определенной форме последнего, а также раскосы R, при всяком положении временной нагрузки, работают только на растяжение, а стойки V—на сжатие. Пилоны, простой или сложной конструкции рамы, работают всегда на сжатие. Само собой понятно, что удерживающие оттяжки всегда работают на растяжение. Следовательно в фермах этой системы пояса и раскосы м. б. сделаны из канатов или тросов. Ферма имеет три шарнира в точках C, E и K, а потому при определенном положении временной нагрузки

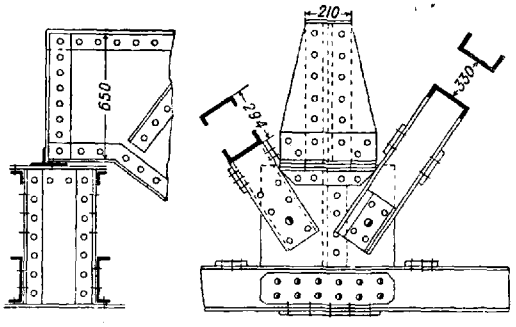


Фиг. 29.

Фиг. 30.

может произойти перемещение одной части фермы относительно другой, т. к. все стержни ее, сходящиеся в узле E, не могут работать на сжатие. Произойти это могло бы лишь тогда, когда узел E опустится ниже плоскости нижних поясов; чтобы этого избежать, шарнир E несколько приподымают над плоскостью нижних поясов, как это изображено на фиг. 28 пунктиром.

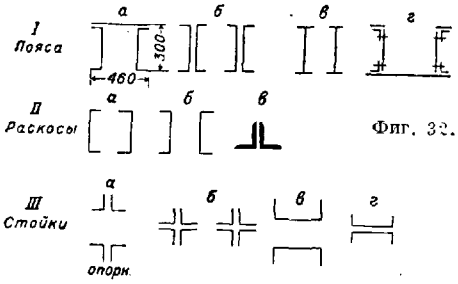
Железнодорожный путь советских Р. м. обычно нормальный, на деревянных попе-



Фиг. 31.

речинах, в нек-рых заграничных Р. м. (мост Анри)—на специальных железных шпалах, заблаговременно склепанных с рельсами. Такие деревянные или железные шпалы укладываются по продольным балкам. Продольные балки опираются на поперечные и бывают разрезными или неразрезными. В обоих случаях стыки их располагаются у поперечной балки. Вообще детали соединений элементов Р. м. различных систем имеют б. или м. одинаковый характер за исключением мостов Жискляра и Арнодена, в которых бо́льшая часть элементов, работающих на растяжение, заменена тросами. На фиг. 29 показан стык частей разрезной балки внахлестку, скрепленных болтами, из к-рых 3 по нейтральной оси заполняют дыры плотно, а остальные диам. 22 *мм* вставлены

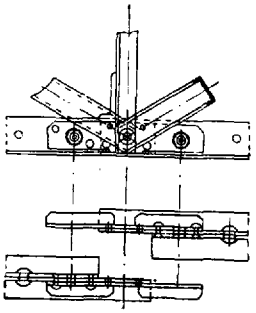
в отверстия диам. 26 *мм* для обеспечения свободного изгиба. Продольные балки редко укрепляются над поперечными, чаще продольная балка прикрепляется к поперечной



Фиг. 32.

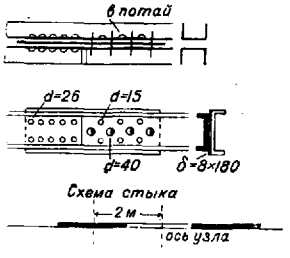
в пределах высоты последней. При разрезных продольных балках уголки, скрепляющие их с поперечными балками, приклепываются к концам продольных, а с поперечинами уголки сболчиваются. При неразрезных продольных балках они пропускаются сквозь поперечные через специальные окна в последних.

Поперечные балки в открытых мостах с ездой понизу часто устраиваются сквозными значительной высоты, для обеспечения жесткости пролетного строения, и соединяются болтами со стойками главной фермы, верхний пояс которой связан с балкой подкосом для образования жесткой полурамы (фиг. 30). Поперечные балки закрытых мостов устраивают зачастую свободно лежащими, опирая их на коробку, образованную узловыми накладками, соединенными диафрагмой и перекрытыми горизонтальным опорным листом, приклепанным к вертикальным узловым накладкам и диафрагме заклепками. К листу приклепан брусок для обеспечения центральной передачи давления. К нему же приболчивается уголок, приклепанный к торцу поперечной балки и удерживающий ее от опрокидывания (фиг. 31).



Фиг. 33.

Основные типы сечений элементов главных ферм показаны на фиг. 32. Как видно, преимущественно применяются сечения двустенчатые, т. к. на средних пролетах иначе невозможно придать им надлежащую жесткость. Обыкновенно эти элементы соответствуют в поясах длине панели, а в раскосах—расстоянию между узлами и не делятся по своей длине. При этих условиях возможно при средних пролетах выдержать вес этих элементов не превосходящим 1—$1^1/_2$ *т*. Если один и тот же материал предназначен для перекрытия разнообразных пролетов, элементы делаются разлагающимися и по длине. В местах из линейных элементов



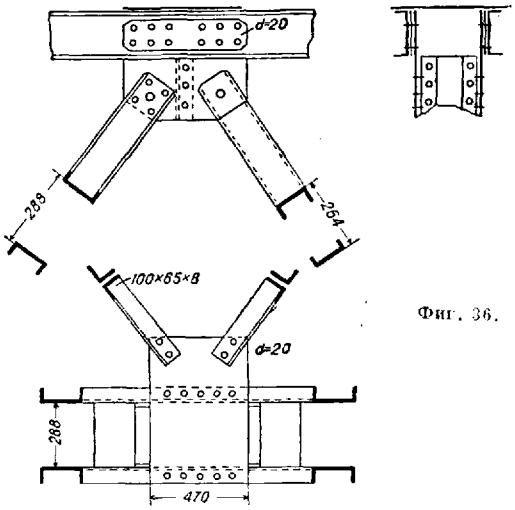
Фиг. 34.

элементы поясов тоже обычно соединяются в узлах, т. е. эти элементы примыкают друг к другу в узлах своими концами. Узловой стык по фиг. 33 удобен для сборки, но высовывающиеся на концах накладки легко повреждаются при перевозке. Пример стыка, расположенного на панели, показан на фиг. 34. Стыковая накладка приклепана к одному из стыковых элементов, причем на длину полунакладки заклепки потайные. Элемент длиной в три панели имеет два конца половинного сечения (из одного швеллера) и на протяжении средней панели сечение полное из двух швеллеров. Стыкаемые элементы перекрывают друг друга на длине одной панели, а самый стык их перекрыт упомянутой выше накладкой. Эта конструкция

Фиг. 35.



стыка очень хороша: стык может быть перекрыт весьма удобно, число болтов невелико и сборка проста, но его можно осуществить только при малой длине панели, т. к. длина элемента выходит в три панели. На фиг. 35 изображен оригинальный стык пояса фермы Рот-Вагнера. Стыки расположены на узлах. Длина элемента пояса в две панели. Накладкой из уголка перекрывается лишь стык уголков пояса, а стенки перекрыты уширенной стенкой элемента, проходящего через узел без разрыва. Эта уширенная стенка сболчивается с уширенными концами стыкаемых элементов. Вместе с тем это уширение в узле играет роль узловой фасонки и служит для присоединения элементов решетки. Соединения элементов в узлах обычно многоболтовые, мало по существу отличающиеся от обычных узлов, лишь заклепки заменены болтами большого сравнительно диаметра (до 60 — 70 *мм*),



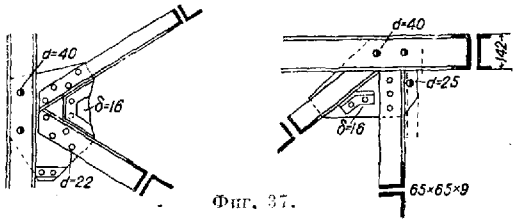
Фиг. 36.

а потому число их уменьшено, и чем число этих болтов меньше, тем легче сборка.

К наклепыванию накладок приходится прибегать обычно для усиления элемента в месте отверстия для болта во избежание смятия, но лучше их не выпускать за конец элемента, а соединять элементы впритык,

перекрывая стык узловой накладкой, к которой присоединяются болтами все сходящиеся к узлу элементы (фиг. 36). Узловые накладки при двухстенчатых соединениях следует соединять диафрагмой на заклепках в узловую коробку и вообще озаботиться приданием ей большей жесткости во избежание повреждений при перевозке. Стык стенки пояса здесь кроме внутренних накладок, соединенных в коробку, перекрыт еще и наружными 10-*мм* накладками.

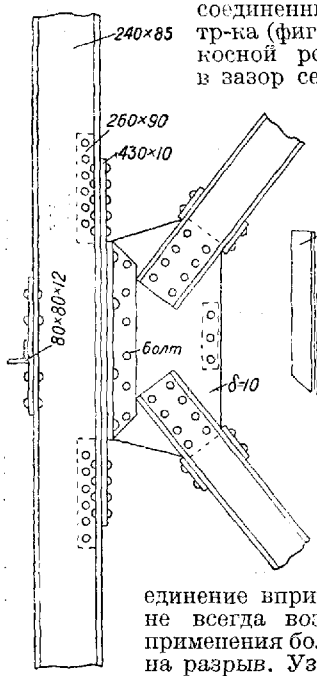
При пересечении линейных элементов решетки они пропускаются один внутри другого без разрыва, причем полки швеллеров или уголков, их образующих, у одного



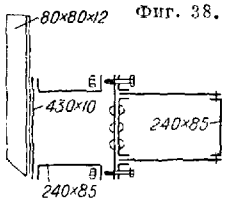
Фиг. 37.

обращены внутрь, а у другого наружу, и элементы соединены болтами, или же один продолжается без разрыва (что гораздо удобнее для перевозки), а другой обрывается в месте пересечения, разрыв же перекрывается накладкой на болтах (в этом случае полки обоих элементов обращены в одну сторону).

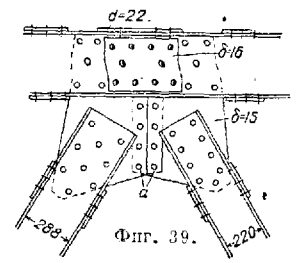
В мостах, разбираемых на треугольные элементы, стороны треугольников в вершине соединяются на накладках заклепками. Эти узлы д. б. приспособлены для соединений один с другим или же с прямыми элементами пояса или стойки. Для этого накладка в вершине тр-ка выпускается за концы соединенных на ней сторон тр-ка (фиг. 37) для полураскосной решетки и входит в зазор сечения пояса или стойки и присоединяется к нему болтами или накладка прикрепляется к горизонтальным полкам сечения пояса, например для ветровых связей.



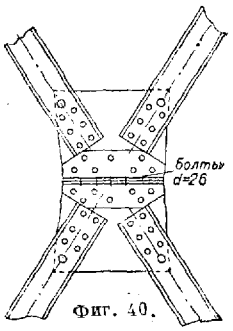
Фиг. 38.



Более удобно соединение впритык, но при этом не всегда возможно избежать применения болтов, работающих на разрыв. Узел этого типа показан на фиг. 38. Две накладки в концах полураскосов соединены внутри кусками швеллеров. Примыкающая к стойке часть коробки прикрыта листом, выступающие края к-рого укреплены уголками. Лист вверху и внизу упирается в накладки, прикрепленные к стойке швеллерами. Равнодействующая усилий в узле полураскосной фермы направлена по оси стойки и хорошо воспринимается планкой и болтами, проходящими через полки швеллеров и уголков на узловой коробке. Такого же типа узел м. б. устроен в примыкании верхнего узла тр-ка полураскосной фермы, состоящего из стойки и полураскоса. Стык треугольных элементов, состоящих из одной панели верхнего пояса и двух полураскосов двухрешетчатой фермы, показан на фиг. 39. Стык впритык перекрыт четырьмя вертикальными и одной горизонтальной накладкой на болтах. Кроме того швеллера *а*, вклепанные между узловыми накладками тр-ков, образующие как бы их торцы, соприкасаются вплотную и стянуты пятью болтами *б*. Пример стыка вершин треугольных элементов показан на фиг. 40. Ветви полураскосов, образованные швеллерами, обращенными полками кнаружи, присоединены заклепками к узловой полуфасонке. Горизонтальные уголки, приклепанные к этим полуфасонкам, внутри и снаружи стянуты между собой вертикальными 26-*мм* болтами по 18 шт. на узел. Кроме того горизонтальные полки этих уголков внутри между полуфасонками, для лучшей связи между собой, перекрыты накладкой размером 250 × × 250 *мм* и толщиной в 10 *мм*. Главным неудобством этого стыка является затруднительность сболчивания внутри между фасонками; это сболчивание приходится делать торцовым ключом.

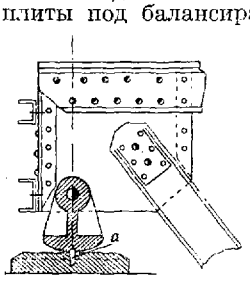


Фиг. 39.



Фиг. 40.

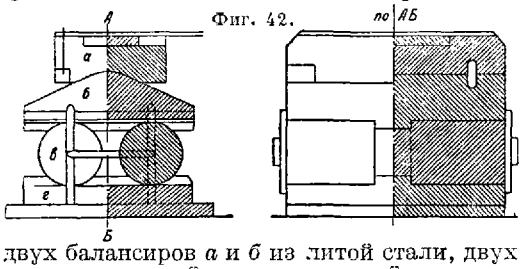
Опорные части Р. м. не отличаются от таковых для постоянных мостов. Нижние плиты под балансирами и катками, укладываемые не на подферменники, а на подушки из пакета дубовых брусьев, д. б. приспособлены для укрепления их болтами. На фиг. 41 изображена подвижная опора Р. м. пролетом 20 *м* в виде качающегося стального сектора, прикрепленного к опорному листу при помощи стального болта, пропущенного через втулку головки сектора и проходящего через фасонные листы, входящие в прорезы головки. Сталь-



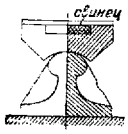
Фиг. 41.

ная опорная плита имеет два зуба *а*, входящие в гнезда сектора, расположенные по образующей его цилиндрич. поверхности. На фиг. 42 показана подвижная опора в виде

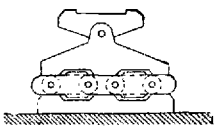
Фиг. 42.



двух балансиров *а* и *б* из литой стали, двух катков *в* кованой стали и нижней плиты *г*. Против угона катков применены шарнирные распорки, входящие концами в нижний балансир и опорную плиту. Неподвижная опора для этого же моста изображена на фиг. 43 и состоит из двух балансиров с цилиндрическим шарниром. Балансиры соединены по поверхности касания двумя штырями, входящими в верхний и нижний балансир. На фиг. 44 изображена подвижная опора моста Анри пролетом 45 *м* в виде двух балансиров со свободным сквозным шарниром, соединяющим верхний и нижний балансиры и проходящим через имеющиеся на их краях проушины. Нижний балансир опирается на нижнюю плиту посредством четырех катков, соединенных в одну тележку рамой. Рама своими выступами входит в гнезда



Фиг. 43.



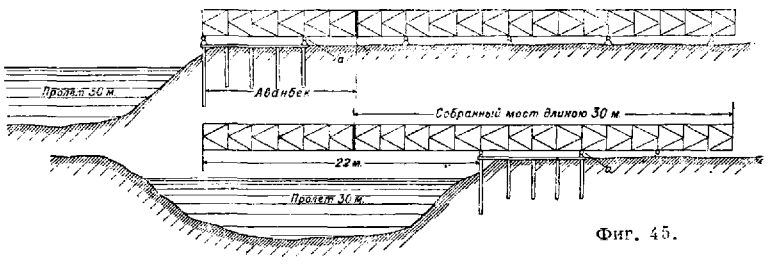
Фиг. 44.

нижнего балансира и опорной плиты, чем ограничивается возможность угона катков. Присутствие верхнего вращающегося балансира особенно полезно для Р. м., так как установка их при срочности работ не отличается особенной тщательностью и вся ферма вследствие разной высоты опор или их неравномерной осадки может оказаться наклонной. Учитывая это обстоятельство, нижней опорной плите следует давать размеры, допускающие установку ее с некоторым сдвигом относительно оси опоры. Вместо подферменников при установке Р. м. применяются пакеты из не менее чем двух рядов дубовых брусьев, укладываемых крестнакрест и скрепляемых болтами.

Сборка Р. м. производится или на сборчатых подмостях, устраиваемых обыкновенно в пролете, или на берегу на специально выравненной площадке по продолженной оси моста, после чего собранный мост накатывается на пролет. Первый способ сборки проще и более надежен, устраняя возможность перенапряжения в частях уже собранного моста при накатывании его, но в военное время мало применим, так как предварительное устройство сборочных подмостей, без чего нельзя приступить к сборке моста, занимает время, как показал опыт, в несколько суток. В обоих случаях сборки немаловажную роль играет и способ выгрузки элементов по доставке их на ж.-д. платформах к месту работ, причем следует избегать обычного спуска тяжеловесных элементов (до 1 *т*) по временным наклонным плоскостям или слегам, т. к. при этом возможны изгибы частей решетки и узловых листов, затрудняющие и замедляющие сборку необходимостью выправления их. Лучше выгрузку с платформ производить при помощи кранов простейшего устройства в вагонетки, которыми и развозить к месту сортировки и сборки. Объемные элементы мостов (например Марсиля) отгружаются с железнодорожных платформ при помощи козел, талей и лебедок и устанавливаются на ролики *а* (фиг. 45), на которых они и подкатываются к краю отверстия моста; здесь эти элементы поднимаются на домкратах, сболчиваются и под собранный таким образом мост подставляются ролики, по которым мост и передвигается нижним своим поясом при накатке.

Порядок сборки моста с последующей накаткой его следующий. На сборочной береговой площадке провешиваются, кроме продолжения оси моста, осевые линии каждой фермы. На последних размечают места узлов нижнего пояса, с которого и начинается сборка; на этих местах устраивают сборочные подкладки в виде сборочных клеток из шпал или отесанных на два канта бревен длиною около 1 *м*. Клетки строят на такую высоту, чтобы последующее опускание собранного моста на подведенные под него катки было возможно меньше. Верхние грани всего ряда клеток подводятся под плоскость с наклоном в сторону накатки моста 0,005—0,01. По мере сборки нижнего пояса положение его проверяется уровнем и исправляется подбивкой клиньев, положенных под верхний ряд бревен клеток. Выкладку и сборку нижнего пояса обеих ферм ведут сразу и при этом с одного конца или от середины к обоим концам, но не от концов к середине, во избежание несовпадения дыр для болтов посредине, вследствие накопившихся мелких погрешностей. По сборке поясов их соединяют между собой связями, а затем устанавливают и закрепляют стойки, раскосы и верхний пояс. Вставка всех болтов и закрепление их д. б. закончены пока мост стоит на клетках. Накатка собранного на береговой площадке моста на его пролет может производиться на катках прочного дерева или на неподвижно закрепленных специальных роликах. Сила сопротивления движению моста по каткам определится по ф-ле

$$F = \frac{Q}{2}\left(\frac{e+e_1}{r}\right),$$



Фиг. 45.

а при движении по роликам—по формуле

$$F = Q\left(\frac{e + fr_1}{r_2}\right),$$

где r, r_1 и r_2—соответственно радиусы катка, оси ролика и самого ролика, e и e_1—коэф-ты сопротивления движению деревянного катка по пути (рельсам или катальным доскам) и по нижнему поясу (0,5—0,65), f—коэф-т трения оси ролика во втулке (0,075—0,1) и Q—вес надвигаемого моста. При надвижке моста, чтобы выдвинутая часть, перевесив, не опрокинула моста, к нему спереди приделывают нос или аванбек (фиг. 45), составленный из тех же элементов, что и самый мост, облегчая его и переднюю половину моста тем, что половину элементов поперечных балок и все элементы продольных балок временно не укладывают и не закрепляют на места, нагружая ими хвост моста для противовеса. Аванбек после наводки моста отделяется от него и может служить затем частью нового пролета моста или для накатывания новых мостов. Свешивающаяся часть моста при накатывании его представляет собою консольную балку, и напряжения в поясах получатся обратного с расчетными знака. Допускаемая длина свешивающейся части определится след. обр. Если вес моста на единицу длины обозначить через p, временную эквивалентную нагрузку через k, их отношение (т. е. $k : p$) через a, расчетный пролет через l, длину свешивающейся части через x, то изгибающий момент M в отношении крайней опоры будет

$$M = (p + k)\frac{(l-x)x}{2} = \frac{p(1+a)(l-x)x}{2}.$$

С другой стороны, изгибающий момент свешивающейся на длину x балки выразится

$$M = -\frac{px^2}{2}.$$

Равенство абсолютных величин этих моментов даст допускаемую длину x, до к-рой свешивание конца балки не вызовет в поясах усилий, бо́льших чем расчетные; потому

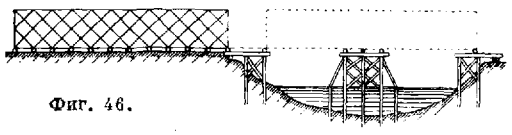
$$\frac{px^2}{2} = \frac{p(1+a)(l-x)x}{2},$$

откуда

$$x = l\left(\frac{1+a}{2+a}\right).$$

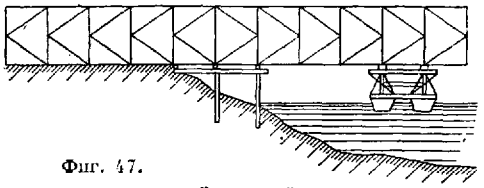
По подсчетам проф. Прокофьева для постоянных мостов пролетом в 20—60 *м* a изменяется в пределах 3—1,5 и потому длина x свешивающейся части моста м. б. соответственно допущена от $^4/_5$ до $^5/_7$ длины пролета. Длина аванбека обычно не более 0,6—0,65 длины пролета.

Кроме описанного способа накатки применяется также и способ накатки готового моста без аванбека, но с промежуточной временной опорой (фиг. 46). Такая промежуточная опора должна иметь особую жесткость в продольном направлении, т. к. на нее будет действовать горизонтальная сила сопротивления движению моста по опоре, равная силе тяги. Чтобы парализовать действие этой силы, применяется прикрепление верха промежуточной опоры тросовыми оттяжками к береговой опоре или устройство противовесов на тросах, перекинутых через блоки и прикрепленных к нижнему поясу моста. При накатке лебедками и талями можно парализовать прогиб опоры в направлении движения установкой лебедки на заднем конце моста и укреплением каната или неподвижного блока талей за промежуточную опору.



Фиг. 46.

Продольная накатка м. б. выполнена еще при помощи подвижной опоры, поддерживающей выступающий в пролет конец моста. Если пролет свободен и путь для движения м. б. устроен по дну оврага, то подвижная опора устраивается в виде подмостей на тележках, движущихся по этому пути. Это случай, редко встречающийся на практике, причем подвижная опора часто пловучая. Преимущество накатки с подвижной опорой по сравнению с навесной заключается в том, что распределение усилий в фермах более соответствует нормальной работе моста как двухопорной балки, и усилия будут гораздо меньше, но самая операция гораздо сложнее и требует и большего оборудования и более опытного персонала. Пловучая подвижная опора представляет собою пловучие подмости, устроенные на баржах (фиг. 47).

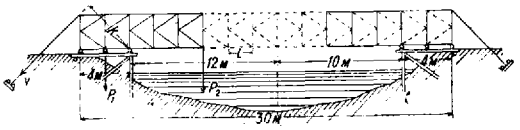


Фиг. 47.

Накатка с пловучей опорой в условиях военного времени встречается редко, так как обычно русло реки бывает загромождено разрушенным мостом. При накатке на катках необходимо особенно внимательно следить за горизонтальностью нижнего пояса. Скорость накатки, как и вообще при продольных накатках, меньше в начале движения и равна 10—15 *см/мин*, а при установившемся движении до 50 *см/мин*. За правильностью положения моста в вертикальной плоскости при накатке на катках следят по самим каткам (они не движутся, если на них нет давления), но кроме того полезно и наблюдение по нивелиру—по отметкам, сделанным на стойках или раскосах. Мост опирается на тележки через шарниры, допускающие беспрепятственное изменение наклона моста в вертикальной плоскости. При применении тележек можно избежать местного изгиба нижнего пояса установкой тележек в узлах, тогда как этот изгиб неизбежен при катках и роликах и особенно значителен в последнем случае, но зато путь для движения тележек на всем протяжении накатки требует особо прочного устройства, т. к. сосредоточенное давление конца моста будет довольно значительно. Кроме наблюдения за положением моста в вертикальной плоскости должно быть организовано наблюдение и за положением оси моста в горизонтальной плоскости.

Кроме указанных выше способов сборки на подмостях или на берегу, в нек-рых случаях может оказаться более выгодной, а иногда даже неизбежной, сборка навесу без подмостей, например в случае замены одного из

средних пролетов многопролетного моста, когда конструкция его не допускает сборки Р. м. на нем или внутри его, с последующей навесной продольной накаткой, и когда этот пролет не м. б. заполнен сборочными подмостями вследствие чрезмерной высоты опор, бурного течения или загроможденности отверстия обломками обрушенного пролета. Навесная сборка более свойственна Р. м. в том случае, когда они применяются как консольные. В легких Р. м. системы Кривошеина для узкоколейной ж. д. без консолей предельный пролет равен 30 *м*; применение консолей по 6 *м* позволяет увеличивать без усиления пролетного строения отверстие моста до 42 *м*; при этом консоли м. б. собраны навесу. Собираемая навесу часть пролетного строения удерживается от опрокидывания весом междуопорной части моста. При навесной сборке обыкновенного бесконсольного моста д. б. надлежащим образом обдуман способ удержания находящейся навесу части от опрокидывания. Кроме того во время сборки находящаяся навесу часть работает не в нормальных условиях, а как балка, заделанная одним концом, под влиянием собственного веса, веса приспособлений для сборки кранов, подаваемого для сборки железа и веса рабочих. Поэтому необходимо, чтобы эта временная консоль во время сборки представляла жесткую неизменяемую конструкцию, а отдельные ее элементы должны обладать достаточным запасом прочности. Приспособления для сборки, преимущественно журавлевые краны, при этом способе сборки должны иметь больший, чем при других, вылет, т. к. установку на место элементов приходится делать не меньше как на одну, а иногда на две панели вперед от места стоянки крана, и он не м. б. продвинут вперед. При легких мостах укрепление находящейся навесу части м. б. сделано так, как это показано на фиг. 48, изо-



Фиг. 48.

бражающей навесную сборку моста сист. Кривошеина. Береговая часть моста на длине двух панелей (по 2 *м* панель) собирается на временных подмостях. Эта часть прикрепляется с помощью стальных тросов (оттяжек) к брусьям, заложенным в землю на глубину ок. 3 *м*. Размер стального троса определяется из условий равновесия:

$$Vk + P_1 l = 3lP_2,$$

где V—усилие в оттяжке, k—плечо силы, P_1—вес моста, собранного на подмостях, P_2—вес моста, собираемого навесу, и l—длина панели. Мост Кривошеина допускает такую сборку на длину 6 панелей, т. е. 12 *м*, но для этого в навесной части до соединения с частью моста, собираемой навстречу от правого берега, не ставят вовсе продольных балок, а поперечные ставят через одну, понижая т. о. вес моста на 20%. Из всех этих систем сборки моста избирается та, к-рая по местным условиям наиболее удобна; в отношении же успеха работ преимущество на стороне сборки моста на берегу с последующей накаткой. Успех работы навесной сборки вдвое меньше и кроме того требует более опытных рабочих.

Лит.: «Инженерный журнал», СПБ, 1900, *5*, *6*: «Техника и снабжение Красной Армии», М., 1924, *150*; Патон Е. О., Еще одна система железных разборных мостов, М., 1920; Bašta J. a Bartoň F., O modifikaci normalních stavebních method při stavbě různých objecktůvželezničním spodku provozovaných železnic, Prága, 1921.

И. Лидерс.

РАЗВЕДЕНИЯ ЗАКОН, см. *Диссоциация электролитическая.*

РАЗВЕДКИ месторождений полезных ископаемых, совокупность работ по отысканию полезных ископаемых, выяснению их количества, качества и условий залегания. Работы, в задачу к-рых входит отыскание месторождений полезных ископаемых, называются поисками, а работы по выяснению количества, качества и условий залегания полезного ископаемого называются собственно Р.

Под количеством полезного ископаемого подразумевается вес полезного ископаемого (или веса отдельных входящих в его состав компонентов), заключающийся в объеме данного месторождения. Количество полезного ископаемого в месторождении называется запасом месторождения. Под качеством полезного ископаемого подразумевается как процентное содержание (определенное химич. анализом) входящих в его состав полезных и вредных компонентов (элементов и их соединений), так и все технологич. свойства полезного ископаемого. Под условиями *залегания* (см.) полезного ископаемого подразумевается вся совокупность геологич. и технико-экономич. факторов: глубина залегания полезного ископаемого от дневной поверхности, рельеф местности, рельеф висячего и лежачего боков месторождения, крепость и водоносность вмещающих месторождение пород, форма месторождения, углы простирания и падения и мощность месторождения, тектоника месторождения и т. д.; сюда же входят такие факторы, как высота над уровнем моря, пути сообщения, наличие населенных пунктов, наличие строительных материалов, крепежного леса, воды как питьевой, так и для технич. целей, и т. д. Только в результате всестороннего изучения полезного ископаемого можно дать всестороннюю технико-экономическую оценку месторождения с точки зрения возможности его эксплоатации.—Особое значение имеют поиски особенно на огромной территории Союза, очень мало изученной и местами совершенно не посещенной геологами. Поисковые работы ведутся путем осмотра выходов, обнажений, изучения наносов, старых выработок и требуют применения особых приемов геохимич. анализа, т. е. изучения распространения в некоторых районах определенных полезных химических элементов. Большое значение в поисковых работах имеет тесная связь с местными общественными и хозяйственными организациями, краеведческими об-вами, комсомолом и т. д. и широкое привлечение их к поисковой работе. Особый вид поисковых работ, т. н. проспекторство, имеет место при наличии геологич. карты, позволяющей намечать возможности нахождения определенных ископаемых и производить поиски со строго определенными задачами.

Р. обычно разделяются на предварительные и детальные. Предварительные (перспективные) Р. имеют целью выяснить, заслуживает ли данное месторождение полезного ископаемого затрат на его дальнейшее исследование или нет. Первая стадия предварительных Р. может быть названа поисковыми Р. Детальные Р. имеют целью дать совершенно определенное заключение о качестве, количестве и условиях залегания полезного ископаемого, дать промышленную оценку месторождения; такие же Р. на уже эксплоатируемом месторождении называются эксплоатационными Р.

Р. того или иного месторождения полезного ископаемого в зависимости от геологич. условий его залегания и технико-экономич. соображений и возможностей можно производить при помощи: 1) горноразведочных выработок, 2) буровых скважин (бурения) и 3) геофизич. методов. К поверхностным горноразведочным выработкам относятся: вскрытия почвы, закопушки (неглубокие ямы, борозды, проведенные в разных направлениях), расчистка, канавы (эти выработки, за исключением канав, проводятся чаще при поисковых, нежели при разведочных работах). К подземным горноразведочным выработкам относятся: к вертикальным—шурфы, дудки, разведочные шахты и гезенки; к горизонтальным—штольни, штреки и квершлаги; к наклонным—наклонные шурфы, наклонные разведочные шахты, наклонные гезенки и наклонные штольни

(см. *Горные выработки*). При проведении разведочных работ на месторождении нередко приходится комбинировать в определенных сочетаниях между собой те или другие из перечисленных выработок (вертикальные с горизонтальными, поверхностные с подземными, имеющие непосредственный выход на дневную поверхность с не имеющими его и т. д.). Геофизич. методами, применяемыми для поисков и Р. полезных ископаемых, называются методы, основанные на исследовании физич. свойств горных пород, в том числе и полезных ископаемых, залегающих на большей или меньшей глубине от дневной поверхности. Эти физич. свойства можно разделить на две группы. К первой группе относятся физич. свойства, обладающие способностью непосредственно проявляться на расстоянии: эти свойства—магнитность, плотность и радиоактивность. Ко второй группе относятся физич. свойства, не обладающие способностью непосредственно проявляться на расстоянии и влияющие на распространение искусственно посылаемой в землю энергии: эти свойства—электропроводность, диэлектрическая постоянная и упругость. В зависимости от того, какое из перечисленных свойств используется при геофизич. Р., различают следующие разновидности последних: 1) магнитометрия—основана на разнице в магнитных свойствах горных пород; применяется гл. обр. при поисках и разведках железных руд; 2) гравиметрия—основана на разнице в уд. в. (а следовательно и на изменении силы тяжести) горных пород; применяется гл. обр. при поисках и Р. нефти, угля и соли; 3) радиометрия—основана на обнаружении особого вида энергии, к-рую излучают минералы, содержащие радий; применяется при поисках и Р. радиевых месторождений; 4) электрометрия—основана на разнице в электропроводности горных пород; применяется гл. обр. при поисках руд цветных металлов; 5) сейсмометрия—основана на разнице в упругих свойствах (от к-рых зависит скорость распространения искусственных сотрясений) горных пород; применяется гл. обр. при поисках и Р. нефти и угля. Характерным отличием геофизич. методов Р. от двух предыдущих является отсутствие необходимости проводить углубления в земной коре, т. к. геофизич. свойства полезных ископаемых обнаруживаются при помощи особых приборов, устанавливаемых непосредственно на дневной поверхности (в частном случае приборы могут устанавливаться и в уже пройденных горных выработках). Каждый из перечисленных способов Р. имеет свои преимущества и свои недостатки. Главнейшие из них указаны в табл. 1.

Наиболее рациональное производство поисковых и разведочных работ должно итти в такой последовательности: 1) изучение геологич. строения района и условий залегания полезного ископаемого на основании естественных обнажений, иногда дополняемых незначительными искусственными обнажениями (вскрытиями почвы, расчистками, закопушками); 2) производство геофизич. исследований, наиболее целесообразный выбор метода к-рых зависит от геологич. строения района и геофизич. свойств исследуемого полезного ископаемого и вмещающих его пород; 3) производство разведочных работ, в тесном смысле этого слова, при помощи горноразведочных выработок и буровых скважин. При проведении Р. различают две различные по характеру и способу их выполнения, но тесно между собой связанные по своему значению и во времени части работ: техническую и геологическую (проведение горноразведочных выработок и буровых скважин и производство при геофизич. способах наблюдений, измерений и вычислений). Технич. работы включают проведение горноразведочных выработок, в том числе и буровых скважин, и производство при геофизич. Р. наблюдений, измерений и вычислений. Геологич. работы включают в себя производство всех геологич. наблюдений над условиями залегания полезного ископаемого в том или ином участке месторождения, в той или иной выработке и буровой скважине: определение простирания, падения и мощности как полезного ископаемого, так и вмещающих его пород, изучение характера полезного ископаемого и боковых пород и т. д.; все эти наблюдения сопровождаются замерами компасом и рулеткой, зарисовками, записями в полевых книжках и журналах, взятием образцов, взятием проб как для химич. анализов, так и для технологич. испытаний и т. д. Результаты всех геологич. наблюдений д. б. нанесены на топографич. и маркшейдерские планы, равно как и на соответствующие продольные (сделанные по простиранию месторождения) и на поперечные (сделанные вкрест простирания месторождения) профили (разрезы). Масштабы указанных планов и профилей зависят от характера месторождения и степени детальности производимых наблюдений. Наиболее часто применяемые масштабы маркшейдерских планов и профилей: 1/2000, 1/1000, 1/500, 1/250, 1/200, 1/100. Более часто применяемые масштабы топогр. планов и карт: 1/10000, 1/5000, 1/2000, 1/1000, 1/500.

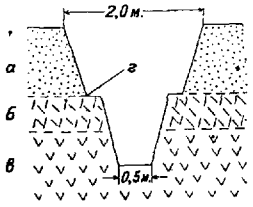
Р. простейшими поверхностными выработками. К простейшим поверхностным выработкам, проводимым как при Р., так и при поисках месторождения того или иного полезного ископаемого, относятся различного рода вскрытия почвы, расчистки, закопушки. Они представляют собой различной формы и различного размера выемки на дневной поверхности, проводимые с целью обнажения как коренных пород, так и самого полезного ископаемого, чтобы дать возможность выяснить детали геологич. строения района, оконтурить выход месторождения на дневной поверхности и установить хотя бы в самых общих чертах размеры месторождения и характер полезного ископаемого. Глубина указанных выработок не превосходит 0,5—1,0 *м*. Эти выработки редко проводятся в определенном порядке и не требуют для своего проведения сколько-нибудь крупных затрат. Работы производятся вручную (редко с применением взрывчатых материалов) при помощи лопаты, кайлы, клина, лома.

Р. канавами (разрезами). Длина канав зависит от того, на каком протяжении требуется обнажить коренные породы и по-

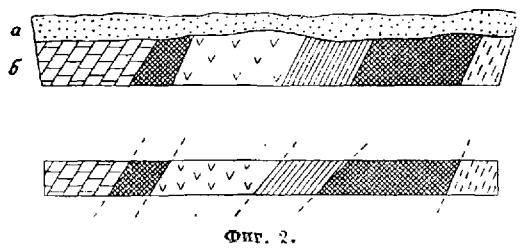
Табл. 1.—Достоинства и недостатки различных способов разведок.

Способ разведки	Достоинства	Недостатки
Горноразведочные выработки (подземные)	Безусловная надежность получаемых в результате разведки данных Нек-рые из выработок м. б. использованы при эксплоатации месторождения	Сравнительно (с другими способами) медленные темпы разведки Сравнительно (с другими способами) бо́льшая стоимость разведки
Буровые скважины	Сравнительно (с горноразведочными выработками) быстрые темпы разведки Сравнительно (с горноразведочными выработками) невысокая стоимость разведки	Сравнительно (с горноразведочными выработками) меньшая надежность получаемых в результате разведки данных Имеют только разведочное значение и не м. б. использованы при эксплоатации (за исключением буровых скважин на рассолы и нефть)
Геофизич. методы	Быстрые темпы разведки сравнительно с другими способами Малая стоимость разведки сравнительно с другими способами	В результате разведки получаются только общие данные о наличии или отсутствии полезного ископаемого и общие данные о масштабе месторождения Не определяют качества полезного ископаемого Нуждаются в проверке другими способами разведок, т. к. надежность полученных данных меньше, чем при других способах разведок

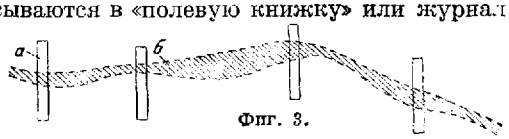
лезные ископаемые. Глубина канав обычно не превосходит 2—3 *м* и зависит от мощности наносов и глубины залегания полезного ископаемого от дневной поверхности. Канава углубляется в коренные породы на 0,2—0,5 *м* (редко более) с целью обнажения полезного ископаемого настолько, чтобы возможно было сделать необходимые наблюдения (измерения, зарисовки, взятия образцов и т. д.). Ширина канав внизу (у дна) обычно не превосходит 0,5—0,6 *м*, вверху не превосходит 1,0—1,5 *м*. В более крепких породах и при небольшой глубине стенки канавы делаются более крутыми, до вертикальных—в этом случае ширина канавы вверху м. б. минимальной (0,5—0,7 *м*). Иногда при проведении канавы в сыпучих и рыхлых породах, особенно когда глубина канавы значительная (более 2,0 *м*), стенки канавы делаются не ровными, а с уступами (бермами), что предохраняет канаву от осыпания (фиг. 1, где *а*—наносы, *б*—элювий, *в*—коренные породы, *г*—бермы). Бермы обычно делаются на границах различной устойчивости пород (например наносов и элювия, элювия и коренных пород и т. д.). Работа производится лопатой, кайлой, иногда ломом и клином и при значительном углублении в коренные породы, особенно если последние не подверглись выветриванию, применяются взрывные работы. При проходке глубоких канав в неустойчивых породах, особенно если требуется сохранить канаву на продолжительный срок, канаву закрепляют при помощи стоек, распорок и горбылей; последние могут быть заменены досками, тонкими бревнами, жердями, хворостом и т. д. Для сбора воды в одном пункте канавы дну последней придают небольшой уклон в одну сторону, куда вода собирается самотеком в устраиваемый приямок (углубление на дне канавы). Геологич. часть работы при проведении канав сводится к наблюдению за различными породами и полезными ископаемыми, обнаженными в стенках и на дне канавы. Определяется мощность наносов, их характер, мощность и характер элювия. Замеряются компасом элементы залегания отдельных пород и полезного ископаемого, их контакты от какого-либо пункта канавы (обычно от одной из коротких стенок) замеряются рулеткой, замеряются элементы тре-



Фиг. 1.


Фиг. 2.

щиноватости (кливажа), определяется характер как вмещающих коренных пород, так и полезного ископаемого, определяется мощность и качество последнего и его взаимоотношение с боковыми породами. Берутся образцы пород, образцы и пробы полезного ископаемого из различных участков канавы. Номера взятых образцов и проб записываются в «полевую книжку» или журнал



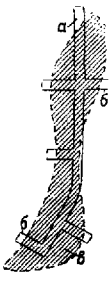
Фиг. 3.

и помечаются на планах и профилях канав (фиг. 2, где *а*—наносы, *б*—коренные породы). Канавы применяются для Р. всех типов месторождений, залегающих неглубоко от поверхности, но наибольшее применение

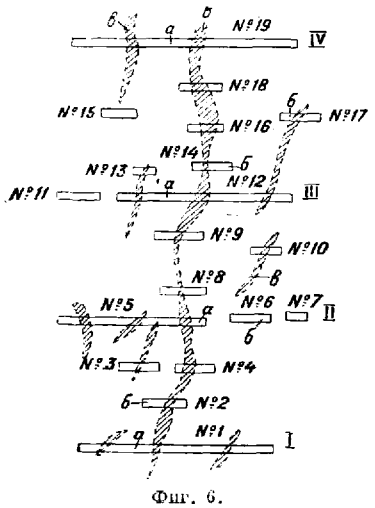


Фиг. 4.

они находят при Р. жильных и пластовых месторождений, когда канавы, задаваемые вкрест простирания месторождения, прослеживают последнее по простиранию (фиг. 3, где *а*—канава, *б*—рудная жила). При Р. месторождений контактовых канавы проводят обычно вкрест простирания контактов пород и полезного ископаемого для оконтуривания месторождения. Более редко, с целью непрерывного прослеживания рудных жил по простиранию, канавы *а* проводят по простиранию жил *б* (фиг. 4). При месторождениях большой мощности канавы *а* также иногда проводят по простиранию месторождения, и из них задаются более короткие канавы *б* в обе стороны вкрест простирания месторождения *в* (фиг. 5). В общем при Р. системы рудных жил *в* (фиг. 6) работы проводятся так. Выясняется простирание месторождения; если надо, линия простирания провешивается. Это—основ-



Фиг. 5.

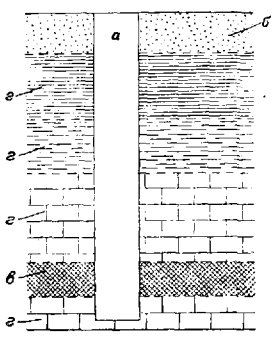


Фиг. 6.

ная разведочная линия. Через известные промежутки вкрест простирания месторождения намечают (если надо провешивают) главные разведочные линии *а*; между главными разведочными линиями (в зависимости от полученных результатов) задаются про-

межуточные канавы *б*. Расстояние между канавами может быть самое разнообразное—от нескольких *м* до нескольких сотен *м*; при правильных формах месторождений (пласты и жилы) оно больше, при неправильных или нарушенных тектоникой—меньше. Как правило для прослеживания жил требуется задавать канавы чаще, при прослеживании пластов—реже. Иногда, чтобы не проводить сплошных длинных канав, канавы проводят с перерывами в виде цепочки; в этом случае канавы двух смежных разведочных линий располагают обычно в шахматном порядке.

Р. ш у р ф а м и. Условием для рациональной Р. шурфами *а* (фиг. 7) является не слишком большая глубина наносов *б* или прикрывающих полезное ископаемое *в* разных коренных пород *г* (не более 40—50 *м*). В этом случае шурфами разведывают обычно горизонтальные или полого падающие пласты, пластообразные залежи, россыпи и рудные тела неправильной формы. При Р. пластов и пластообразных залежей работы проводят таким образом. Выясняют простирание месторождения; для этого приходится провести один, а иногда несколько (не более трех) «пробных шурфов». Линию простирания обычно провешивают. Через известные промежутки вкрест простирания месторождения намечают разведочные линии (одну же или несколько); на этих разведочных линиях задаются на некотором расстоянии друг от друга шурфы, располагаемые длинной стороной вкрест простирания. Шурфы двух соседних разведочных линий можно располагать или в шахматном порядке или в вершинах прямоугольников; расстояние между разведочными линиями и шурфами зависит от характера месторождения и детальности Р. Оно может колебаться от нескольких десятков *м* (при детальных Р., напр. золотых россыпей) до несколько сот *м* (при предварительных Р. пластовых месторождений, напр. фосфоритов, каменного угля, глин и т. д.). Иногда неглубокие шурфы м. б. заданы со дна канав, обнаруживших полезное ископаемое, для прослеживания полезного ископаемого на некоторую глубину. Глубина шурфов в зависимости от глубины залегания ископаемого варьирует от нескольких *м* до нескольких десятков *м* (глубже 50—60 *м* шурфы проводятся редко). Размеры сечения шурфов (от 1,2×0,65 *м* до 1,5×2,0 *м*) зависят от крепости пород и водоносности их, от глубины шурфа, от способа углубки шурфа, выдачи породы из него и назначения шурфа. Стенки шурфа д. б. строго вертикальны (за исключением наклонных шурфов) и углы его прямые. В породах некрепких работу производят лопатой, кайлой, ломом и клиньями, в крепких—взрывными работами. Выдачу породы из шурфа производят до 3 *м* глубины лопатой; при дальнейшем углублении либо устраивают в шурфе промежуточный полок либо над устьем шурфа устанавливают ручной вороток. Конный ворот устанавливают только над устьем глубоких шурфов большого сечения, в особенности если из последних проводят и горизонтальные выработки. Шурфы, проводимые в устойчивых породах, в особенности если они неглубокие, не крепятся; шурфы же, пройденные в менее устойчивых породах, д. б. закреплены. Водоотлив из шурфов производят или помощью вычерпывания и выдачи воды в бадье (при проведении мелких шурфов при притоке воды не более 5—6 *л/мин*) или при помощи ручных и механич. насосов. Вентиляцию шурфов производят несколькими способами: 1) при помощи раструба, к-рый устанавливается над устьем шурфа против ветра; 2) при помощи щита, устанавливаемого над шурфом также против ветра, который, отражаясь от щита, достигает забоя шурфа; 3) при помощи железной печки, устанавливаемой на поверхности, от к-рой идет труба вниз; при горении дров в печке свежий воздух затягивается в шурф сверху вниз и, омывая забой, поступает в трубу; 4) при помощи центробежного вентилятора (ручного или механического), устанавливаемого на поверхности над устьем шурфа. Геологич. часть работы при проведении шурфов аналогична таковой же части при проведении канав.



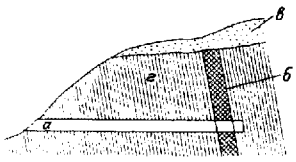
Фиг. 7.

Р. д у д к а м и. Глубина дудок, как и шурфов, м. б. разнообразной и колеблется от нескольких *м* до 20—30 *м*, что зависит от глубины залегания полезного ископаемого от дневной поверхности. Диам. дудок бывает 0,7—1 *м*; дудки должны проводиться строго вертикально. Р. дудками применяются в том случае, если породы б. или м. устойчивы. В противном случае дудки д. б. заменены шурфами. Дудки проводят при помощи ручных работ (лопатой, кайлой, ломом, клиньями), реже—взрывными работами; выдачу породы производят в ведрах или бадьях при помощи ручного воротка. Условия для рациональной Р. дудками—небольшая глубина прикрывающих полезное ископаемое пород (не более 20—30 *м*), устойчивость пород, отсутствие притока воды в выработку. В этом случае дудками разведывают обычно горизонтальные пласты, пластообразные залежи и месторождения неправильной формы. Главный недостаток дудок—опасность работы в них, т. к. их в большинстве случаев не крепят. Стоимость Р. месторождений дудками обходится дешевле Р. шурфами. Методика Р. дудками такова же, как и шурфами.

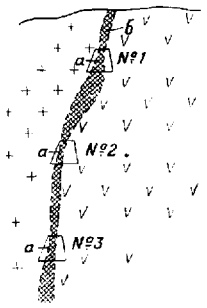
Р. ш а х т а м и. Разведочные шахты проводят в тех случаях, если наличие месторождения полезного ископаемого уже установлено предыдущими Р., если глубина залегания полезного ископаемого от дневной поверхности значительна, если предполагается вести дальнейшую Р. месторождения подземными выработками (штреками, квершлагами, гезенками), если необходимо произвести пробную добычу нек-рого количества полезного ископаемого с глубоких горизонтов месторождения. В дальнейшем при эксплоатации месторождения разведочные шахты обычно используются как вспомогательные эксплоатационные шахты (вентиляционные, водоотливные и т. д.), что необходимо бывает учитывать при заложении разведочных шахт. От шурфов разведоч-

ные шахты отличаются обычно большой глубиной, бо́льшими размерами поперечного сечения, более солидным креплением и оборудованием, а также своим назначением. Глубина разведочных шахт колеблется от нескольких десятков *м* до нескольких сот *м*, что зависит от глубины залегания полезного ископаемого от дневной поверхности. Размеры поперечного сечения разведочных шахт м. б. также разнообразными: от 1,5×2,0 *м* до 2,0×3,0 *м* (большего сечения разведочные шахты проводят редко).

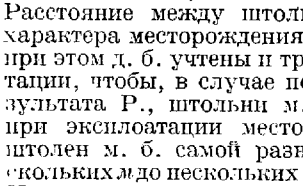
Р. ш т о л ь н я м и. Необходимым условием для Р. месторождения штольнями является изрезанный рельеф местности, поэтому штольни обычно применяются при Р. месторождений в горных областях. Штольни проводят как вкрест простирания месторождения (фиг. 8, где *а*—штольня, *б*—полезное ископаемое, *в*—наносы, *г*—коренные породы), так и по простиранию его. Штольнями при наличии изрезанного рельефа м. б. разведываемы месторождения разнообразных форм. Весьма часто штольнями разведывают месторождения с различным падением: рудные жилы, пласты, пластообразные залежи, а также месторождения неправильной формы (штоки, штокверки и т. д.). Если позволяет рельеф местности, круто падающие пласты и жилы могут быть разведываемы несколькими штольнями, проводимыми на разных горизонтах, что дает возможность одновременно разведать месторождение как по простиранию, так и по падению (фиг. 9, где *а*—штольни, *б*—полезное ископаемое). Расстояние между штольнями зависит от характера месторождения и детальности Р., при этом д. б. учтены и требования эксплоатации, чтобы, в случае положительного результата Р., штольни м. б. использованы при эксплоатации месторождения. Длина штолен м. б. самой разнообразной: от нескольких *м* до нескольких десятков и сотен *м*. Иногда встречаются штольни длиною более 1 *км*. Высота и ширина штолен бывает различной, обычно 1,5—2,0 *м*. Штольни, проводимые в устойчивых породах, могут не крепиться, пройденные же в менее устойчивых породах д. б. закреплены. Вода из штолен удаляется самотеком по канавкам, проводимым сбоку, в почве штольни. Вентиляция в коротких штольнях, проводимых без применения взрывных работ, не требуется. Штольни же длинные или проводимые при помощи взрывных работ вентилируются обычно при помощи центробежных вентиляторов, ручных или механических. Геологич. часть работ по проведению штолен состоит в наблюдениях за полезным ископаемым и боковыми породами в стенках, в потолке и в забое выработки. Наблюдения сопровождаются замерами компасом и рулеткой, зарисовками, взятием проб и т. д.



Фиг. 8.

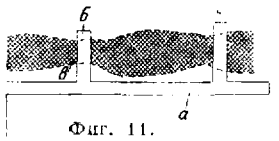


Фиг. 9.



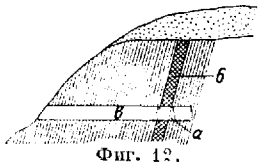
Фиг. 10.

Р. к в е р ш л а г а м и применяют обычно в следующих случаях: 1) при необходимости пересечь полезное ископаемое вкрест его простирания квершлагом, который проведен из штольни или штрека, идущих по простиранию месторождения в висячем или лежачем боку его; особенно часто квершлаги из штолен и штреков проводят для отыскания частей месторождения, утерянных вследствие сбросов, сдвигов и т. д. (фиг. 10, где *а*—штольня, *б*—квершлаг, *в*—полезное ископаемое, *г*—сброс); 2) при Р. мощных круто падающих пластов и жил или месторождений неправильной формы (фиг. 11, где *а*—штольня, *б*—квершлаги, *в*—полезное ископаемое); 3) если шурф или разведочная шахта не пересекли в предполагаемом участке полезного ископаемого, то для отыскания его в ту или другую сторону, смотря по имеющимся данным, задается квершлаг, к-рым м. б. пересечено полезное ископаемое. Длина квершлагов бывает от нескольких *м* до нескольких десятков *м*. Размеры поперечного сечения квершлагов обычно такие же, как и штолен. Работы по проведению квершлагов (собственно проходка, выдача пород, крепление, водоотлив, вентиляция, освещение и геологич. документация) аналогичны работам по проведению штолен.

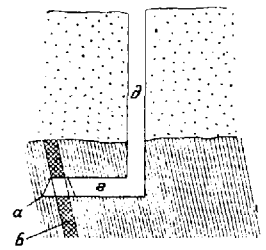


Фиг. 11.

Р. ш т р е к а м и. Если штольней или квершлагом, проведенным из штольни, шурфа или разведочной шахты, пересечено полезное ископаемое, то для Р. месторождения по простиранию из пункта пересечения проводят штрек (фиг. 12 и 13, где *а*—штреки, *б*—полезное ископаемое, *в*—штольня, *г*—квершлаг, *д*—шурф). Штреки применяются при Р. месторождений разнообразных форм (с различными углами падения): пластов, пластообразных залеганий, рудных жил и месторождений неправильной формы. Длина штреков бывает от нескольких *м* до нескольких десятков и сотен *м* (иногда более 1 *км*). Размеры поперечного сечения штреков обыкновенно такие же, как штолен и квершлагов.



Фиг. 12.



Фиг. 13.

Р. г е з е н к а м и применяют обычно в следующих случаях: при прослеживании по падению или восстанию круто падающих пластов и жил (фиг. 14, где *а*—гезенк, пройденный по восстанию, *б*—гезенк, пройденный по падению жилы *в*), при отыскании сброшенных частей пластовых и жильных месторождений (фиг. 15, где *а*—гезенки, *б*—сбросы), при детальной Р. месторождений

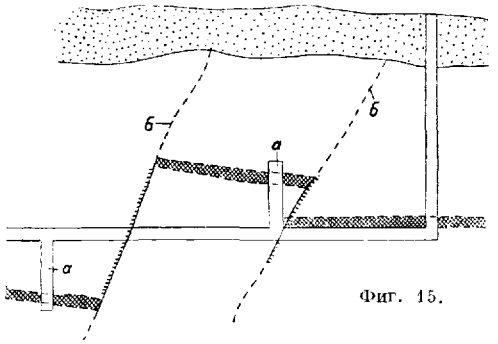
неправильной формы (фиг. 16, где *а*—гезенки, *б*—полезное ископаемое, *в*—штольня). Гезенки как разведочные выработки встре-



Фиг. 14.

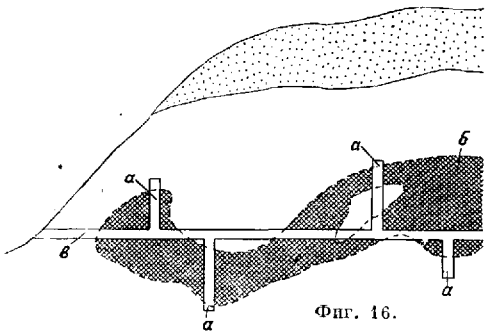
чаются редко и обычно применяются при Р. уже эксплоатируемых месторождений.

Р. *бурением* (см.). Глубина буровых скважин зависит от глубины залегания полезного ископаемого от дневной поверхности и колеблется от нескольких *м* до нескольких тысяч *м* [максимальная глубина скважины, проведенной в настоящее время (в Америке) достигает 3 000 *м*]. Диаметр буровых скважин зависит от их глубины, характера пересекаемых буровыми скважинами пород, назначения буровых скважин, характера разведываемого объекта и способа их проведения и колеблется в широких пределах, от нескольких *см* до нескольких десятков *см* [имеются скважины, диаметр к-рых свыше 1 *м* (бурение на нефть)]. Чем больше глубина буровой скважины, чем менее устойчивы пересекаемые буровой скважиной породы, тем больше бывает обычно диаметр скважин. Вообще чем больше диаметр буровых скважин, тем более точные результаты получаются при Р., но тем дороже она обычно обходится. Каким бы способом ни производилось бурение, для целей Р. необходимо получить образцы пересекаемых буровой



Фиг. 15.

скважиной пород и полезного ископаемого и узнать, на какой глубине скважины были встречены те или иные породы и полезное ископаемое. Следовательно необходимо бывает вслед за проходкой (углублением) скважины получать эти образцы путем поднятия их из скважины. В этом отношении особенно ярко выступают недостатки и достоинства различных способов бурения. При ударном бурении образцы пересекаемых скважиной пород и полезного ископаемого получаются в виде отдельных мелких осколков, поднимаемых желонкой с нек-рого «погона» скважины. Естественно, что они оказываются перемешанными между собой в беспорядке. Иногда из буровой скважины поднимается просто «буровая муть»—результат полного раздробления пород. Вследствие этого получается бесструктурная масса, и при частом чередовании пород и редких подъемах бурового инструмента трудно бывает восстановить последовательность пройденных буровой скважиной пород. В этом и заключается большой недостаток ударного бурения (как бурения разведочного), особенно если оно производится в новом, геологически еще слабо изученном районе. При вращательном бесколонковом бурении поднимаемые на змеевике или в ложке породы уже не бывают раздроблены, как при бурении ударном, и обычно поднимаются на рабочем инструменте в той последовательности, в к-рой они находились в глубине, нередко в перемятом и измененном виде. Но при бурении шарошками все проходимые породы превращаются в «буровую муку». При вращательном колонковом бурении проходимые породы поднимаются обычно в виде столбиков (керна),

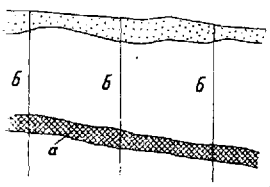


Фиг. 16.

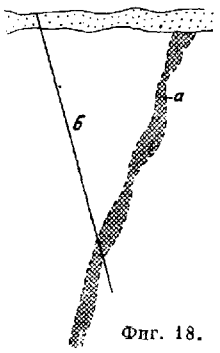
дающих вполне ясное и точное представление о последовательности пород, глубинах их залегания, их структуре и т. д. В этом заключается большое преимущество вращательного колонкового бурения сравнительно с другими видами бурения. Но если породы разрушены, то столбика может не получиться; вместо него получаются отдельные осколки пород, точную глубину к-рых восстановить невозможно; большинство пород при этом может истереться и выноситься из скважины нагнетаемой в скважину водой в виде «буровой мути» (шлама), т. е. в этом случае достоинство вращательного колонкового бурения теряется. Избежать этого явления при проходке разрушенных пород можно путем применения двойной колонковой трубы. В силу всех вышеуказанных причин совершенно ясно выступают недостатки бурения как способа Р. сравнительно с Р. при помощи горноразведочных выработок.

При проведении буровых скважин по неустойчивым породам, когда последние осыпаются со стенок скважин, буровые скважины необходимо крепить обсадными трубами (или цементировать или глинизировать и затем снова разбуривать). Совершенно необходимо крепить скважину и перед пересечением полезного ископаемого, если есть возможность предполагать даже незначительное осыпание вышележащих пород, которые, падая со стенок скважины, смешиваются с полезным ископаемым, вследствие чего получается неправильное представление о составе и характере последнего (засорение полезного ископаемого пустой породой). Но

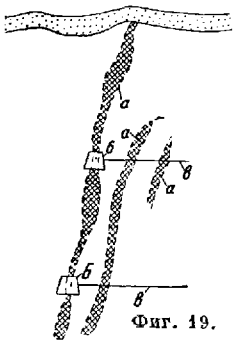
несмотря на указанные недостатки бурения, последнее как метод Р. имеет большие преимущества (бо́льшая скорость и меньшая стоимость) сравнительно с методом Р. горноразведочными выработками и поэтому имеет широкое применение. Вертикальными буровыми скважинами обычно разведывают горизонтальные и полого падающие пластовые (фиг. 17, где *а*—полезное ископаемое, *б*—буровые скважины) и рудные месторождения, залегающие на б. или м. значительной глубине. Р. на нефть и воду производятся почти исключительно вертикальными буровыми скважинами. Наклонными буровыми скважинами разведывают обычно круто падающие пласты и рудные жилы (фиг. 18, где *а*—рудная жила, *б*—наклонная буровая скважина) и месторождения неправильной формы. Горизонтальными и наклонными (вверх) буровыми скважинами (обычно неглубокими) разведывают сложные рудные жилы (фиг. 19: *а*—сложные рудные жилы, *б*—штреки, *в*—буровые скважины), рудные месторождения неправильной формы и нарушенные тектоникой месторождения правильной формы—пласты и жилы (фиг. 20, где *а*—полезное ископаемое, *б*—штрек, *в*—буровая скважина, *г*—сброс). Горизонтальные и наклонные скважины задаются обычно из уже пройденных горных выработок. Метод разведки горизонтальных и полого падающих месторождений бурением аналогичен методу Р. этих же месторождений шурфами. Буровые скважины располагаются на площади месторождения по разведочным линиям либо в шахматном порядке либо в вершинах прямоугольников или ромбов, иногда же при оконтуривании залежей неправильной формы буровые скважины задаются и в беспорядке. Расстояние между скважинами м. б. самое разнообразное в зависимости от характера месторождения и детальности Р., но обычно при всех прочих равных условиях оно бывает меньше, чем при Р. шурфами. При Р. круто падающих пластовых и жильных месторождений наклонными буровыми скважинами последние задаются обычно в шахматном порядке на различные горизонты месторождения, но нередко и эти скважины, будучи заданы из одних и тех же точек, но под разными углами пересекают месторождение на различных горизонтах. Месторождения неправильной формы обычно разведываются системой наклонных буровых скважин (иногда вместе с горизонтальными и вертикальными), расходящихся веерообразно из одной точки (фиг. 21, где *а*—буровые скважины, *б*—штрек, *в*—полезное ископаемое). Если в жильном месторождении встречаются рудные и безрудные участки и закономерность чередования этих участков более или менее установлена, то буровые скважины следует задавать под рудные участки месторождения и только изредка, для проверки, задавать и под безрудные участки. Расстояние между отдельными буровыми скважинами по простиранию и падению месторождения зависит от характера последних и детальности Р.; при Р. однородных по составу и мощности и не нарушенных тектоникой месторождений оно больше, чем при Р., изменяющихся по составу, мощности и нарушенных тектоникой месторождений. По падению месторождения расстояние рациональнее всего принимать равным одному, двум, трем и т. д. горизонтам, к-рыми впоследствии подготовляется месторождение для эксплоатации. Это расстояние зависит от системы разработки данного типа месторождения и устанавливается обычно практикой.



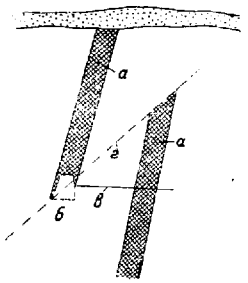
Фиг. 17.



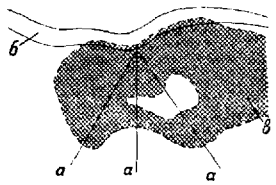
Фиг. 18.



Фиг. 19.



Фиг. 20.



Фиг. 21.

Геологич. часть работы при проведении буровых скважин заключается в сборе образцов пересекаемых буровыми скважинами пород и полезного ископаемого. Безразлично, представляют ли эти образцы буровую муть, отдельные осколки, бесформенные образцы пород или колонки (керн), при проходке буровой скважины по полезному ископаемому они обязательно д. б. собраны нацело. На основании изучения поднятых из скважины образцов пород и полезного ископаемого составляется разрез по данной буровой скважине. Собранные образцы полезного ископаемого поступают обычно в химич. анализ и для микроскопич. изучения с целью определения качества полезного ископаемого и его всестороннего изучения. Необходимо иметь в виду, что если образцы пород, в особенности образцы полезного ископаемого, при бурении не собирались или собирались неаккуратно, оказались перепутанными отметки глубины скважины, с к-рой подняты образцы, и т. д., то восстановить или проверить действительный разрез скважины не представляется уже возможным, и данными такой скважины при дальнейших выводах пользоваться невозможно. При составлении разрезов по буровым скважинам следует иметь в виду, что последние могут искривиться. Искривлению часто бывают подвержены наклонные скважины, чаще всего глубокие из них и заданные под небольшим углом наклона к горизонту и в особенности проведенные при помощи дробового бурения. Измерение углов искривления буровых скважин производится особыми приборами—так называемыми клинометрами. Измерение элементов залегания пород, встреченных буровой скважиной, производится приборами, называемыми стратаметрами.

Опробование месторождений полезных ископаемых. Опробованием называются специальные работы, проводимые с целью определения качества полезного ископаемого. Эти работы заключаются во взятии из полезного ископаемого отдельных частей (проб) его с таким расчетом, чтобы качество полез-

ного ископаемого каждой взятой пробы по возможности точно соответствовало качеству той массы полезного ископаемого, от которого данная проба взята. Опробование разделяется на химическое и техническое. Химич. опробованием выясняется химич. состав полезного ископаемого, содержание в нем вредных и полезных составных частей; технич. опробованием выясняются все технологич. свойства полезного ископаемого. Химич. пробы (от нескольких *г* до нескольких *кг*) берутся на выходах полезного ископаемого или в горных выработках—обычно путем проведения борозды, реже путем задирки. Метод взятия проб бороздой заключается в следующем. В теле полезного ископаемого при помощи молотка и зубила выбивается борозда (канавка); ширина ее в зависимости от свойств полезного ископаемого чаще всего 1,5—15 *см*, глубина 3—30 *см*; обычно в одну пробу берут полезное ископаемое не более, как с 1 *м* длины борозды. Расстояние между бороздами 1—10 *м*, чаще всего 2—4 *м*. Если полезное ископаемое расположено неравномерно, то опробование бороздами не может дать достаточно точных результатов. В этом случае опробование производится «задиркой»—с забоя по всей его площади снимается тонкий (3—10 *см*) слой материала, к-рый и представляет собой пробу. Технич. пробы (до нескольких *т*) берутся из проводимых по полезному ископаемому горных выработок. В состав технич. пробы входит бо́льшая или меньшая масса полезного ископаемого, получаемого при продвигании забоя выработки на 1 или несколько *м*. Опробование при бурении состоит в следующем. При ударном бурении пробой, поступающей в химический анализ, является полезное ископаемое, поднимаемое (в желонке) через известное расстояние с известной глубины скважины. При вращательном бесколонковом бурении такой пробой служит полезное ископаемое, поднимаемое ложкой или змеевиком. Проба будет точной только в том случае, если вышележащие породы не осыпаются, что достигается или цементированием стенок скважины или креплением обсадными трубами. При вращательном колонковом бурении проба будет точной, если столбик полезного ископаемого получается полностью. Точной будет проба и в том случае, если столбик полезного ископаемого получается не полностью, но шлам выносится на поверхность и собирается полностью. При опробовании ведется особый «журнал опробования», в к-рый заносятся все необходимые данные (название выработок, место взятия проб, номера проб, размеры борозд, веса проб и т. д.; в этом же журнале делаются зарисовки пунктов опробования; впоследствии в журнал вносятся данные химич. анализов и т. д.). Пробы, взятые для химич. анализа, вначале поступают в обработку, состоящую из трех главнейших операций: измельчения, перемешивания и сокращения.

Измельчение взятой пробы производится обычно или вручную в ступе или на механич. дробилках. Величина зерен, до к-рой д. б. измельчена проба, зависит от количества и характера материала пробы. Перемешивание пробы производится или на брезенте или при помощи особого способа, т. н. методом кольца и конуса. Для этого на специальном помосте материал пробы располагают в виде кольца; затем из различных частей кольца совком берется часть пробы и ссыпается в одну кучу, к-рая принимает форму конуса; далее, вставленными в вершину конуса досками этот конус разворачивается снова в форму кольца; эта операция повторяется несколько раз. Сокращение пробы производится или квартованием или при помощи особых приборов—сократителей. Квартование производится так. Материал насыпается на столе или помосте в виде плоского диска и делится двумя взаимно перпендикулярными линиями (диаметрами) на четыре равные части. Две противоположные части отбираются, две другие отбрасываются. Так делают до тех пор, пока не получат необходимое для анализа количество материала. Из сократителей чаще всего на Р. применяется сократитель Джонса. Подсчет среднего содержания отдельных составных частей, например металла в руде, производится вначале отдельно для каждой выработки, затем отдельно для каждого участка месторождения и наконец для всего месторождения. Если длины борозд или длины участков в скважинах, из к-рых взяты пробы, равны между собой, то среднее содержание (среднее арифметическое) вычисляется по ф-ле

$$C_{ср.} = \frac{C_1 + C_2 + \ldots + C_n}{n},$$

где C—среднее содержание, C_1, C_2, ..., C_n—содержание по отдельным пробам, n—число проб. Если длины борозд или длины участков в скважинах, из к-рых взяты пробы, не равны между собой, то среднее содержание (среднее волюметрическое) вычисляется по следующей ф-ле

$$C_{ср.} = \frac{C_1 l_1 + C_2 l_2 + \ldots + C_n l_n}{l_1 + l_2 + \ldots + l_n},$$

где $C_{ср.}$ и $C_1, \ldots, C_n$ имеют те же значения, как и в предыдущей ф-ле, а $l_1, l_2 \ldots, l_n$—длины борозд или длины участков в скважинах, из к-рых взяты пробы. Если уд. в. полезного ископаемого в отдельных взятых пробах сильно разнится, то среднее содержание (среднее гравиметрическое) вычисляется по ф-ле

$$C_{ср.} = \frac{C_1 l_1 d_1 + C_2 l_2 d_2 + \ldots + C_n l_n d_n}{l_1 d_1 + l_2 d_2 + \ldots + l_n d_n},$$

где $C_{ср.}$, C_1, C_2, ..., C_n и l_1, l_2, ..., l_n имеют те же значения, как и в предыдущей ф-ле, а d_1, d_2, ..., d_n—уд. в. взятых проб. При неравномерном расположении буровых скважин или при неодинаковом расстоянии между бороздами среднее содержание вычисляется по следующей ф-ле

$$C_{ср.} = \frac{C_1 S_1 + C_2 S_2 + \ldots + C_n S_n}{S_1 + S_2 + \ldots + S_n},$$

где $C_{ср.}$, C_1, C_2, ..., C_n имеют те же значения, как и в предыдущей ф-ле, а S_1, S_2, ..., S_n—площади, к к-рым относятся отдельные пробы. Подсчет среднего содержания по всему месторождению производят путем разделения его плоскостями, проходящими на половине расстояния между данными выработками или данными горизонтами буровых скважин, на объемы, тяготеющие к данной выработке или данной группе буровых скважин, и вычисляют среднее содержание по ф-ле

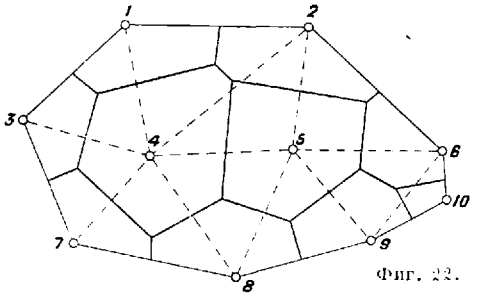
$$C_{0\,ср.} = \frac{C_{1\,ср.} V_1 + C_{2\,ср.} V_2 + \ldots + C_{n\,ср.} V_n}{V_1 + V_2 + \ldots + V_n},$$

где $C_{0\,ср.}$—среднее содержание для всего месторождения, $C_{1ср.}, C_{2ср.}, \ldots, C_{n\,ср.}$—среднее содержание по отдельным выработкам или группам скважин, $V_1, V_2, \ldots, V_n$—объемы полезного ископаемого, тяготеющие к соответствующим выработкам или группам буровых скважин. Если уд. в. полезного ископаемого в различных объемах различен, то в ф-лу вводят и значение уд. в. (среднее гравиметрическое).

Подсчет запасов полезного ископаемого в месторождениях. Запасом месторождения называется количество заключающегося в нем полезного ископаемого. Это количество определяется обыкновенно весом полезного ископаемого или весом отдельных входящих в состав его компонентов, реже—объемом полезного ископаемого. Для подсчетов запасов полезного ископаемого в месторождении необходимо прежде всего знать с большей или меньшей степенью точности контуры месторождения. Последние определяются по выходам полезного ископаемого на поверхность и по точкам входа и выхода разведочных выработок в полезное ископаемое. Проводя через эти отдельные точки тем или иным способом поверхности, получают тело, с бо́льшим или меньшим приближением мо-

гущее быть принятым за действительное. Объем всякого полученного т. о. тела может быть всегда вычислен. Зная уд. в. полезного ископаемого, можно вычислить вес полезного ископаемого, заключающегося в данном объеме. Для подсчетов запасов существует несколько способов; главнейшие из них следующие: 1) способ среднего арифметического (или нормальный объемный способ); 2) способ мн-ков (или способ ближайших точек, способ ближайшего района, способ Болдырева); 3) способ тр-ков; 4) способ изолиний; 5) способ изогипс; 6) способ параллельных сечений. Выбор того или иного способа подсчета запасов зависит от характера месторождения, детальности Р. (густоты сети разведочных выработок), расположения и вида разведочных выработок и степени точности подсчета. Каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки.

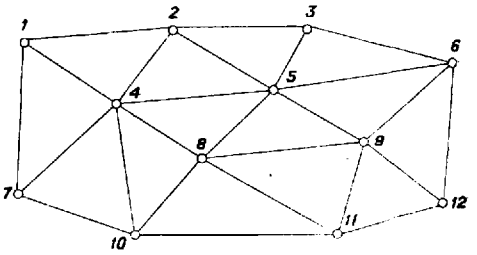
1) Способ среднего арифметического наиболее простой из всех остальных способов. Он состоит в следующем. На основании данных всех разведочных выработок, проведенных на данной площади месторождения, вычисляется средняя мощность месторождения, средний уд. в. полезного ископаемого и среднее содержание компонента. На основании полученных данных подсчитывается объем полезного ископаемого, его вес и вес компонента. При наличии нескольких компонентов подсчет для каждого из них производится отдельно. Этот способ может применяться для подсчетов, не требующих большой точности.



Фиг. 22.

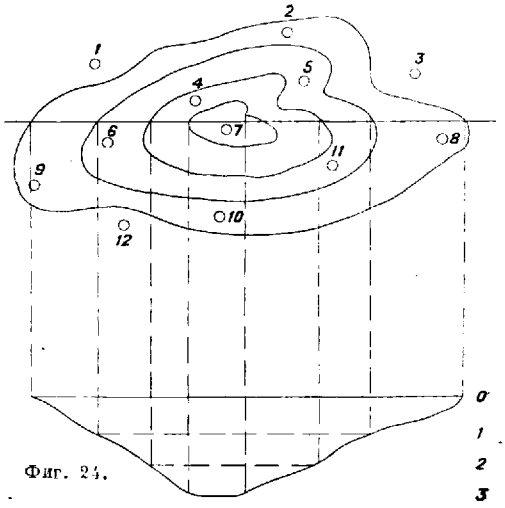
2) Способ многоугольников состоит в следующем. Весь объем полезного ископаемого разбивается на отдельные части по числу разведочных выработок так, чтобы к каждой из этих разведочных выработок отошла ближайшая к ней часть. При такой разбивке полезное ископаемое разделяется на призмы, верхними и нижними основаниями к-рых служат мн-ки. Разбивка всей площади на мн-ки на плане производится так (фиг. 22). Каждую разведочную выработку *1*, *2*, *3* и т. д. соединяют линиями с другими соседними с ней выработками. В серединах полученных линий восстанавливают к ним перпендикуляры, к-рые в пересечении между собой очерчивают вокруг данной разведочной выработки многоугольную площадь. Подсчитывают объем полезного ископаемого на площади каждого мн-ка, его вес и вес компонента. Суммируя полученные данные по отдельным мн-кам, получают общий объем полезного ископаемого по всей площади, его вес и вес компонента. При наличии нескольких компонентов подсчет для каждого из них производится отдельно. Этот способ применяется при неравномерном распределении на площади разведочных выработок, к тому же заданных в беспорядке, при значительном колебании мощностей, уд. в. и средних содержаний компонентов. Достоинства способа: он допускает разбивку площадей на мн-ки только одним способом, поэтому и подсчитанные цифры запасов могут иметь только одно значение. Недостатки: при большом количестве выработок построение довольно неудобно и сложно, и вычисление площадей мн-ков планиметром отнимает значительное количество времени.

3) Способ треугольников состоит в следующем. Точки входа в полезное ископаемое каждых трех ближайших разведочных выработок соединяются между собой прямыми линиями. Таким же образом соединяются точки выхода. Этим весь объем полезного ископаемого разбивается на косоугольные трехгранные призмы, верхними и нижними основаниями к-рых служат тр-ки, а боковыми ребрами—мощности в разведочных выработках. Мощность, уд. в. и содержание компонента и другие особенности каждой части—среднее из трех разведочных выработок, расположенных в вершинах тр-ков. Для подсчета на плане площадь разбивают на сеть тр-ков, в вершинах к-рых расположены разведочные выработки с таким расчетом, чтобы соединительные линии не пересекали друг друга и полученные тр-ки по форме более приближались к равносторонним (фиг. 23). Подсчет ведется аналогично подсчету по предыдущему способу. Этот способ применяется при равномерном распределении на площади разведочных выработок, к тому же заданных в определенном порядке, при сравнительно незначительном колебании мощностей, уд. веса и средних содержаний компонентов. Достоинства способа: простота построения и быстрота вычислений. Недостатки: разбивка площади на тр-ки м. б. произведена различными способами, приводящими в итоге подсчетов к различным результатам, причем полученные цифры запасов иногда значительно различаются между собой.



Фиг. 23.

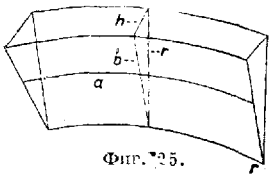
4) Способ изолиний заключается в следующем. На плане на основании данных разведочных выработок проводится ряд кривых линий через точки одинаковой мощности месторождения, т. н. изолинии (фиг. 24). Последние проводятся через равные интервалы (0,5; 1,0; 1,5 м и т. д.). В плане получается наглядная картина распределения мощностей в отдельных участках месторождения. На основании плана можно построить разрез по наиболее характерным линиям плана. Условно принимают какую-либо линию за нулевую мощность и от нее откладывают вниз или вверх отрезки, равные соответствующим мощностям. Плоскостями, параллельными между собой и проведенными через изолинии, все месторождение оказывается разделенным на ряд частей. Площадь каждого сечения может быть определена планиметром. Зная площади сечения и расстояния между ними, можно вычислить объем месторождения. Описанный способ применяется гл. обр. для подсчета запасов рудных пластообразных залежей и вообще для месторождений неправильной формы. Достоинства способа: наглядность распределения мощностей, содержания компонентов и т. д., что облегчает выбор промышленных участков месторождения. Недостатки этого способа при проведении изолинии вносится нередко элемент субъективности, и в зависимости от этого цифры подсчитанных запасов могут отличаться при разных подсчетах.



Фиг. 24.

5) Способ изогипс (линий равных абсолютных высот поверхности пласта) заключается в следующем. На плане на основании данных разведочных выработок проводится ряд кривых линий через точки пласта, имеющие равные абсолютные отметки (высоты). Последние проводятся через равные интервалы, как

и при способе изолиний. Для подсчета все месторождение делится на отдельные участки с одинаковыми падениями в каждом участке, что выражается на плане (фиг. 25) равным расстоянием между изогипсами (одинаковой их густотой). Площадь на плане этой части (в масштабе плана) $s=ar$, где a—длина средней линии между изогипсами, а r—среднее расстояние между изогипсами на поверхности пласта, равное $r=\sqrt{h^2+b^2}$, где h—отвесное расстояние между изогипсами, b—среднее расстояние между изогипсами в плане. Тогда $s=ar=a\sqrt{h^2+b^2}$. Величины a и b определяются на плане непосредственным измерением циркулем, h—данная или выбранная величина. Вычислив площадь, подсчитывают объем полезного ископаемого на каждом отдельном участке месторождения, его вес и вес компонента. Суммируя полученные данные по отдельным участкам, получают общий объем полезного ископаемого в месторождении, его вес и вес компонента. Достоинства способа: результаты получаются достаточно точные и условия залегания месторождения наглядные. Недостатки его: нек-рая сложность построения и измерения, отнимающая значительное количество времени.



Фиг. 25.

б) Способ параллельных сечений заключается в следующем (фиг. 26). Если разведочные выработки *1, 2, 3* и т. д. расположены в плоскостях, параллельных между собой, или весьма близко к ним, то этими плоскостями (сечениями) полезное ископаемое разделяется на отдельные участки. Площадь полезного ископаемого данного сечения равна сумме площадей отдельных трапеций, слагающих собой данное сечение. Площадь же каждой трапеции s_1 равна произведению полусуммы мощностей l_1, l_2 полезного ископаемого в двух соседних выработках на расстояние между ними r, т. е.

$$s_1=\frac{l_1+l_2}{2}\cdot r.$$

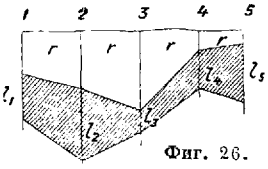
Объем $V_{1,2}$ полезного ископаемого между двумя сечениями равен произведению полусуммы площадей сечения на расстояние между ними R, т. е. $V=\frac{s_1+s_2}{2}\cdot R$; вес полезного ископаемого в данном объеме

$$q=Vd=\frac{s_1+s_2}{2}\cdot R\cdot d;$$

вес компонента

$$p=qc=\frac{s_1+s_2}{2}\cdot R\cdot dc$$

(c—%-ное содержание компонента). Суммируя данные по отдельным участкам, получаем общий объем полезного ископаемого на всей площади, его вес и вес компонента. Этот способ применяется для подсчета запасов месторождений различных форм, но при условии, что разведочные выработки расположены на них более или менее равномерно. Достоинства этого способа: простота построений и подсчетов, однозначность получаемых результатов, при построении разрезов месторождения по сечениям получается наглядное представление о распределении мощностей, содержании компонентов и т. д. Недостатки его: при значительных колебаниях данных в выработках по сечениям или при небольших расстояниях между сечениями сравнительно с расстояниями между выработками способ параллельных сечений может дать бо́льшие ошибки сравнительно с другими способами.



Фиг. 26.

Классификация запасов полезных ископаемых в месторождениях. Какими бы способами ни подсчитывались запасы полезного ископаемого в месторождениях, полученные результаты м. б. в различной степени достоверными и точными, в зависимости от большей или меньшей степени разведанности месторождения, от густоты и вида разведочных выработок, от формы месторождения и характера распределения отдельных компонентов и т. д. Поэтому мало только подсчитать запасы, надо еще и указать, насколько полученные данные достоверны и точны, насколько они близки к тем запасам, к-рые в действительности имеются в данном месторождении. Подсчитанные запасы по степени их достоверности и точности м. б. разделены на отдельные классы, группы, категории и т. п. Разделение запасов на классы по степени их достоверности и точности называется в разведочном деле классификацией запасов. Было предложено много различных классификаций, иногда построенных на разных принципах, иногда различающихся между собой только в деталях. До 1927 г. наиболее распространенной и общепринятой в СССР была классификация, по к-рой запасы полезного ископаемого по степени их вероятности делились на три категории: 1) действительные запасы (видимые, доказанные, определенные); 2) вероятные запасы (предположительные, предполагаемые); 3) возможные запасы. Эта классификация впервые была предложена Лондонским ин-том горного дела и металлургии. С 1927 г. у нас считается официально принятой классификация, предложенная б. Геологич. комитетом. (табл. 2). Несмотря на ряд недостатков, к-рые имеет эта классификация, все же введение ее ограничило субъективное толкование границ категории запасов.

Табл. 2.—Классификация б. Геологического комитета.

Группы	Назначение запасов	Характер и детальность фактич. материала
А (A_1)	Для точных эксплоатационных расчетов предприятий	Подготовленный к добыче запас для месторождений, не требующих подготовительных работ; детально разведанный и опробованный запас
А (A_2)	Для производственных планов, как фонд, оправдывающий возврат капитальных и производственных затрат	Запас в пределах объемного контура, определяемого выработками, скважинами и естественными выходами (иногда уточняемого геофизич. исследованиями), расположенными на таких расстояниях, что по характеру месторождений допускается интерполяция соседних данных
В	Для перспективных планов предприятий и планирующих органов	Запас в пределах объемного контура, определяемого выработками, скважинами, естественными выходами и геофизич. исследованиями, но с количеством данных, недостаточным для включения запаса в предыдущую (А) группу
С	Для общегосударственных соображений, геологоразведочных работ и геологич. выводов	Запас, установленный только на основании геологич. предпосылок, результатов геофизич. исследований и отдельных редких искусственных и естественных обнажений

Примечание 1. Запасы полезных ископаемых разного качества следует учитывать всегда отдельно согласно этой классификации (промышленные, непромышленные, пригодные, непригодные к эксплоатации, окисленные, сульфидные, разные по содержанию и пр.).

Примечание 2. Цифры запасов, приводимые без особых оговорок, всегда должны пониматься как относящиеся к полному подсчитанному объему без вычетов на потери при разработке и переработке.

Примечание 3. В исключительных случаях при подсчете запасов по месторождениям, по своему характеру не оправдывающим Р. запасов категории А в требуемом количестве, но удовлетворительно изученным для оценки запасов В, для обоснования производственных планов, наравне с запасом А, м. б. принята во внимание часть запасов В, причем этот запас не должен превышать произведения категории А на некоторый коэф., определямый в зависимости от типа месторождений.

Примечание 4. При подсчете запасов групп A_1 и A_2 необходимо приводить величину возможной ошибки подсчета (для A_1 допустима меньшая и для A_2 несколько бо́льшая).

Примечание 5. Месторождения, запасы которых не м. б. численно выражены, включаются в списки месторождений со словесной характеристикой запасов. Иногда м. б. даны цифровые выражения запасов на 1 *м* углубки или на единицу площади или же площадь распространения ископаемого, или же намечен порядок цифр запаса. Группа С м. б. подразделена на подгруппы C_1 и C_2.

Современное комбинированное хозяйство придает особую сложность разведочным работам, т. к. требует не изолированного изучения отдельных полезных ископаемых, а их совокупности, благодаря чему приобретают особое значение техно-экономич. анализ месторождения и возможности комплексной добычи и использования всей горной массы.

Лит.: Арсентьев А., Разведочное дело, 2 изд., М.—Л., 1931; Аничков А., Бурение на воду для питьевого и технич. водоснабжения, т. 1, Владикавказ, 1930; Багратуни Е., Инструкция по геолого-разведочной документации горных выработок и буровых скважин, М.—Л., 1931; Бокий Б., Практич. курс горного искусства, т. 1, М.—Л., 1929; его же, Практич. курс горного искусства, Горные работы, разведки и бурение, 4 изд., т. 2, вып. 1, М.—Л., 1931; Васильев И., Курс разведочного дела, Л., 1929; Глушков И., Руководство к бурению скважин, 2 изд., т. 1—3, М., 1924—25; Данав А., Опробование серных месторождений, М.—Л., 1931; Домарев В., Поиски и разведки полезных ископаемых, М.—Л., 1931; Кумпан С., Опробование месторождений каменного угля и горючих сланцев, М.—Л., 1931; Крейтер В., Дробовое бурение на станке сист. Крелиус типа АВ, Л., 1929; его же, Опробование буровых скважин при разведке рудных месторождений, М.—Л., 1931; Корзухин И., Горноразведочное дело, СПБ., 1908; его же, Месторождения и разведки полезных ископаемых, т. 2, ч. 1, СПБ, 1900; Ключанский Г. В., Алмазное бурение, Берлин, 1926; Мишарев Д., Опробование месторождений бокситов, М.—Л., 1931; Меркурьев Н., Опробование месторождений асбеста, М.—Л., 1931; Минеев А., Разведка золотых россыпей буром «Эмпайр», М., 1928; Парницкий А., Рациональное ведение разведочных буровых работ, М.—Л., 1931; Рязанов В. и Марков П., Разведочное дело, ч. 1, М., 1929; Протодьяконов М., Материалы для урочного положения горных работ, ч. 1 и 2, М., 1926; Сверчков П., К материалам по методике опробования графитовых месторождений, М.—Л., 1931; Трушков Н., Опробование рудных месторождений, М.—Л., 1931; его же, Экспертиза и оценка рудных месторождений, М., 1922; Успенский Н., Курс глубокого бурения ударным способом, 2 изд., М.—Л., 1924; Шахназаров А., Искривление скважин и роль аппаратов по определению кривизны скважины, М.—Л., 1930; Яковлев П., Инструкция по опробованию глин, М.—Л., 1931; его же, Материалы по методике опробования месторождений, Л., 1926; его же, Поиски и разведки рудных месторождений, Справочная книга по горному делу, пер. с англ., М.—Л., 1931; его же, Подсчет запасов твердых полезных ископаемых, Инструкция к классификации запасов твердых полезных ископаемых, М.—Л., 1931. **Н. Скаковский.**

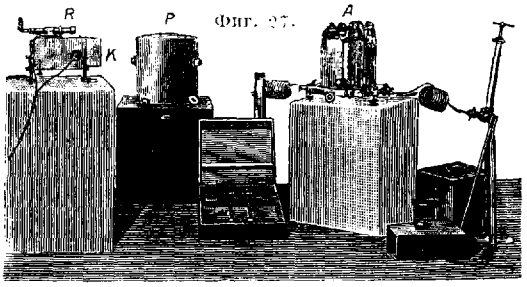
Р. геофизические — процесс изучения физич. явлений, связанных с строением верхних частей земной коры, имеющий целью обнаружение залегания полезного ископаемого или наличия геологич. условий, благоприятствующих его залеганию. С точки зрения физики полезное ископаемое или определенную геологич. структуру можно рассматривать как нек-рое нарушение однородности строения земной коры. Такая неоднородность либо вызывает появление вовне определенных силовых полей (поле тяжести, магнитное поле) либо влияет на характер протекания каких-либо физич. процессов, имеющих место в земной коре (протекание электрич. тока, распространение упругих колебаний и т. п.). Характер поля, его детали, особенности протекания физич. процесса определяются теми физич. параметрами, которые характеризуют вещество, участвующее в строении недр. Поэтому изучение этой группы физич. явлений может дать материал для суждений о геологич. структуре местности. Смотря по тому, какое физич. явление представляется непосредственным объектом исследования, различают методы: 1) гравиметрический, 2) магнитометрический, 3) сейсмический, 4) электрометрический, 5) радиометрический и др.

Гравиметрический метод Р. основан на изучении нарушений поля тяжести, обусловленных неоднородностью в распределении плотностей в недрах. Математич. теория метода основана на законе Ньютона: $f = k\frac{m_1 m_2}{r^2}$, где f—сила притяжения двух материальных точек с массами m_1 и m_2, r—расстояние между ними, k—постоянная тяготения, равная $6{,}7 \cdot 10^{-8}$. Для целей анализа рационально рассматривать не самый вектор f, а его составляющие по координатным осям. Обобщая ф-лу Ньютона на случай масс, распределенных внутри нек-рого объема V, можно для составляющих X, Y, Z напряжения поля, т. е. силы, действующей на единицу массы в точке с координатами x, y, z, написать выражения:

$$X = -\frac{\partial U}{\partial x},\quad Y = -\frac{\partial U}{\partial y},\quad Z = -\frac{\partial U}{\partial z};$$

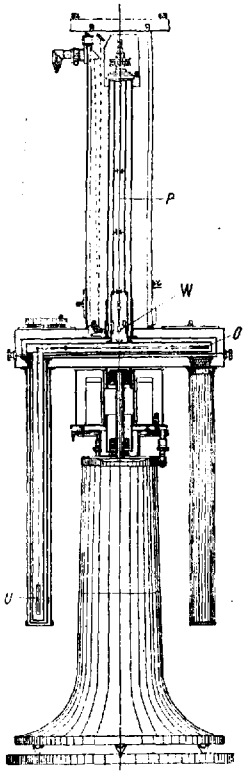
U—потенциальная функция, определяемая ф-лой: $U = k\int\frac{\delta\, dV}{r}$, где δ—плотность вещества внутри объема dV, r—расстояние, отделяющее этот объем от точки, для которой определяется напряжение; интегрирование распространено на весь объем V. Так как в выражения U или X, Y, Z и всякой иной ф-ии от этих величин входят элементы, определяющие объем V, то теоретически можно на основе изучения этих характеристик поля тяжести сделать заключение о размерах, форме и положении объема. Необходимо однако иметь в виду, что при решении подобной задачи в общем виде мы сталкиваемся с многозначностью ответа, и поэтому целесообразно при таком решении руководствоваться некоторыми гипотезами гл. обр. относительно формы тех объектов, ко-рые вызывают наблюдаемое распределение элементов поля тяжести. Под влиянием напряжения f единица массы, будучи предоставлена самой себе, получает ускорение g, в данном случае численно равное f, к-рое и может служить мерою этой силы. Поэтому изучение поля тяжести м. б. основано на изучении распределения g или каких-либо ф-ий этой величины. Большинство современных приборов, с которыми имеет дело гравиметрия, предназначено для измерения

именно величины g или ее ф-ий. Из этих приборов ниже описываются два: маятники и крутильные весы. Первый прибор предназначен для относительных определений g и основан на наблюдении периода колебаний одного и того же маятника в двух



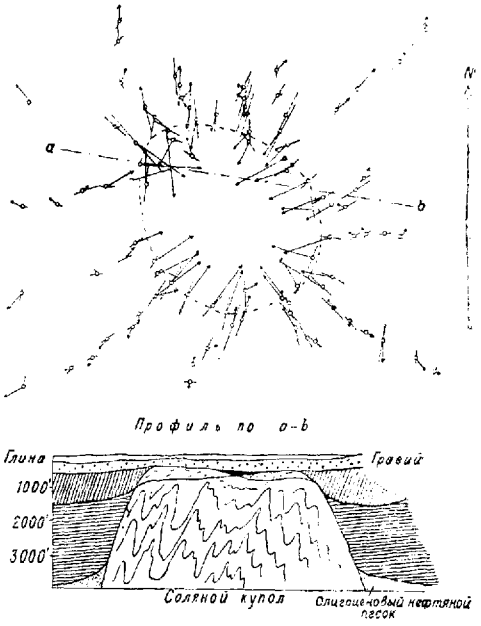
Фиг. 27.

пунктах. Для получения необходимой точности определения g точность определения периода д. б. весьма высокой—порядка $\pm 2 \cdot 10^{-7}$ ск. Для обеспечения такой степени точности Штюкратом разработана особая конструкция прибора и методика наблюдений. В приборе Штюкрата наблюдения ведутся по трем или четырем маятникам, совершающим колебания в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Определение периода колебаний маятника сводится к оценке величины разности продолжительностей полусекунды точного хронометра и одного качания маятника. Маятники A в приборе Штюкрата (фиг. 27) находятся под колпаком P (на фиг. 27 установка дана со снятым колпаком); наблюдения ведутся посредством трубы R а п п а р а т а с о в п а д е н и й K, к-рый устроен т. о., что на зеркало колеблющегося маятника попадает луч света из специального осветителя только в моменты удара хронометра. Крутильные весы и г р а в и т а ц и о н н ы й в а р и о м е т р Э т в е ш а позволяют измерять кроме ряда других величин производную $\frac{\partial s}{\partial g}$, где s—направление на поверхности уровня (см. *Гравиметрия*) наибольшего изменения g. Весы Этвеша в существенных чертах представляют собою легкое горизонтальн. коромысло, которое висит на тонкой нити. Оба конца коромысла нагружены небольшими грузами, из которых один в свою очередь подвешен к коромыслу на нити. Находясь в неоднородном поле тяготения, такая система получает некоторый момент вращения около нити подвеса, и по величине закручивания



Фиг. 28.

последней можно судить о характере этой неоднородности. Фиг. 28 дает разрез этого прибора: P—нить подвеса, W—коромысло, O и U—грузы. Вся система заключена в оболочку с тройными стенками для лучшей термич. изоляции. Обычно каждый прибор имеет два отдельных коромысла, повернутых по отношению друг к другу на 180°, что позволяет уменьшить продолжительность измерений на пункте. Измерения, проделанные вдоль пунктов некоторой прямой на местности или покрывающие в том или другом порядке исследуемую площадь, дают материал для построения профилей или карт, являющихся основой интерпретации гравитационной Р. Фиг. 29 дает представление о распределении градиентов $\frac{\partial g}{\partial s}$ в области одного из соляных куполов в Техасе. Длина стрелок соответствует величине $\frac{\partial g}{\partial s}$, их направление совпадает с s. Пунктирной линией намечена граница купола, определен-

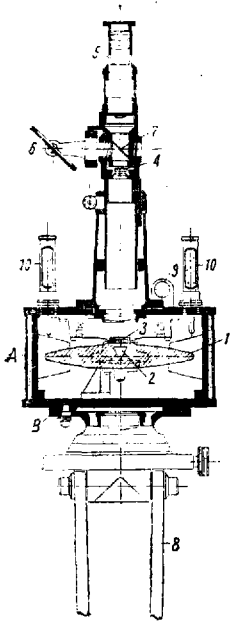


Фиг. 29.

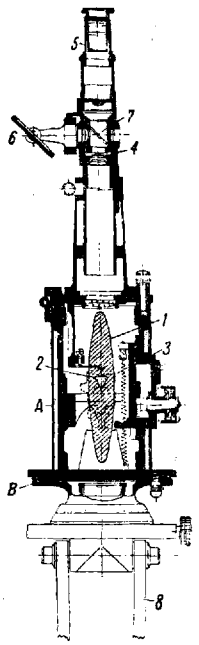
ная в результате гравиметрич. Р. В нижней части фигуры дан геологич. разрез, полученный в результате бурения.

М а г н и т о м е т р и ч е с к и й м е т о д р а з в е д к и основан на изучении магнитных полей, обусловленных присутствием в породах, слагающих земную кору, магнитных минералов. Основное назначение метода—разведка железнорудных районов. Математич. обоснование метода аналогично гравиметрическому, так как в основе учения о магнитных явлениях лежит закон Кулона, формально тожественный с приведенным выше законом Ньютона. В основе измерительной техники магнитометрич. Р. лежат принципы, разработанные в общем учении о земном магнетизме (см. *Земной магнетизм* и *Магнитометр*). Для измерений небольших нарушений магнитного поля А. Шмидтом разработан чрезвычайно портативный тип приборов, названных м а г н и т н ы м и в е с а м и, или л о к а л ь-в а р и о м е т р а-

ми. Они предназначаются для измерения вертикальных и горизонтальных слагающих. Эти весы (фиг. 30 и 31) в основном состоят из магнита *1*, могущего вращаться около горизонтальной оси *2*; магнит надлежащим перемещением ц. т. приводится приблизительно в горизонтальное положение для вертикального вариометра (фиг. 30) или в вертикальное—для горизонтального (фиг. 31). Всякое изменение составляющих магнитного поля вызовет изменение положения равновесия магнита, и по величине этого изменения можно судить о величине изменения измеряемого элемента земного магнетизма. Определение перемещения положения равновесия делается путем оценки смещения отражения от зеркала *3*, скрепленного с магнитом, шкалы *4*, находящейся внутри трубы *5* для отсчетов. Для освещения шкалы применено зеркальце *6*, отбрасывающее луч

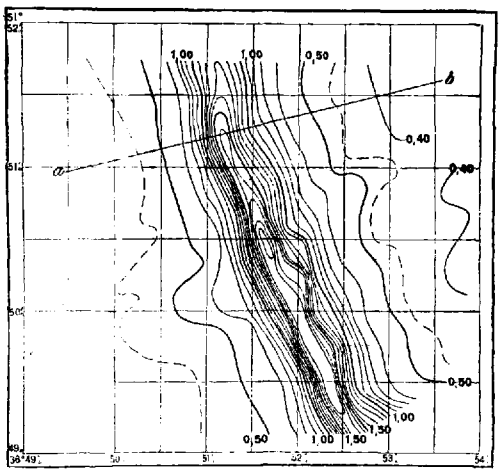


Фиг. 30.



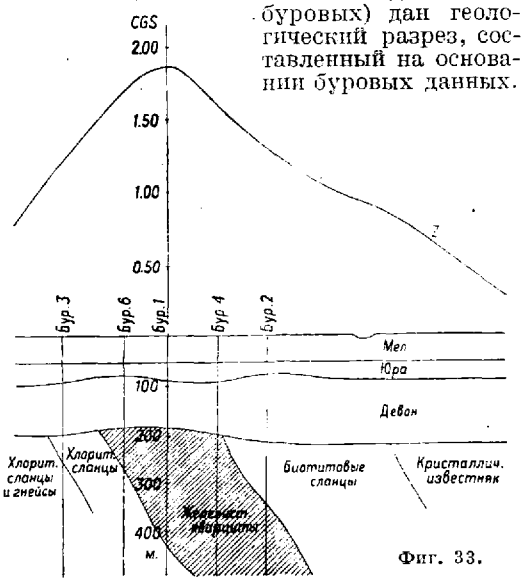
Фиг. 31.

света на наклонную стеклянную пластинку *7*. Магнит *1* находится внутри камеры *A*. При наблюдении прибор ставится на тарелку *B* треноги *8*. Для нивелировки употребляется уровень *9*. Отсчеты $t°$ делаются по термометрам *10*. Результаты измерений элементов магнитного поля наносятся на план, на к-ром проводятся затем линии равных значений этого элемента. Анализ таких магнитных карт (см. *Земной магнетизм*) позволяет составить общее представление о распределении пертурбирующих масс. Для более детальных расчетов элементов их залегания целесообразно пользоваться магнитными профилями, представляющими собой графич. изображение распределения магнитного элемента вдоль нек-рой выбранной на местности прямой. Общий характер анализа магнитной съемки таков же, как и анализ гравиметрич. наблюдений, что обусловлено отмеченным выше формальным тожеством основных положений математич. теории обоих полей. Нек-рые усложнения в расчеты вносит двойственность знака магнитных масс. Предварительная обработка магнитных наблюдений требует учета



Фиг. 32.

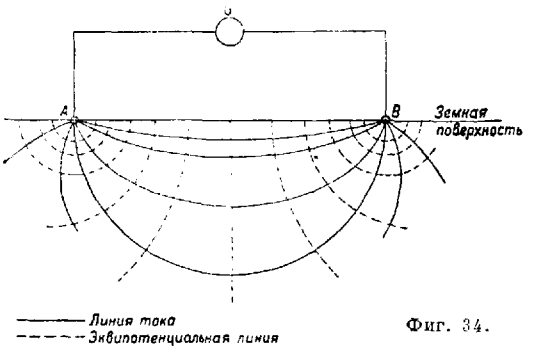
временных вариаций геомагнитных элементов, налагающихся на результаты измерений. При съемке небольших *магнитных аномалий* (см.), обычно имеющей целью выяснение тектоники района, правильное исключение вариаций представляется задачей весьма важной. Для этой цели пользуются записями магнитографов ближайшей к месту наблюдений магнитной *обсерватории* (см.) или устанавливают специальную магнитную станцию, регистрирующую эти вариации. Фиг. 32 дает представление о картине распределения вертикальной составляющей Z в Щигровском районе северной полосы Курской магнитной аномалии. По этой карте можно заключить, что массы, вызывающие аномалию, имеют простирание с Ю.-В. на С.-З. На фиг. 33 дан профиль для линии ab карты. Под кривой Z (ход вертикальной составляющей магнитного поля вдоль линии буровых) дан геологический разрез, составленный на основании буровых данных.



Фиг. 33.

Электрометрический метод Р. Если под земной поверхностью течет электрич. ток, то на распределении токовых ли-

ний отразится распределение материала различной электропроводности. Изучение распределения тока или явлений, им обусловливаемых у поверхности земли, и дает тот материал, с которым имеет дело электроразведка. Причины существования тока в недрах м. б. различны. С одной стороны, наличие химич. процессов на глубине может создавать разность потенциалов между двумя областями под земной поверхностью, что вызовет появление естественных токов. С другой стороны, можно создавать в недрах ток искусственно—путем соединения с почвой зажимов генератора тока. Т. к. применение искусственно вызванных токов значительно увеличивает возможности метода, то в наст. время почти исключительно применяют только те модификации электроразведки, к-рые имеют дело с этими искусственными токами. Распределение токовых линий под поверхностью земли (фиг. 34) в том случае, когда в точках A и B приложена нек-рая разность потенциалов путем соединения этих точек с зажимами источни-



Фиг. 34.

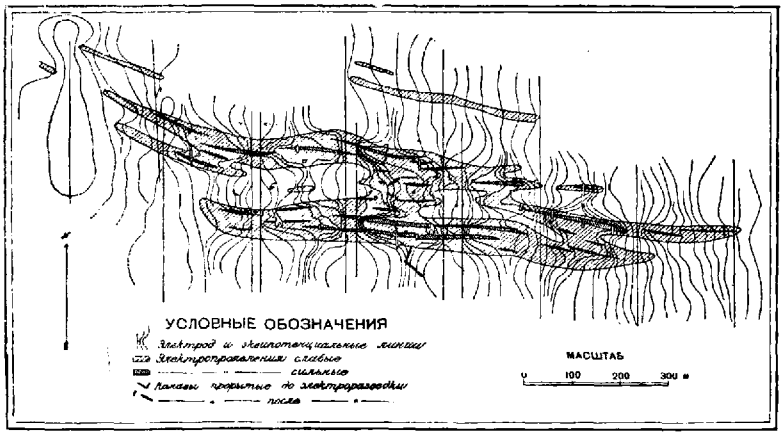
ка тока G, позволяет заключить, что между отдельными точками почвы вообще будет существовать некоторое падение потенциала. Однако среди этого многообразия точек можно выделить и такие, к-рые имеют одинаковый потенциал. Геометрическое место их представляет собою поверхность, называемую эквипотенциальной поверхностью. Объектом нашего изучения могут явиться лишь пересечения этих поверхностей с плоскостью горизонта. Математич. теория явления приводит к заключению, что токовые линии являются ортогональными траекториями поверхностей равного потенциала, поэтому всякая деформация токовых линий, обусловленная неоднородностью строения недр, выразится деформацией эквипотенциальных поверхностей, а следовательно и линий их пересечения с земной поверхностью. Кроме того всякий электрич. ток создает во внешнем пространстве магнитное поле, и поэтому изменения в распределении тока в недрах вызовут изменения в магнитном поле, наблюдаемом у поверхности земли. Все модификации методов электроразведки основаны на изучении этих основных явлений. Технич. оформление соединения генератора тока с почвой осуществляется путем устройства специальных заземлений, металлич. кольев, провода, лопат и т. д. Наиболее простой формой таких «задающих» электродов является тип, предложенный Шлюмберже, состоящий из системы металлич. стержней, расположенных настолько близко друг к другу в каждом заземлении по сравнению с расстоянием между обоими электродами, что практически можно говорить о двух точечных заземлениях. Нормальное поле таких электродов, с которым сравнивается экспериментальный материал, вычисляется по ф-ле:

$$U=\frac{I}{2\pi\sigma}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right),$$

где U—искомый потенциал, r_1 и r_2—расстояния точки до обоих электродов, I—сила тока, текущего в питающей цепи, σ—коэф. электропроводности, принимаемый для расчета нормального поля постоянным. Нормальное поле Шлюмберже изображается системой кривых линий, на к-рых сравнительно трудно отметить незначительные деформации, вызванные неоднородностью строения почвы. Поэтому Лундбергом была предложена иная система задающих электродов, представляющая собою два параллельных лишенных изоляции линейных проводника, зарываемых в землю. Нормальное поле электродов Лундберга на пространстве между электродами представляется системой параллельных прямых, что облегчает констатирование деформаций эквипотенциальных линий. Недостаток этих электродов—их громоздкость и невозможность сохранения постоянства переходных сопротивлений вдоль всего провода. Практически более удобный тип электродов предложен Петровским. Эта система заземлений, так наз. пунктирная, заключается в устройстве отдельных металлич. электродов (обычно лопат), расположенных вдоль двух параллельных прямых. Каждый из этих двух рядов заземлений соединяется с зажимами источника тока. Нормальное поле электродов Петровского в средней своей части изображается подобно полю Лундберга тоже параллельными прямыми. Применение переменного тока позволило создавать в почве электрич. ток и без устройства заземлений благодаря индуктивной и емкостной связи между цепью, питаемой генератором, и почвой.

Процессы изучения явления протекания тока в недрах м. б. сведены к сравнительно небольшой группе основных способов. Веннер указал метод измерения среднего значения сопротивления свиты пород, пронизываемых током, путем определения разности потенциалов между точками, равноотстоящими друг от друга и от обоих точечных задающих электродов. Этот метод был развит Шлюмберже. Несколько отличные модификации способа были разработаны Кенигсбергером. Наиболее распространенным и наиболее простым способом является способ эквипотенциальных линий. Измерительная цепь в этом методе состоит из электродов-зондов, замкнутых на гальванометр при работе с постоянным током или телефон при переменном токе. Установив неподвижно один из электродов измерительной цепи, вторым электродом ищут такую точку на поверхности земли, чтобы индикатор тока не обнаружил его присутствия. Отметив эту точку колышком, таким же порядком находим следующую и т. д. Затем все отмеченные пункты снимают на планшет и по ним проводят кривую, к-рая и будет искомой эквипотенциальной линией. Для построения дру-

гой эквипотенциальной кривой переносят оба электрода измерительной цепи. Для иллюстрации приведена съемка Кристенбергского рудного района, произведенная Лундбергом, с системой эквипотенциальных линий и областями пониженного удельного сопротивления (фиг. 35). При работе с переменным током электродами-зондами могут служить простые металлич. стержни; при постоянном токе для уничтожения влияния поляризации строят специальные неполяризующиеся электроды, состоящие из пористого сосуда, содержащего насыщенный раствор соли того металла, из к-рого изготовлен электрод, погруженный в этот раствор,



Фиг. 35.

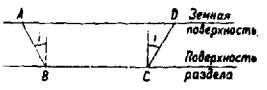
или компенсируют эдс поляризации с помощью небольшого источника тока, включенного в измерительную цепь. Измерительная установка, предназначенная для изучения магнитного поля, создаваемого переменным током, основана на использовании явления индукции. Эта установка состоит из рамки круговой, квадратной и какой-либо иной формы площади от 0,25 $м^2$ и больше, по периферии которой навито до 1 000 витков провода. Такая рамка устанавливается на треноге и может вращаться около двух или трех взаимно перпендикулярных осей. Для определения положения рамки имеются специальные лимбы. Создаваемое переменным током переменное магнитное поле индуцирует на зажимах такой рамки переменную же электродвижущую силу. Измеряя ее (обычно с помощью катодного вольтметра) при различных ориентировках рамки, можно оценить значения любых составляющих этого магнитного поля. Проделав также измерения вдоль ряда линий, проложенных на исследуемом участке, сравнивают наблюденное распределение с нормальным, получаемым либо теоретически либо путем измерений на заведомо не содержащем включений участке. Работа с переменным током позволяет в значительной степени повысить точность определений при использовании хорошо разработанных в настоящее время электронных усилительных устройств. Однако индуктивные связи между отдельными токовыми линиями в почве, между питающей и измерительной цепью, наличие емкостных связей и т. д. обусловливают большую сложность явления, анализ которого становится чрезвычайно громоздким, что вызвало к жизни и новые модификации электроразведки, основанные на изучении распределения сдвига фаз.

В области сравнительно высоких (порядка звуковых) частот переменного тока можно отметить методику, разработанную американ. компанией «Радиор», применяющей в качестве индуцирующей цепи рамку, подобную рамке измерительной установки, но несколько бо́льших размеров. Обмотка этой рамки входит в колебательный контур *лампового генератора* (см.). Конденсатор настройки позволяет получать частоты в довольно большом диапазоне. Область применения этого метода—главным образом районы россыпных месторождений.

Наконец применение радиочастот выдвигает еще целый ряд способов электроразведки, основанных на изучении распространения электромагнитных волн в недрах. Абсорбционный способ имеет дело с исследованием поглощения волн материалом различной проводимости. Т. н. методы половины и четверти длины волны основаны на изучении явления отражения электромагнитной энергии от поверхности проводника, и возникающей в связи с этим отражением интерференцией волн, непосредственно идущих от передающего устройства и отраженных. В методе четверти длины волны это наложение прямых колебаний на отраженные сказывается на режиме работы самого генератора. Радиотехнич. методы в настоящее время находятся еще в стадии изучения, и их практич. применение ограничивается небольшим рядом опытных исследований.

Сейсмометрический метод разведки основан на изучении скоростей распространения упругих колебаний в толще пород, слагающих исследуемую местность. Методика изучения, предложенная Минтропом, заключается в общих чертах в следующем: от источника колебаний (обычно им служит искусственно созданный взрыв) радиально отправляются упругие волны; в силу этого колебательный процесс захватит и нижележащие слои, в к-рых он будет распространяться вообще с иной скоростью, чем в покрывающих породах. Т. к. по принципу Гюйгенса каждая точка, пришедшая в колебательное движение, сама становится источником колебаний, то при больших скоростях распространения упругих волн на глубине первые импульсы, пришедшие к регистрирующему движения частиц почвы прибору, сейсмографу, м. б. обязаны воздействию этих быстро распространившихся в нижеследующих слоях радиаций. Математич. теория этого явления приводит в случае плоской границы раздела к заключению, что путь, по которому первыми приходят к регистрирующему прибору упругие волны, образует ломаную линию *ABCD* (фиг. 36), у к-рой угол *i* между нормалью к слою и на-

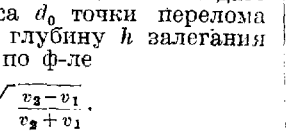
правлением луча в покрывающих породах удовлетворяет соотношению: $\sin i = \frac{v_1}{v_2}$, где v_1 и v_2—скорости распространения упругих колебаний в покрывающем и подстилающем слоях. Изображая графически зависимость между временами t, протекшими от момента взрыва до момента первого вступления радиаций к сейсмографу, и расстояниями d, отделяющими его от места взрыва, получают график, называемый кривой времени пробега, или годографом (фиг. 37). Для случая одной горизонтальной поверхности раздела годограф изобразится системой двух прямых. Один отрезок, идущий из начала координат, изображает закон изменения t в зависимости от d при небольших расстояниях сейсмографа от взрыва, когда первые импульсы приносятся к сейсмографу волнами, распространяющимися в верхнем слое. Поэтому угловой коэф. этого участка годографа позволяет определить величину v_1. Вторая часть годографа соответствует первым вступлениям радиаций, распространяется частично в нижележащем слое и дает величину v_2. Абсцисса d_0 точки перелома позволяет вычислить глубину h залегания поверхности раздела по ф-ле



Фиг. 36.

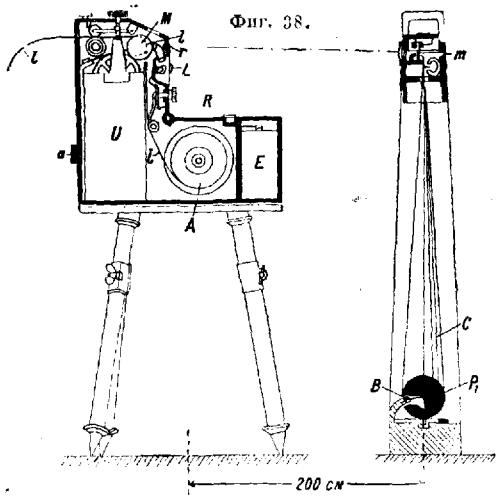
$$h = \frac{d_0}{2}\sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}}.$$

В случае наклонной границы необходим еще ряд наблюдений, проделанных в противоположном направлении с первым. Аналогичный анализ годографов позволяет определить кроме глубины залегания поверхности раздела под сейсмографом еще и величину угла падения ее. Областью применения сейсморазведки является гл. обр. изучение геологической структуры. Успешное применение сейсморазведки стало возможным после того, как была разработана достаточно портативная и чувствительная аппаратура. Наиболее распространенным типом современных походных сейсмографов является модель, построенная Швейдаром, в основу конструкции к-рой положен тип, предложенный Минтропом (фиг. 38). Груз P_1, висящий на плоской горизонтальной пружине B, приходит под влиянием вертикальных смещений почвы в движение по отношению к подставке прибора. Эти движения конусом C из алюминия и системой рычагов в верхней его части передаются зеркальцу m. К вершине конуса прикреплена пластинка, касающаяся оси зеркальца. При движении груза, а следовательно и конуса, пластинка благодаря трению заставляет поворачиваться ось зеркальца. Колебания зеркальца записываются фотографически на ленте регистрирующего прибора R, где A—катушка светочувствительной ленты, L — лампочка накаливания, E—элемент к ней, l—лента, r — цилиндрич. призма, M — маятник для отметки моментов времени, U — часовой механизм, a—арретир, K—кнопка для пуска ленты. Модель Швейдара отличается от сейсмографа Минтропа наличием второго маятника, записывающего горизонтальные колебания, и способом связи вершины конуса с зеркальцем. Здесь эта связь осуществлена посредством волоска, навернутого на ось зеркальца. В настоящее время ведутся работы в области конструирования аппаратуры, регистрирующей не самые перемещения частиц почвы, а скорости или ускорения этих частиц, что открывает большие возможности в области получения весьма значительных увеличений (увеличения приборов Швейдара порядка 15 000).



Фиг. 37.

Радиометрические методы Р. опираются на изучение явлений ионизации газа в присутствии радиоактивных веществ.



Фиг. 38.

Методика исследования этого явления в основном общая с методами электрометеорологии и радиологии и заключается в наблюдении скорости стекания электрич. заряда с проводника. Наблюдениями покрывается вся исследуемая местность, что дает возможность построить систему кривых, соединяющих точки с одинаковой степенью ионизации, изорад, ограничивающих области с повышенной ионизацией. Область применения метода ограничивается гл. обр. поисками радиоактивных руд и вод.

Назначением термических методов исследования является изучение вопросов теплопередачи и теплообразования в толще земной коры, связанных с присутствием в ней полезных ископаемых, являющихся в силу химич. или каких-либо иных явлений причиной этого теплообразования. Применение термич. исследований требует наличия буровых скважин и обычно преследует какие-либо специальные цели.

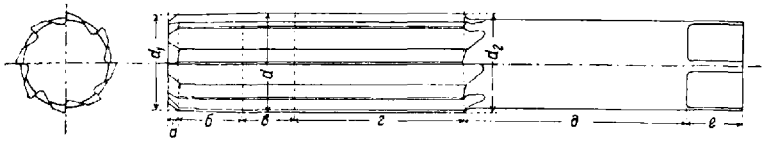
Применение геофизич. методов Р. м. б. либо непосредственным, когда изучаемое явление вызвано самим объектом поисков, либо косвенным, когда исследуемое физич. явление обусловлено присутствием минералов или пород, сопутствующих искомому полезному ископаемому или принимающих участие в образовании тех геологич. структур, к-рые благоприятствуют его залеганию. В первом случае геофизич. Р. может дать

вполне определенные указания на существование или отсутствие известного ископаемого, во втором—она может указать области, неблагоприятные его залеганию, или области, где присутствие данного ископаемого только возможно.

Лит.: Лепешинский Ю. Н. и Мурашов Д. Ф., Электроразведка полезных ископаемых по методу эквипотенциальных линий, «Материалы по общей и прикладной геологии», Л., 1929, вып. 138; Бурсиан В. Р. и др., Физич. и экспериментальные основания метода эквипотенциальных линий, там же, Л., 1929, вып. 137; Лазарев П. П., Исследования по практич. сейсмографии, «Журнал прикладной физики», М.—Л., 1926, т. 3, вып. 2, 3—4; Заборовский А. И., К теории кривых времен пробега, там же, 1926, т. 3, вып. 3—4; его же, Определение элементов бесконечно длинной намагниченной призмы по магнитным измерениям, произведенным на земной поверхности, там же, 1926, т. 3, вып. 2; Гамбурцев Г. А., О гравитационно-сейсмическом способе горной разведки, там же, 1930, т. 7, вып. 5; его же, Об одном способе определения расположения подземных масс на основании магнитных и гравитационных наблюдений, там же, 1930, т. 7, вып. 2; его же, Определение избытка или дефекта подземных масс на основании магнитных и гравитационных наблюдений, там же, 1930, т. 7, вып. 5; «Известия ин-та прикладной геофизики при ВСНХ СССР», М.; «Труды особой комиссии по исследованию курских магнитных аномалий при президиуме ВСНХ», М.; «Handbuch d. Experimentalphysik», hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 25, T. 2, Angewandte Geophysik, Lpz., 1930.

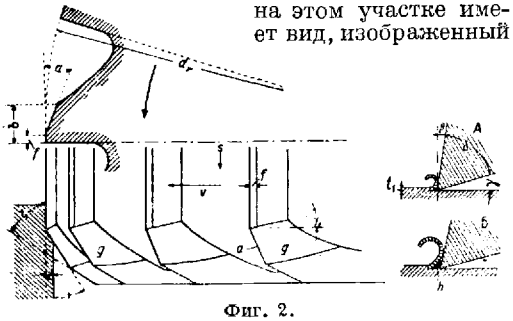
А. Заборовский.

РАЗВЕРТКА, многорезцовый режущий инструмент с вращательным движением резания и осевым движением подачи, служащий для окончательной отделки предварительно просверленных или расточенных круглых отверстий в металлах. Р. представляет собой цилиндрич. стержень (фиг. 1),



Фиг. 1.

снабженный на одной части своей длины—рабочей части *а-г*—продольными канавками; другая часть—стержень *д-е*—остается гладкой и иногда снабжается квадратом *е* или конич. хвостом для захвата Р. во время работы. Рабочая часть Р. состоит из следующих отделов: короткая передняя конич. часть *а*, режущая или приемная—(прием) *б*, направляющая цилиндрич. часть *в* и задняя рабочая, слегка коническая назад, часть *г*. Работа резания совершается лишь в части *б*, причем лезвие на этом участке имеет вид, изображенный



Фиг. 2.

на фиг. 2. Р., вращаемая с окружной скоростью резания v *м/мин* и перемещаемая одновременно в осевом направлении со скоростью подачи s *мм*/оборот или s_1 *мм/мин*, снимает каждым зубом стружку площадью $\frac{ts}{n}$ или $\frac{s_1 t\pi d}{1000vn}$, где t—толщина снимаемого Р. слоя металла, $d=\frac{d_1+d_r}{2}$ — средний диам. резания (d_1—диам. развертываемого отверстия, d_r—диам. Р.), n—число зубцов. Режущей кромкой является кромка a. Толщина снимаемой каждым зубцом стружки в плоскости, перпендикулярной ребру a, равна

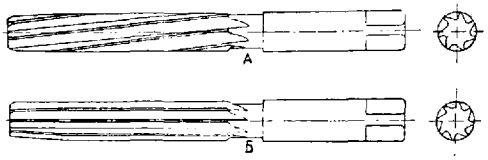
$$t_1=\frac{s\sin\varepsilon}{n}.$$

Взяв сечение зуба плоскостью, перпендикулярной его режущей кромке (фиг. 2,А), получим следующие фактич. значения углов резания: задней заточки γ—и переднего β в ф-ии углов, замеряемых реально на инструменте: угла задней заточки (фиктивного) γ_1, угла наклона спирали β_1 (положительные значения β_1 при правой спирали у режущего по часовой стрелке инструмента) и угла наклона приемной части ε:

$$\operatorname{tg}\gamma=\frac{\sin 2\varepsilon\cdot\operatorname{tg}\gamma_1\cdot\operatorname{tg}\varepsilon}{\cos\varepsilon(2\operatorname{tg}\varepsilon-\sin 2\varepsilon\operatorname{tg}\gamma_1\operatorname{tg}\beta_1)};$$

$$\operatorname{tg}\beta=\sin\varepsilon\cdot\operatorname{tg}\beta_1;\ \delta=90^\circ-(\gamma+\beta).$$

Эти ф-лы выведены в предположении радиального положения груди зуба в поперечном сечении Р. (обычная форма Р.). Явление резания в виду малого или зачастую отрицательного значения угла β протекает не вполне нормально, а именно у вершины лезвия скопляется небольшой гребень h (фиг. 2,Б) из мелких стружек, к-рый играет роль клина, вдвигаемого грудью резца в обрабатываемый материал. В соответствии с описанным способом работы Р. стоит и способ ее заточки. Рабочая фаска g затачивается под углом задней заточки требуемой величины. В следующей направляющей части зубья Р. снабжаются цилиндрич. фасками f, препятствующими этой части Р. снимать стружку; помимо направления здесь совершается выравнивание и до известной степени уплотнение поверхности обрабатываемого материала. Для уменьшения трения фаску делают незначительной ширины, а



Фиг. 3.

остальной затылок зуба шириной b делают покатым назад под углом α. Глубина канавок в виду малого объема снимаемых стружек особого значения не имеет. Р. делают как со спиральными (фиг. 3,А), так и с прямыми зубцами (фиг. 3,Б). Спираль всегда делается с обратным подъемом относительно направления вращения инструмента, т. е. у Р., работающей по часовой стрелке (если смотреть на нее сзади), спираль делают левой, при обратном направлении движения—правой. При обратном соотношении наклон зубьев будет втягивать Р. в обрабатываемое отверстие, результатом чего у ручной Р. явится затрудненное резание и частое заедание Р., а у машинной—вытаскивание ее из конуса машинного шпинделя и порча как

Табл. 1.—Разбивка зубьев разверток с n зубьями при фрезеровании в универсальной делительной головке.

№ зуба	$n = 6$			$n = 8$			$n = 10$			$n = 12$			$n = 14$			$n = 16$			$n = 18$			$n = 20$			$n = 22$		
	Угол между зубьями	Число оборотов	Число дыр	Угол между зубьями	Число оборотов	Число дыр	Угол между зубьями	Число оборотов	Число дыр	Угол между зубьями	Число оборотов	Число дыр	Угол между зубьями	Число оборотов	Число дыр	Угол между зубьями	Число оборотов	Число дыр	Угол между зубьями	Число оборотов	Число дыр	Угол между зубьями	Число оборотов	Число дыр	Угол между зубьями	Число оборотов	Число дыр
1	58°2′	6	22	42°	4	32	33°	3	34	27°30′	3	3	23°30′	2	30	20°30′	2	14	17°20′	1	25	15°	1	18	13°	1	12
2	59°53′	6	32	44°	4	44	34°30′	3	41	28°30′	3	8	24°15′	2	34	21°	2	17	18°	2	0	15°40′	1	20	13°40′	1	14
3	62°5′	6	44	46°	5	6	36°	4	0	29°30′	3	14	25°	2	38	21°30′	2	20	18°40′	2	2	16°20′	1	22	14°20′	1	16
4				48°	5	16	37°30′	4	8	30°30′	3	19	25°45′	2	43	22°15′	2	23	19°20′	2	4	17°	1	24	15°	1	18
5							39°	4	15	31°30′	3	24	26°30′	2	46	22°45′	2	26	20°	2	6	17°40′	1	26	15°40′	1	20
6										32°30′	3	30	27°	3	0	23°15′	2	29	20°40′	2	8	18°20′	2	1	16°20′	1	22
7													28°	3	5	24°	2	32	21°20′	2	10	19°	2	3	17°	1	24
8																24°45′	2	35	22°	2	12	19°40′	2	5	17°40′	1	26
9																			22°40′	2	14	20°20′	2	7	18°20′	2	1
10																						21°	2	9	19°	2	3
11																									20°	2	6

последнего, так и хвоста Р. Опытами Райса и Риггса установлено, что спиральные Р. требуют большей силы для своего вращения и подачи, не давая притом никаких плюсов, поэтому в настоящее время их применяют лишь в тех случаях, когда обрабатываемое отверстие имеет канавки или прошилы по образующим, в которые попадали бы зубья прямозубой Р. Угол подъема спирали д. б. достаточным, чтобы начало и конец одного зуба лежали на достаточной длине по обеим сторонам канавки; этому условию удовлетворяет угол β_1, определяемый из формулы

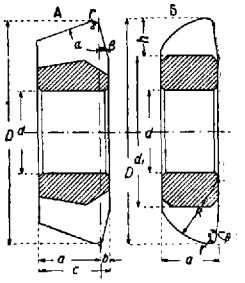
$$\operatorname{tg}\beta_1 > \frac{2m}{l},$$

где m—ширина канавки, l—длина отверстия.

При развертывании зачастую наблюдается образование на стенках отверстий ряда продольных рубцов, следствием чего является браковка готового изделия. Причина возникновения этих неровностей заключается в неравномерном изменении нагрузки на каждый отдельный зубец; вследствие этого изменяется распределение радиальных усилий на каждый зубец, и как следствие в каждый момент имеется некоторая общая радиальная составляющая P (фиг. 4) этих усилий, изменяющаяся во времени и прижимающая к обрабатываемой поверхности то тот то другой зубец. В результате этого на одной стороне отверстия получится ряд углублений, а на другой стороне ряд соответствующих выступов, как это преувеличенно изображено на фиг. 4. При повороте на $\frac{1}{n}$ оборота все зубья (при одинаковом шаге) снова займут те же положения и т. о. как углубления, так и выступы не будут сглажены при дальнейшей работе. Для избежания этого нежелательного явления имеется лишь один надежный способ: неравномерное распределение зубьев по окружности Р.; при этом после $\frac{1}{n}$ оборота каждый зуб попадает на другое место, в результате чего возникшие было углубления и выступы будут сейчас же заглажены. Для удобства измерения при этом необходимо, чтобы два зуба всегда лежали один против другого.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

Для достижения этого число зубьев делают всегда четным, и неравномерное деление проводят лишь на половине окружности, повторяя его в точности на второй половине. Выше приведена табл. 1, облегчающая нарезание канавок на фрезерном станке в универсальной делительной головке (червячное колесо на шпинделе с 40 зубцами, делительные диски: для Р. с 6—16 зубьями—ряд с 49 дырами, для Р. с 18—22 зубьями—ряд с 27 дырами); в каждой графе указан как приблизительный угол между двумя зубьями, так и число полных оборотов рукоятки и пропускаемых дыр на делительном диске.

Применявшиеся ранее средства для уничтожения образования рубцов—винтовые канавки и нечетное число зубьев—не уничтожают и, как понятно из вышесказанного, не могут уничтожить этого недостатка. Форма канавок не оказывает заметного влияния на работу Р. Поэтому у мелких Р. (до 25—30 *мм* диам.) канавки вынимаются угловыми фрезерами с углом у вершины 80—85°, и лишь у крупных применяют фасонные фрезеры с криволинейным очертанием зубьев; впрочем нек-рые фирмы изготовляют все размеры Р. до 75 *мм* включительно при помощи угловых фрезеров, с другой стороны, иногда для Р. малого размера применяют фасонные фрезеры. В табл. 2 даны размеры фрезеров для Р.

(фиг. 2, *f*) обыкновенно делается следующих размеров:

Диам. развертки, *мм*	3—7	7—16	16—40	40—100	>100
Ширина фаски, *мм*	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30

Число зубьев меняется в зависимости от диаметра и конструкции Р., оно приведено ниже при описании различных типов Р.

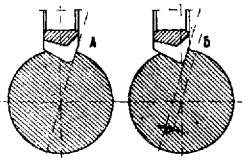
Форма приемной части имеет весьма существенное значение. Наиболее выгодной является округлая форма по фиг. 7,А; единственным ее недостатком является трудность изготовления и последующей заточки, т. к. для этого необходимо наличие особого приспособления. Размеры радиуса закругления берут следующие:

Диаметр развертки, *мм* . .	3—5	5—8	8—14	>14
Радиус закругления, *мм* . .	1,0	1,5	2,0	2,5

Табл. 2.—Размеры фрезеров (в *мм*) для нарезания канавок разверток.

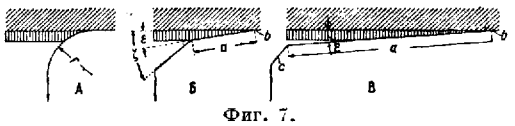
Диам. развертки в *мм*	Фрезер типа А (фиг. 5)								Фрезер типа Б (фиг. 5)							
	D	*d*	*α*	*β*	*a*	*b*	*c*	*r*	*D*	*d*	d_1	*β*	*a*	*R*	*r*	*h*
3—5	45	19	50°	30°	3,2	1,8	5	0,2	45	19	34	6°	5	4,1	0,4	5,5
5—8	50	19	50°	30°	3,9	2,1	6	0,4	48	19	35	6°	6,5	5,1	0,6	6,5
8—11	50	19	50°	30°	5,2	2,8	8	0,6	50	19	36	6°	8	6,1	0,8	7,0
11—15	55	22	50°	30°	6,5	3,5	10	0,8	50	19	35	6°	9	6,8	1,0	7,5
15—20	55	22	50°	30°	7,7	3,3	11	1,0	50	19	35	6°	10,5	7,6	1,0	7,5
20—25	55	22	55°	30°	9,1	3,9	13	1,2	55	22	39	6°	11,5	8,5	1,2	8,0
25—32	60	22	55°	30°	10,1	4,4	14,5	1,5	55	22	38	6°	12,5	9,3	1,4	8,5
32—40	60	22	55°	30°	11,2	4,8	16	1,8	60	22	42	5°	14	10,3	1,4	9,0
40—50	60	22	70°	15°	16,7	2,3	19	2,5	60	22	40	5°	15	11,2	1,6	10,0
50—62	65	22	70°	15°	19,4	2,6	22	3,0	60	22	38	5°	16,5	12,1	1,6	11,0
62—75	65	22	70°	15°	22,0	3,0	25	3,5	65	22	41	5°	18	13,2	1,8	12,0
75—90	—	—	—	—	—	—	—	—	65	22	40	5°	19	14,2	2,0	12,5
90—110	—	—	—	—	—	—	—	—	75	27	48	5°	20,5	15,3	2,0	13,5
110—130	—	—	—	—	—	—	—	—	75	27	46	5°	22	16,3	2,2	14,5
130—150	—	—	—	—	—	—	—	—	80	27	50	5°	23	17,3	2,2	15,0
150—175	—	—	—	—	—	—	—	—	80	27	48	5°	24,5	18,1	2,4	16,0
175—200	—	—	—	—	—	—	—	—	80	27	46	5°	26	19,2	2,4	17,0
200—225	—	—	—	—	—	—	—	—	90	32	55	5°	27	20,0	2,6	17,5
225—250	—	—	—	—	—	—	—	—	90	32	53	5°	28	20,7	2,8	18,5

Нарезание канавок однобокими угловыми фрезерами (т. е. с углом $\beta = 0$) не рекомендуется в виду неровности получаемой при этом груди зуба. При фрезеровании канавок Р., предназначенных для обработки стали, железа и чугуна, фрезер устанавливается т. о. относительно заготовки, чтобы плоскость, касательная к зубу фрезера со стороны угла β, проходила через ось Р. (фиг. 6,А); для фрезеров же, предназначенных для обработки бронзы и латуни, эта плоскость д. б. расположена на $p = 0{,}04\ d$ (d—диам. Р.) впереди оси Р. (фиг. 6,Б), вследствие чего эта последняя получает отрицательный угол груди, равный приблизительно 5°, что благоприятно влияет на гладкость стенок обработанного отверстия. Глубина канавки делается такой, чтобы остающаяся ширина затылка (b на фиг. 2) равнялась 0,28—0,20 шага зубьев. При неравномерном шаге, пока ширина затылка не выходит из указанных пределов, можно фрезеровать канавки, не изменяя расстояния между осями фрезера и заготовки, при выходе же из этих пределов приходится соответственным образом поднимать или опускать стол станка. Затылочный угол зуба (фиг. 2, *α*) делают обычно порядка 5—6°; америк. фирмы иногда выполняют заточку затылка по криволинейному контуру. Ширина фаски



Фиг. 6.

Более проста и поэтому чаще применяется заточка по фиг. 7,Б. Длина пологой части *a* приема д. б. достаточной, для того чтобы



Фиг. 7.

вся работа снятия стружки совершалась ею, для этого, полагая наибольший припуск на развертывание

$$\delta = 0{,}1 + 0{,}0025d\ мм$$

и считая рабочей длиной $^2/_3$ длины *a*, имеем

$$a = \frac{3(0{,}1 + 0{,}0025d)}{2 \operatorname{tg} \varepsilon},$$

т. е. при

ε	4°	5°	8°
a, *мм*	$2{,}2 + 0{,}55d$	$1{,}7 + 0{,}45d$	$1{,}0 + 2{,}5d$
ε	10°	12°	15°
a, *мм*	$0{,}85 + 0{,}20d$	$0{,}7 + 0{,}18d$	$0{,}55 + 0{,}14d$

Угол приема выбирают для машинных Р.: для чугуна 4—5°; для железа и стали 10—12°. Для ручных Р. прием делают значительно более длинным (фиг. 7,В), обычно он равен $^1/_4$ рабочей длины Р., при этом ε изменяется следующим образом в зависимости от диам. Р.:

Диам. Р., *мм* .	3—6	6—13	13—27	>27
Угол ε	30′	25′	20′	15′
Длина *a*	$12{,}5 + 0{,}3d$	$15 + 0{,}36d$	$18{,}8 + 0{,}45d$	$25 + 0{,}6d$

Переднюю короткую конич. часть приема скашивают под углом $\zeta = 45—50°$; она служит для снятия стружки в местах возможно-

Табл. 3.—Размеры ручных разверток (в мм).

d	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	35	38	40	45	50
d_1	2,8	3,8	4,8	5,75	6,75	7,75	8,75	9,75	11,75	13,75	15,75	17,7	19,7	21,7	24,7	27,65	31,6	34,6	37,6	39,55	44,55	49,5
$d-d_2$*1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
d_3	2,93	3,93	4,93	5,93	6,97	7,97	8,97	9,97	11,97	13,97	15,97	17,97	19,98	21,96	24,96	27,96	31,96	34,96	37,95	39,95	44,95	49,95
l_1	40	50	55	55	60	65	65	70	75	85	90	100	105	110	125	135	145	160	170	175	195	210
l_2	8	10	11	12	12	12	13	14	15	16	18	18	19	21	22	25	27	28	30	32	34	38
l_3	32	35	39	43	48	48	52	56	65	69	72	77	86	94	98	110	118	127	135	143	156	172
l_4	10	12	14	14	15	16	16	17	19	21	22	25	28	27	31	34	36	40	42	44	49	52
L	80	95	105	110	120	125	130	140	155	170	180	195	210	225	245	270	290	315	335	350	385	420
a*2	34	29	24	31	28	27	27	25	23	21	19	21	20	19	17	18	19	17	16	18	16	17
n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	10	10	10	10	12	12

*1 $d-d_2$ размер в μ. *2 a—в минутах.

го преувеличения припуска на развертывание. Объединение в одном инструменте черновой и чистовой Р. представляет собой Р. сист. Мая (Мау), у нее половина зубьев поочередно сошлифована на высоту припуска на чистовую обработку; эти зубья снабжены коротким приемом и осуществляют работу черновой Р.; остальные зубья являются нормальной чистовой Р.

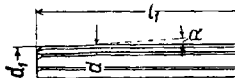
Переход приема в цилиндрич. направляющую часть Р. делают плавным, снимая угол ребра от руки точильным камнем. Цилиндрич. часть делается у машинных Р. значительно большей длины, чем у ручных, а именно: у машинных Р. длина $b = 3\sqrt[1,8]{d}$, а у ручных $b = 0{,}8—1{,}0\sqrt[1,8]{d}$. Следующая, до конца направляющая часть Р. сошлифовывается слегка на конус; у ручных Р. конусность составляет на диаметре (т. е. $\frac{d-d_2}{l}$) приблизительно 0,000125; у машинных Р.:

Диам. Р., *мм*	3—8	8—20	20—50	>50
Конусность	0,003	0,002	0,0015	0,001

У Р., предназначенных для работы на револьверных станках, эти значения увеличивают в 2—3 раза.

Типы Р. По способу применения все Р. делятся на два класса: ручные и машинные. По конструкции на: а) Р. постоянные или обыкновенные, б) Р. с привертными зубьями (Гишольта), в) Р. насадные, г) Р. расширительные и д) Р. переставные. Все типы этих Р. м. б. как ручные, так и машинные. По форме различают цилиндрические и конические Р.

Ручные Р. (фиг. 8) служат для развертывания отверстий вручную при помощи воротка. Основные размеры ручных постоянных Р. приведены в табл. 3 (в графе *n*—приведено число канавок Р.). Для более грубых работ применяют ручные Р., снабженные на приемном конце коротким участком винтовой нарезки *a* (фиг. 9), служащей

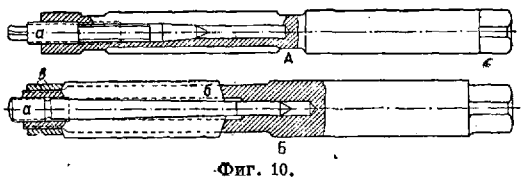


Фиг. 8.



Фиг. 9.

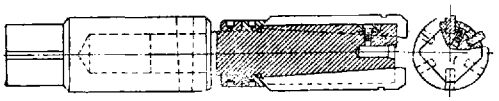
для обеспечения правильной и равномерной подачи Р. На фиг. 10,А изображена расширительная ручная Р. с конич. винтом *a*; т. к.



Фиг. 10.

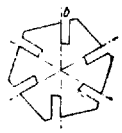
увеличение диам. происходит гл. обр. в средней части Р., то она пригодна лишь для развертывания проходных отверстий. Более со-

вершенная система переставной Р. изображена на фиг. 10, Б. Здесь правильная форма Р. сохраняется при изменении ее диам., но длинное расстояние от передней части до начала режущей кромки мешает применять ее для глухих отверстий, долженствующих иметь правильный диам. до дна. Переставная Р. совершается посредством конич. винта *а* (конус 2×2°), причем неподвижность вставных лезвий *б* обеспечивается по окончании установки затяжкой контргаек *в*. Вставные лезвия м. б. сделаны из



Фиг. 11.

инструментальной или быстрорежущей стали, последнее однако нецелесообразно в виду большей мягкости быстрорежущей стали по сравнению с инструментальной сталью при низких $t°$ и малых скоростях резания ручных Р.; корпус делают из хорошей сименс-мартеновской стали. Ручная переставная Р., предназначенная для обработки глухих отверстий до дна, изображена на фиг. 11; детали крепления вставных лезвий аналогичны с машинной Р., изображенной на фиг. 18. Число зубьев у переставных Р. делается меньше, чем у постоянных (см. табл. 4).

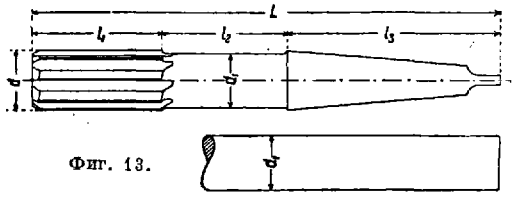


Фиг. 12.

Табл. 4.—Элементы разверток со вставными лезвиями (фиг. 12).

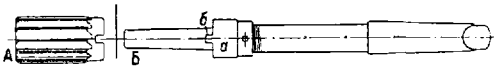
Диаметр развертки, *мм*	Размер *b* лезвия, *мм*	Число зубьев, *n*	Диаметр развертки, *мм*	Размер *b* лезвия, *мм*	Число зубьев, *n*
15—18	2	6	50—65	5	8
18—23	2,5	6	65—82	6	10
23—28	3	6	82—100	7	10
28—35	3,5	6	100—125	7	12
35—42	4	6	125—150	8	12
42—50	4,5	8			

Машинные Р. постоянного типа (фиг. 13) отличаются от ручных лишь деталями



Фиг. 13.

заточки зубьев и тем, что вместо квадрата их стержень либо оставлен круглым либо снабжен конич. хвостом. Размеры постоянных машинных Р. по американским данным приведены в табл. 5.



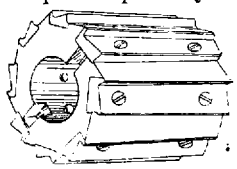
Фиг. 14.

Для уменьшения стоимости машинные Р. часто делают насадные (фиг. 14); самая Р.

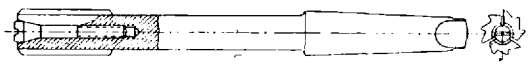
Табл. 5.—Размеры постоянных машинных американских разверток (в *мм*).

Диам. *d*	*L*	l_1	l_2	l_3	d_1	конус №
5— 7	150	25	60	65	4,8	1
7— 8	150	25	60	65	6,8	1
8—10	180	28	87	65	7,8	1
10—12	180	28	87	65	9,6	1
12—14	210	32	113	65	11,2	1
14—15	210	32	113	65	12,8	1
15—17	230	35	117,2	77,8	13,8	2
17—19	230	35	117,2	77,8	14,5	2
19—21	245	38	129,2	77,8	16,0	2
21—23	260	44	138,2	77 8	18,0	2
23—27	275	48	131,7	95,3	20,0	3
27—30	285	51	138,7	95,3	24,0	3
30—33	300	54	125,3	120,7	27	4
33—37	310	57	132,3	120,7	30	4
37—40	325	60	144,3	120,7	32	4
40—43	335	63,5	150,8	120,7	35	4
43—46	350	67	130,6	152,4	37	5
46—49	360	70	137,6	152,4	38	5
49—52	360	70	137,6	152,4	40	5
52—56	375	73	149,6	152,4	41	5
56—59	385	76	156,6	152,4	41	5
59—62	385	76	156,6	152,4	43	5
62—65	395	79	163,6	152,4	43	5
65—73	400	84	163,6	152,4	45	5
73—80	410	89	168,6	152,4	45	5

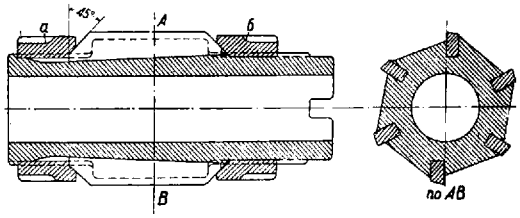
(фиг. 14, А) делается из инструментальной или быстрорежущей стали и насаживается коническим отверстием на особую державку (фиг. 14, Б); для надежности захвата Р. во время работы державка снабжена кольцом *а* с выступами *б*, входящими в вырезы в теле Р. Так как Р. после 2—3 перешлифовок уже обычно более не годится для обработки точных отверстий в виду уменьшения ее диаметра, то зачастую снабжают Р. привертными зубьями (Р. сист. Гишольта, см. фиг. 15); когда развертка станет меньше допустимого минимального диаметра, зубья отвинчивают, под них подкладывают плотную бумагу или тонкие латунные полоски и затем шлифуют Р. до требуемого размера. Расширительные машинные Р. в виду их малой точности применяют редко; один из типов таких Р. (с конусным винтом) изображен на фиг. 16. Зато существует тем большее число типов переставных машинных Р. Для проходных отверстий часто применяют Р. с ножами, устанавливаемыми при посредстве двух гаек—передней *а*



Фиг. 15.



Фиг. 16.



Фиг. 17.

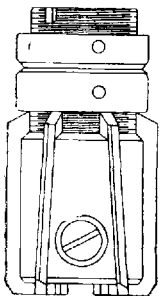
(фиг. 17) и задней *б*. Для глухих отверстий чаще всего применяют укрепление ножей посредством зажимных планочек *а* (фиг. 18), причем упором во время работы служит зад-

няя гайка *б*, застопориваемая контргайкой *в*. Планочки *а* зажимаются винтами *г* и прижимают ножи *д*, входя в выфрезованные



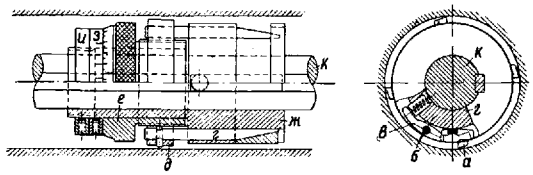
Фиг. 18.

в последних канавки *е*; иногда же вместо планочек применяются круглые шпоночки *жс* (фиг. 18, А), прижимаемые к ножам конусными винтами *з*. В последнее время предложены Р. с зубьями, наклоненными в разные стороны (фиг. 19); такое расположение ножей будто бы способствует увеличению гладкости развернутого отверстия.



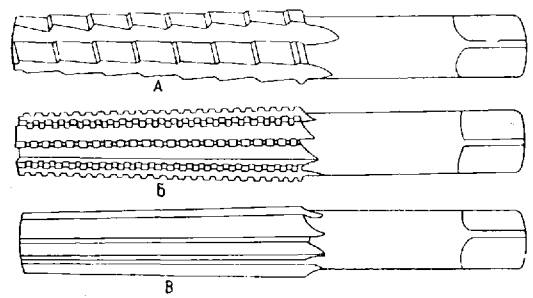
Фиг. 19.

Для обработки особо крупных отверстий были предложены Р. с волочащимися резцами, использующие тот общеизвестный факт, что резцы, точка вращения которых лежит впереди острия, дают особо чистые и лишенные следов дрожания поверхности (напр. пружинящие чистовые токарные резцы, протаски и т. д.). Конструктивное выполнение такой Р. изображено на фиг. 20. Ножи *а*, сидящие в качающихся вокруг оси *б* рычагах *в*, устанавливаются на требуемый диам. посредством клиньев *г*, укрепленных в гайке *д* и перемещаемых вдоль оси Р. вращением вин-



Фиг. 20.

та *е*, насаженного вхолостую на тело Р. *жс* и удерживаемого от осевого перемещения гайкой *з* и контргайкой *и*. Вся Р. насаживается на борштангу *к*, к-рая и совершает движения рабочее и подачи. Такие Р. позволяют развертывать отверстия чрезвычайно крупных



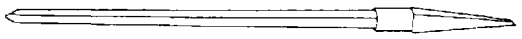
Фиг. 21.

размеров (несколько сот *мм*) с большой точностью. Для развертывания конических отверстий применяют конич. Р.; для крупных отверстий, предварительно просверленных обычным сверлом, применяют набор из трех Р. (фиг. 21). Первая (фиг. 21, А) преобразовывает цилиндрич. отверстие в ступенчатое, вторая — черновая Р. (фиг. 21, Б) — сглаживает углы и наконец третья — чистовая (фиг. 21, В) — окончательно сглаживает стен-



Фиг. 22.

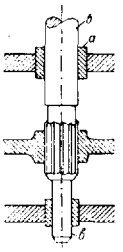
ки. Для развертывания мелких конич. отверстий в настоящее время часто применяют конич. Р. с крутой спиралью (фиг. 22); благодаря последней угол резания получается весьма выгодным, кроме того получающиеся в изобилии стружки выводятся из отверстия



Фиг. 23.

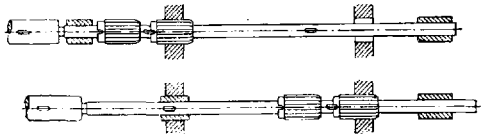
через нижний конец. Дальнейшим усовершенствованием этой Р. является объединение сверла и конич. Р. в одном инструменте, дающее возможность сразу за один проход высверливать конич. отверстия.

Для очень мелких отверстий применяют т. наз. Р. сист. Стубса (фиг. 23), представляющие собой слегка конич. стержень пятиугольного сечения; его грани в виду большого отрицательного угла груди не режут, а скоблят стенки отверстия.



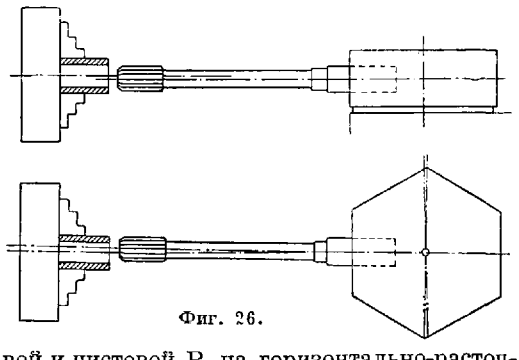
Фиг. 24.

Для развертывания отверстий, положение которых д. б. строго определенным, употребляют кондуктора, причем сама Р. получает для направления ее движения сверлильной втулкой *а* (фиг. 24) утолщенный, закаленный и отшлифованный стержень *б*; иногда для более надежного направления



Фиг. 25.

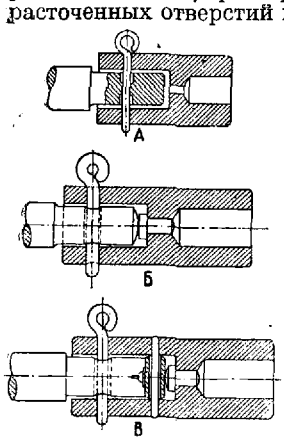
Р. снабжается второй направляющей цапфой *в* спереди. Последовательность развертывания двух отверстий поочередно черно-



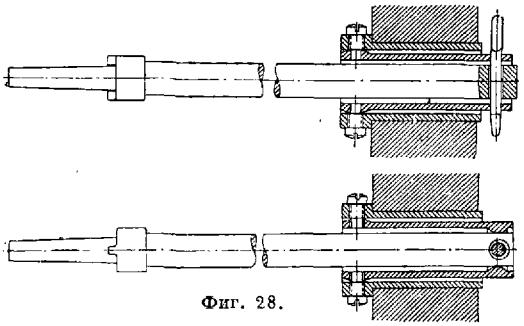
Фиг. 26.

вой и чистовой Р. на горизонтально-расточном станке без применения особо длинной оправки изображена на фиг. 25; как видно, для выполнения работы достаточно самохода станка, лишь немного превышающего длину обеих разверток.

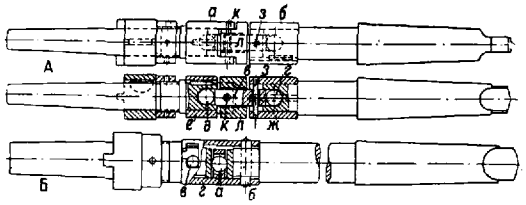
Для чистовой обработки предварительно раззенкованных, просверленных начисто или расточенных отверстий на токарных станках или револьверных чрезвычайно важно, чтобы развертка имела возможность самоустановки по оси предварительно обработанного отверстия, т. к. иначе неизбежные несовпадения центров задней бабки или же револьверной головки вызовут косое положение развертки в отверстии (фиг. 26), следствием чего явится развернутое отверстие большего чем требуется диаметра и вдобавок неправильной нецилиндрической формы. Простейшим способом подвижного (качающегося) укрепления Р. в патроне является помещение ее на штырь, пропущенный в высверленное в хвосте Р. отверстие несколько большего диам. (фиг. 27, А).



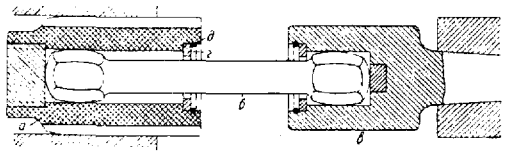
Фиг. 27.


Фиг. 28.

Однако осевое давление прижимает Р. к штырю, и фактически подвижность развертки весьма ограничена. Гораздо лучше подвижное крепление, воспринимающее осевое давление, аналогично изображенному на фиг. 27,Б и 27,В; подвижность Р. получается более или менее удовлетворительной. Хорошо также укрепление системы Кюна (фиг. 28). Шарнирные оправки для Р., обеспечивающие самоустанавливание, изображены ниже на фиг. 29; первая А снабжена двумя шарнирами Гука упрощенного типа *а* и *б*; передача осевого давления совершается через центральный стержень *в* и два стальных шарика *г* и *д*; вращающий момент передается Р. через заклиненные на переднем и заднем концах оправки муфты *е* и *же* и штифтики *з* и *к*; промежуточное звено *л* служит гл. обр. для ограничения подвижности оправки. Второй тип оправки несколько проще по своей конструкции: осевое давление передается через шарик *а* непосредственно задней половине оправки; вращающий момент передается через штифты *б* и *в* и муфту *г*, сидящую с нек-рой игрой на концах половин оправки. Для быстрой смены Р. передняя часть соединяется с шарниром посредством штыкового затвора. Весьма удачным разрешением проблемы самоустанавливания Р. следует признать конструкцию, изображенную на фиг. 30: пустотелая Р. *а* приводится в движение костылем *б*, несущим на своих концах шестигранные бочкообразные утолщения и снабженным сферич. поверхностями на торцах. Отверстия Р. и патрона *в* имеют равным образом шестигранную форму. От выпадения вне работы костылек предохранен разрезными кольцами *г*, удерживаемыми наполовину входящими в выточки пружинными кольцами *д*. Достоинством этой конструкции, помимо независимой передачи осевого давления и вращающего момента, является нахождение точки приложения силы подачи впереди режущей части Р., что чрезвычайно благоприятствует самоустанавливанию Р. по оси отверстия даже при значительных ее отклонениях от оси вращения.



Фиг. 29.


Фиг. 30.

Работа Р. Отверстие под Р. должно быть предварительно обработано с нек-рым припуском. Величина последнего и инструмент для предварительной обработки отверстий указаны в табл. 6.

Табл. 6.—Припуск на обработку отверстий под развертку (в *мм* на диаметре).

Инструмент для предварительной обработки	Диаметр отверстия									
	0,8—1,2	1,2—1,6	1,6—3	3—6	6—10	10—18	18—30	30—50	50—100	100—500
Спиральное сверло *1	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,35	—	—	—	—
Трехзубый зенкер *1	—	—	—	—	—	0,3	0,4	0,5	—	—
Четырехзубый зенкер *1	—	—	—	—	—	—	0,3	0,4	0,45	—
Борштанга *2	—	—	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,25	0,3

*1 Развертывание производится двумя развертками—черновой и чистовой.
*2 Развертывание производится одной чистовой разверткой.

При машинном развертывании допустимо применение скоростей и подач, указанных в табл. 7 и 8.

Сопротивление резанию при развертывании в значительной мере зависит от состояния острия Р. и может быть выражено аналитически лишь весьма приближенно. По опы-

Табл. 7.—Скорости резания в *м/мин* и род смазки для машинного развертывания.

Обрабатываемый материал	Скорость резания, *м/мин*		Род охлаждающей жидкости
	а[*1]	*б*[*1]	
Чугун мягкий	4—5	5—6	Всухую
» средний	3—4	4—5	»
» твердый	2—3	3—4	»
Машинная сталь мягкая	4—5	5—6	Эмульсия
Инструментальная сталь	3—4	4—5	»
Стальное литье среднее	3—4	4—5	Акволь
Ковкий чугун средний	3—4	4—5	»
Бронза твердая	2—3	3—4	»
Красная медь	10—12	12—15	Акволь
Латунь	8—10	10—12	*[2]
Алюминий	6—8	8—10	Акволь

*[1] *а*—для Р. из инструментальной, *б*—из быстрорежущей стали. *[2] Всухую или акволь.

Табл. 8.—Величины подач в *мм* на один оборот развертки при чистовом развертывании отверстий.

Обрабатываемый материал	Подача при диам. отверстия в *мм*							
	1—5	5—10	10—15	15—25	25—40	40—60	60—100	100—200
Сталь, стальное литье, ковкий чугун, твердая бронза	0,3	0,3—0,4	0,3—0,4	0,4—0,5	0,5—0,6	0,5—0,6	0,6—0,75	0,75—1,0
Чугун, красная медь, латунь, алюминий	0,5	0,5—1,0	1,0—1,5	1,0—1,5	1,5—2,0	1,5—2,0	2—3	3—4

Табл. 9.—Превышение диаметра развернутых отверстий над средним диам. Р. в μ при различных охлаждающих жидкостях и обрабатываемых материалах.

Род охлаждающей жидкости	Обрабатываемый материал									
	Чугун средн.	Сталь 0,45%С	Литая сталь 0,8%Cr, 3,3%Ni	Литая латунь	Красное литье	Мягкая бронза	Твердая бронза	Алюминий	Силумин	Лаутталь
Всухую	21	18—42	25—36	20	16	13	14	*[3]	*[4]	33
Эмульсия 1 : 15	5	10	13	14	12	7	6	42	18	23
Сурепное масло*[1]	7	17	19	14	12	9	6	30	15	13
Минеральное масло*[2]	9	13	15	16	13	11	7	12	9	6

*[1] Вязкость 15° Е. *[2] Вязкость 30° Е. *[3] Обработка всухую невозможна, превышение порядка 60—80μ, зубья скоро перестают резать, стенки отверстия весьма неровные. *[4] Развертывание всухую весьма затруднительно, поверхность отверстия весьма неровная, превышение 40—60μ.

риала и применяемой при развертывании охлаждающей жидкости. Превышение связано с возникающими при развертывании защемляющими Р. силами и с гладкостью стенок отверстия после обработки следующей качественной зависимостью:

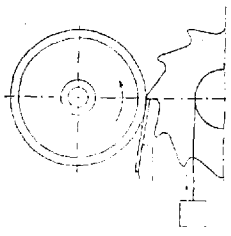
Превышение	Зажимающая сила	Гладкость стенок
большое >15 μ	отсутствует	удовлетворит.
среднее 10—15 μ	умеренная	хорошая
малое <10 μ	большая	весьма хорошая

Численное значение превышений в μ для различных материалов и охлаждающих жидкостей приведено в табл. 9. Данные относительно точности и гладкости стенок развернутых отверстий и сравнение этого способа обработки с другими см. *Точная обработка отверстий*.

Производство и содержание Р. Материалом для Р. служит обычно углеродистая инструментальная сталь с 1,1—1,25%C, 0,35% Mn, ≤0,25% Si, ≤0,03% P и S. Применение быстрорежущей стали оправдывается лишь для машинных Р., работающих при высоких скоростях, т. к. при обычной $t°$ углеродистая сталь тверже и образует при правильной закалке более гладкие режущие ребра. Механич. обработка несложна: на обычном токарном станке вытачивают заготовку, затем на фрезерном станке с делительной головкой прорезают канавки, после чего Р. готова к закалке. Полезно перед закалкой Р. сложной формы отжечь при $t°$, соответствующей данному сорту стали: этим значительно уменьшаются шансы коробления при закалке. Нагрев для закалки производят лучше всего в свинцовой или соляной ванне до возможно низкой $t°$ (лишь 15—20° выше точки A_{c3}, необходимой для закалки). Затем Р. быстро охлаждают в воде, до того как сталь перестанет издавать характерное резкое шипение (~ до 250—300°) и затем быстро переносят в масло, где и дают инструменту окончательно охладиться. После закалки Р. отпускают до 175—200°. У Р., предназначенных для тяжелой работы, зачастую наблюдается сминание квадратов стержней; их полезно бывает также закаливать, но для увеличения вязкости отпуск хвостового конца Р. ведут до 400—450°. При закалке Р. сложной формы с резкими переходами между сечениями различного диам. необходимо вести охлаждение т. о., чтобы скорость остывания была приблизительно одинаковой во всех частях Р., для этого погружение в воду

там Шалльброха для развертывания в чугуне (2,53% C; 1,04% Si; 0,79% Mn; временное сопротивление на разрыв 20,8 *кг/мм*^{2}; твердость по Бринелю 178) применимы ф-лы $A=8{,}8\cdot d^{0{,}61}\cdot S^{0{,}40}\cdot t^{0{,}88}$; $M=2{,}2\,d^{1{,}42}\cdot S^{0{,}79}\cdot t^{0{,}74}$, где A—осевое давление в *кг*, M—вращающий момент в *кг/см*, остальные размеры (d, S и t) в *мм*. Однако следует заметить, что Райс и Риггс при своих исследованиях Р. нашли отклонения при совершенно равных прочих условиях в 2,8 раза в величине крутящего момента и в 3,4 раза в осевом усилии между неточеной (но еще бывшей в работе в мастерской) и той же наточенной Р. Отверстие, получаемое после развертывания, всегда несколько больше, чем наибольший средний диам. Р.; абсолютная величина этого превышения колеблется в пределах 5—80 μ и лишь незначительно зависит от диам. отверстия, величины подачи и скорости резания, но зависит от обрабатываемого

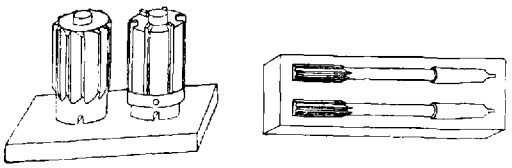
начинают с наибольшего диам. и перед каждым переходом останавливаются, подготовляя этим последующую часть к внезапному охлаждению. Р. с очень значительными различиями диам. при наличии тонких частей лучше закаливать по частям, обвязывая каждый раз остальные незакаленные части асбестом, а уже подвергшиеся закалке—мокрыми тряпками. После закалки и протравки для удаления окалины Р. поступает на круглошлифовальный станок, где отшлифовывают стержень и рабочую часть до требуемых размеров, затем на инструментально-шлифовальном станке сошлифовывают затылки зубьев (фиг. 31), оставляя фаску требуемой ширины.



Фиг. 31.

При шлифовании затылочной стороны зубьев необходимо всегда следить за тем, чтобы направление снятия стружки шло от груди зуба к затылку. После этого прошлифовывают тонким тарелчатым диском грудь зуба и наконец затачивают под соответственными углами приемную часть Р., после чего последняя готова. Размер новой Р. для обработки отверстия по допускам берется т. о., чтобы $^2/_3$ допуска лежало в Р., т. е. диам. Р. на $^1/_3$ величины допуска д. б. меньше максимального допустимого диам. отверстия.

Для получения безукоризненных отверстий с минимальной затратой энергии необходимо, чтобы прием Р. был всегда острым, а также чтобы зубья Р. равномерно участвовали в процессе снятия стружки. Поэтому в производстве д. б. обращено должное внимание на своевременную и аккуратную точку Р. По этой же причине хранение Р. в инструментальном складе или в инструментальном шкафике рабочего д. б. так организовано, чтобы прием Р. не мог затупиться.



Фиг. 32.

Для этого рекомендуется насадные Р. хранить поодиночке, на деревянных стоечках, приемом кверху, а цельные Р. укладывать в доски, снабженные сделанными по размерам Р. вырезами (фиг. 32).

Лит.: Диннебир И., Развертывание и зенкование, пер. с нем., Л., 1926; Шухардт и Шютте, Справочник металлиста, пер. с нем., М.—Л., 1927; Гавриленко А. П., Механическая технология металлов, ч. 4, вып. 2—3, М., 1925; Труды О-ва германских инженеров производственников, т. III, Режущий инструмент для обработки со снятием стружки, пер. с нем., М., 1927; Соколов М. А., Инструментальное дело, 2 изд., Л., 1926; его же, Закалка и цементация инструментов, 4 изд., М.—Л., 1932; Халльстрем У., Инструментальное дело, пер. со шведского, ч. 1, М.—Л., 1927; Dinnebier J., Reiben u. Senken, «Werkstattsbücher», hrsg. v. E. Simon, B., 1925, H. 16; Schallbroch H., Untersuchungen über das Senken u. Reiben von Eisen-, Kupfer- u. Aluminium-Legierungen, Diss., Aachen, 1930; Hütte, Taschenbuch f. Betriebsingenieure, B., 1924; Reindl J., Spanabhebende Werkzeuge für die Metallbearbeitung u. ihre Hilfseinrichtungen, «Schriften d. A. D. B.», B., 1925, B. 3; Dowd A. A. a. Curtis F. W., Tool Engineering, N. Y., 1923; De Leeuw A. L., Metal Cutting Tools, N. Y., 1922; Machinery's Encyclopedia, v. 3, 4, 5, 6, N. Y., 1917—25; Machinery's Handbook, 6 edition, N. Y., 1927; Berck C. E., Deutscher Werkmeister-Kalender, Band «Schneidewerkzeuge u. Vorrichtungen, Lpz., 1923; Reindl J., Feste Reibahlen für Genaulöcher, «Der Betrieb», B., 1921, B. 3; Wallichs A., Ueber die Herstellung der Bohrungen im Maschinenbau nach dem Austauschverfahren, «Der Betrieb», B., 1922, B. 4; Wallichs A. u. Schallbroch H., Das Senken und Reiben von Bohrungen in Eisen- und Nichteisen-Metallen, «Werkstattstechnik», Jg. 25, *11*, *12*, Berlin, 1931; Kronenberg M., Wissenschaft und Praxis beim Bohren, «Die Werkzeugmaschine», Berlin, 1929, Jg. 33, *12*; Makoto Okoshi, Research on the Cutting Force, «Scientific Papers of the Institute of Physical a. Chemical Research, Tokyo, 1930, October; Rice L. H. a. Riggs F. S., Power Required for Driving Reamers, «Machinery», New York, 1917, v. 24, *4*.

Л. Павлушков и А. Знаменский.

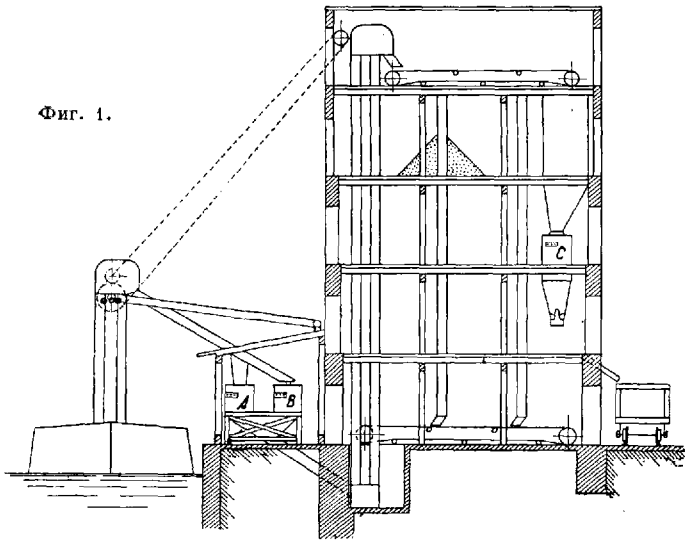
РАЗВЕС ПОРЦИОННЫЙ производится на специальных автоматич. весах. Автоматически происходит как прекращение поступления на чашку весов взвешиваемого материала, так и опорожнение ее; кроме того отмечается или число взвешенных одинаковых порций или суммарный вес прошедшего через весы материала. Р. п. может производиться также при помощи полуавтоматич. весов, у к-рых опорожнение чашки весов протекает не автоматически, а обычным путем—работой весовщика, прекращение же притока материала вполне автоматично. К последнему типу весов принадлежат весы для взвешивания наполняемых мешков или пакетов. Первый тип весов, вполне автоматич., находит применение на зерновых элеваторах, сахарных, цементных и химич. з-дах, при силовых установках для взвешивания угля или жидкого топлива. На фиг. 1 дано расположение автовесов на зерновом элеваторе. Весы *A* и *B* служат для приема зерна, напр. с пароходов. Зерно, пройдя через весы, захватывается норией, поднимается вверх и распределяется по силосам. При отпуске этого зерна его пропускают через автовесы *C*, а оттуда зерно самотеком направляется в подаваемые вагоны. В котельных установках весы располагают между бункером и топкой. Уголь, поступающий в определенный промежуток времени в котел, автоматически взвешивается и регистрируется счетчиком. Наиболее распространены следующие 3 группы автовесов: 1) для порционного развеса сыпучих тел; 2) для развеса порциями угля, свеклы и 3) для жидких тел. В каждой из этих групп в свою очередь имеется большое число конструкций весов, отличающихся друг от друга в зависимости от их специального назначения, а также способами разрешения одного и того же конструкторского задания.

Процессы работы автовесов названных групп. Автовесы состоят из 1) весового механизма, включающего: а) коромысло, б) ковш, подвешиваемый на серьгах с направляющими параллелями, в) чашку, г) помещения для гирь; 2) спускного механизма; 3) механизма постепенного хода коромысла до положения равновесия при отвесах сыпучих или жидких тел; 4) регулятора—приспособления для получения точных порций; 5) механизма для опорожнения ковша; 6) механизма для предупреждения неправильного действия весов и 7) счетного механизма.

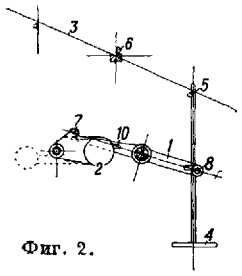
В весах первой группы для зерна (см. *Весы*, автоматические) главную роль для достижения постоянства и точности весов играет механизм для постепенного хода ко-

ромысла до положения равновесия. Механизм этот (фиг. 2) состоит из двух важнейших частей: регуляторного рычага *1* и грузового рычага *2*. В начальном своем положении,

Фиг. 1.

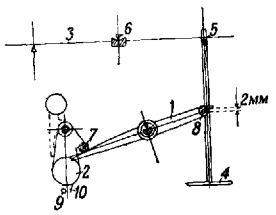


когда ковш не наполнен, коромысло принимает наклонное (в сторону гирной чашки *4*) положение вследствие действия на призму *5* чашки с гирями. Призма *6* является опорной, призма *3*—ковшевой. Рычаг *2* в этом случае занимает горизонтальное положение, оказывая при посредстве своего ролика *7* максимальное давление на левый конец регуляторного рычага *1*. Концевая призма *8* этого рычага, действуя на гирную призму *5* снизу вверх, уменьшает действие гирь на правую призму коромысла. Предположим, что на чашке имеется гирь общим весом 100 *кг*, а давление на нее снизу вверх при посредстве призмы *8*—50 *кг*, тогда при наполнении ковша зерном в количестве 50 *кг* находившееся до того в покое коромысло сможет притти в движение. Если бы передаваемая при посредстве призмы *8* сила, оказывающая давление на чашку снизу вверх, была величиной постоянной, то коромысло в данном примере при незначительном излишке зерна сверх 50 *кг* сразу пришло бы в быстрое движение, и цель приложения какой-то силы к чашке *4* не оправдалась бы. Но дело в следующем: грузовой рычаг *2* при малейшем пополнении ковша сверх 50 *кг* начинает опускаться вниз одновременно с небольшим передвижением коромысла с гирной чашкою. Опускаясь вниз, рычаг *2* оказывает постепенно все уменьшающееся давление своим роликом *7* на левый конец регуляторного рычага *1*, что вызывает в свою очередь постепенное уменьшение силы, действующей снизу вверх на гирную чашку весов при посредстве призмы *8*. Вследствие этого ход коромысла не будет внезапным, а постепенным и плавным. Такое его движение весьма существенно, ибо благодаря этому возможно создание досыпочного периода—



Фиг. 2.

досыпки зерна мелкой струей для точного доведения порции сыпучего до требуемого веса. Действие досыпочного механизма д. б. точно связано с периодом окончания действия грузового рычага *2* на гирную чашку. Наблюдением установлено (фиг. 3), что когда грузовой рычаг *2* примет вертикальное положение и своим нижним носком *10* упрется в упор *9*,—он при помощи ролика *7* придаст регуляторному рычагу *1* такое положение, что правая призма этого рычага *8* пройдет еще 2 *мм* вверх, для того чтобы коромысло приняло горизонтальное положение. При прохождении призмой *8* пути в 2 *мм* левый конец рычага *1* освобождается от соприкосновения с роликом *7* грузового рычага *2*. Так. обр. грузовой рычаг при ходе коромысла на 2 *мм* до горизонтального положения никакого действия на гирную чашку уже не оказывает, и лишь небольшая постоянная сила, вызываемая собственным весом конца регуляторного рычага *1*, действует на гирную чашку снизу вверх. Эта сила в среднем равна $\frac{P}{150}$, где P—вес заданной порции. В тот момент, когда грузовой рычаг *2* перестает действовать на регуляторный рычаг *1*, т. е. когда гирная призма *5* коромысла находится от горизонтальной линии коромысла на расстоянии, равном 2 *мм*, первая заслонка впускного механизма закрывается и зерно начинает поступать в ковш тонкой струей, пока не будет достигнут заданный порционный вес. Этот период называется досыпочным. При конструировании этого приспособления исходят из следующих соображений, основанных на оправдавших себя в практике данных: а) если вес порции P, а сила (ее максимальная величина), передаваемая регулирующим рычагом *1* на чашку *4* снизу вверх, равна T, то принимают $T=\frac{P}{2}$, и б) если вес поступающего тонкой струей в досыпочный период зерна равен Φ, то принимают $\Phi=\frac{P}{20}\div\frac{P}{25}$, т. е. 5—4% от веса заданной порции.



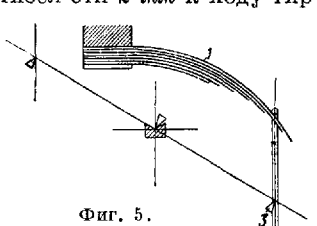
Фиг. 3.

Фиг. 4.

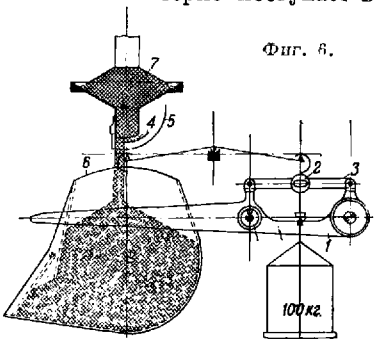


Для весов небольшой грузоподъемности нередко применяют (вместо регуляторного рычага) упрощенную конструкцию, состоящую из пружины (фиг. 4 и 5). На фиг. 4 и 5 линия призм коромысла обозначена через *3*. На фиг. 4 показано также,

что действие пружины *1* на гирную чашку прекращается раньше, чем коромысло придет в свое горизонтальное положение (при ходе на 2 *мм*), относя эти 2 *мм* к ходу гирной призмы *2* коромысла. Следует отметить, что весы с досыпкой необходимо снабжать теми или иными конструкциями механизма размерного хода коромысла. Для окончательной подгонки порций на регуляторном рычаге *1* (фиг. 6) устраивают регулятор (натурник), представляющий собой гирю *2*, передвигаемую на шкале *3*, прикрепляемой винтами к регуляторному рычагу *1*. Как видно из фиг. 6, после закрытия внутренней заслонки *4* зерно поступает в ковш

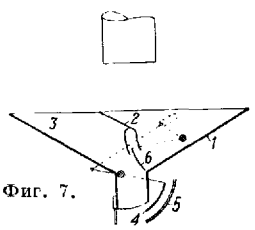


Фиг. 5.

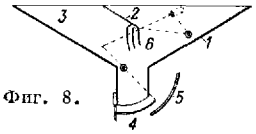


Фиг. 6.

6 тонкой струей. Очевидно, что после окончательного закрытия выпускной воронки *7* при помощи наружной заслонки *5* в пространстве между воронкой и верхним слоем зерна в ковше создается на короткое мгновение столбик зерна, составляющий вместе с зерном в ковше заданную порцию. От плотности этого зернового столбика зависит правильность веса порции. Для урегулирования (по возможности) веса столбика и устроен отмеченный регулятор (натурник), при помощи к-рого устраняется недовес или перевес зерна (вообще сыпучего). Передвижением гири *2* в крайние положения влево и вправо уменьшают или увеличивают во время досыпочного периода давление призмы на гирную чашку снизу вверх на 15%. Для достижения однородности тонкой струи зерна, поступающего в ковш в досыпочный период, необходимо обеспечить ее непрерывность и примерно одинаковую плотность, для чего воронка, через к-рую протекает сыпучее, д. б. без перебоя заполняема. Достигается это тем, что воронка *1* (фиг. 7, 8, 9, 10, 11) разделяется перегородкой *2* на две камеры. Когда открыты обе заслонки *4* и *5*, сыпучее проходит через камеру. Когда же заслонка *4* закрывается, одновременно открывается вспомогательная заслонка *6* (фиг. 8, 10 и 11) и сыпучее в случае ослабления струи общего притока в воронку поступает из запасной камеры (фиг. 8, 9 и 10); таким образом обеспечивается непрерывность струи в период досыпки. По опорожнении ковша процесс нового его наполнения начинается по открытии заслонок *4* и *5*, причем одновременно закрывается внутренняя заслонка *6* (фиг. 7 и 9) и запасная камера вновь заполняется запасным зерном. Схема воронки с заслонками (фиг. 7—11) представляет типовую конструкцию впускного механизма для сыпучих тел—зерна.

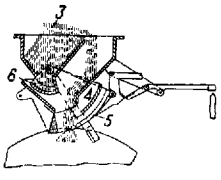


Фиг. 7.

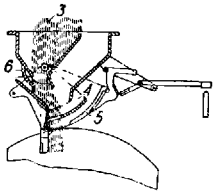


Фиг. 8.

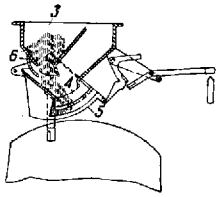
На фиг. 12 и 13 показана отличительная для зерновых автовесов деталь—механизм для предупреждения неправильного и излишнего наполнения ковша. Эта деталь *2* имеет форму коленчатого рычага, вращающегося вокруг оси *7*. Первый конец рычага имеет форму крюка, другой конец (левый)—в виде короткого носка *3*, колено заканчивается противовесом *6*. Когда ковш внезапно наполнится порцией, превышающей заданную, коромысло быстро опускается с ковшом вниз, и носок *3* коленчатого рычага ударяется о выступ *4* рамы весов. Вследствие такого удара рычаг быстро поворачивается направо и захватывает правым своим крючкообразным концом палец *5*, прикрепленный к стенке ковша, почему ковш не может опрокинуться и опорожниться. На фиг. 13 изображена также арретирная ручка *8*. Когда необходимо прекратить действие весов, опрокидывают искусственно ковш и поворачивают ручку т. о, чтобы она своим концом нажала на выступ *1*, прикрепленный к ковшу. Нередко встречаются зерновые автовесы иной конструкции, а именно с откидывающимся днищем ковша. Схематич.



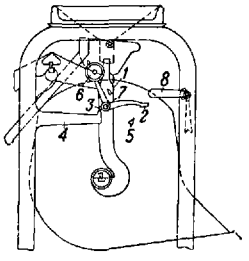
Фиг. 9.



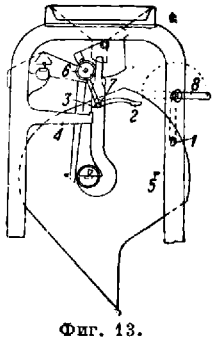
Фиг. 10.



Фиг. 11.

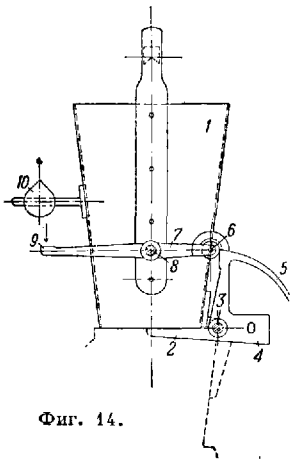


Фиг. 12.

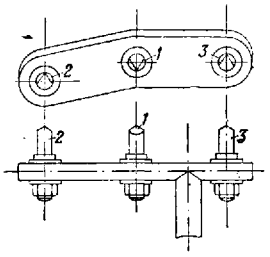


Фиг. 13.

изображение такого ковша дано на фиг. 14. Ковш *1* снабжен днищем *2* с шарниром, вращающимся вокруг оси *3*, и с противовесом *4*. В период наполнения ковша днище с отростком *5* шарнира упирается в ролик *6* горизонтального рычага *7*, не допускающего самопроизвольного открытия днища. Лишь при окончании досыпки левое плечо рычага *7* от нажима на его конец *9* особого механизма поворачивается вокруг оси *8*. Ролик *6* утрачивает соприкосновение с отростком *5*, и днище от действия столба сыпучего поворачивается вокруг оси *3* — ковш опоражнивается. После этого вследствие действия противовеса *4* днище возвращается в свое первоначальное положение, а рычажок *7* при помощи ролика *6*, прижимая отросток *5* шарнира, плотно прижимает днище к нижней кромке ковша. Противовес *10* ковша устраивается для выбалансирования действия масс с противоположной стороны ковша, для того чтобы ковш сохранял свое вертикальное положение. Порционные автовесы для сыпучих тел с механизмом для досыпки и для достижения плавного размеренного хода снабжаются коромыслом (фиг. 15 и 16), у которого острия призм расположены приблизительно на одной прямой и общий центр тяжести коромысла лежит ниже острия опорной призмы. При отвесах без досыпочного периода в автовесах применяется коромысло (фиг. 15), у которого при равновесии весов острия опорной призмы *1* и ковшевой *2* располагаются на общей линии, а острие гирной призмы *3* находится несколько выше этой линии, в пределах от 5 до 15 *мм*; последнее способствует быстрому опрокидыванию коромысла при достижении равновесия, благодаря неустойчивому его равновесию, что способствует более резкой отсечке всех деталей механизма весов, связанных с заслонкой и ковшом. Коромысло описанного типа применяется в порционных автовесах для цемента, для взвешивания наполняемых мешков, для развеса кусковых тел, в особых типах весов—для взвешивания угля.

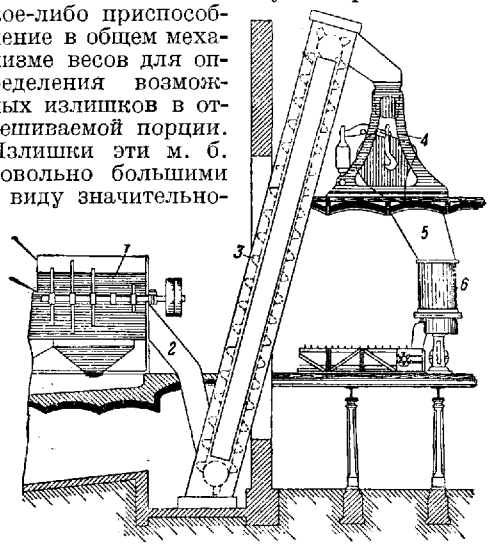


Фиг. 14.

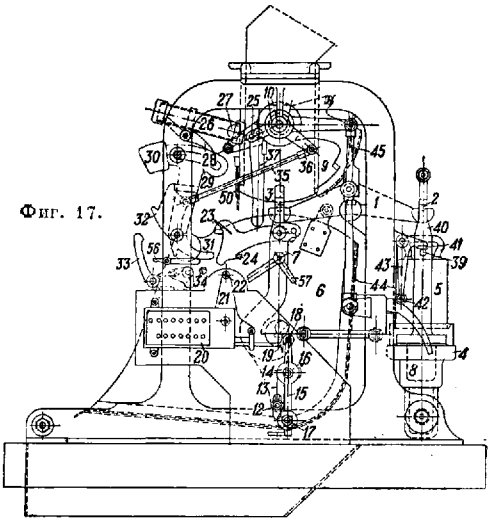


Фиг. 15.

Автоматические весы для свеклы. Порционный развес клубней свеклы производится на получающих все большее распространение автовесах, отнесенных нами ко второй группе автовесов для кусковых тел. На фиг. 16 указано наиболее часто встречающееся расположение весов названной группы, устанавливаемых на свеклосахарных з-дах. Из мойки *1* через жолоб *2* при помощи самотаски *3* свекла поступает в бункер автовесов *4*, а оттуда через жолоб *5* в резку *6*. Главное отличие в конструкции этих весов от весов, предназначенных для взвешивания сыпучих тел, состоит в следующем. Т. к. доведение веса отдельных порций до соответственной величины невозможно, то досыпка (как это производится в зерновых весах) здесь не может получить применения. В этих весах нужно применять какое-либо приспособление в общем механизме весов для определения возможных излишков в отвешиваемой порции. Излишки эти м. б. довольно большими в виду значительного веса отдельных клубней свеклы. Они могут достигать до 5% взвешенной порции при весах, отвешивающих при одном опрокидывании ковша 300—500 *кг* свеклы. Вследствие этого наиболее важною особенностью весов этой конструкции является приспособление для определения излишка (перевеса) соответствующим счетчиком, суммирующим за определенное время работы весов общий перевес, к-рый должно приба-



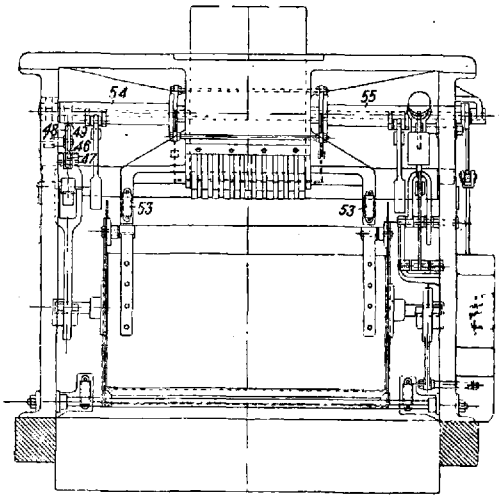
Фиг. 16.


Фиг. 17.

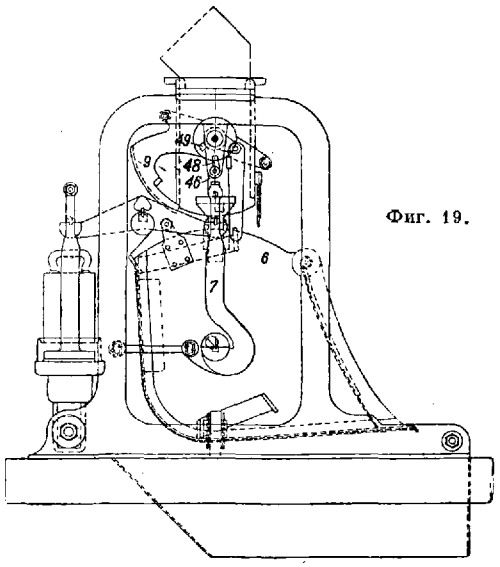
вить в конечном итоге к весу порции, указываемому другим обыкновенным счетчиком. Второе отличие в конструкции этих весов заключается в том, что здесь имеется одна

заслонка, а не две, как в автовесах для сыпучих тел. Третье отличие состоит в том, что в виду отсутствия второй внутренней заслонки с отверстиями для точной досыпки порции в ковш отпадает потребность устройства приспособления для постепенного и плавного хода (движения) коромысла весов, к-рое в автовесах для свеклы и отсутствует. Наконец четвертое отличие—т. к. после отсечки притока клубней в ковш необходимо нек-рое весьма небольшое время для автоматич. определения попавшего в ковш излишка свеклы, то механизм весов снабжается приспособлением, отодвигающим момент опрокидывания и опоражнивания самого ковша после закрытия заслонки.

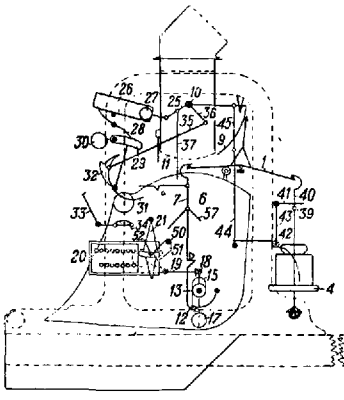
Автовесы для свеклы изображены на фиг. 17, 18, 19, а схема действия весов для свеклы—на фиг. 20, 21 и 22. Весы состоят из равноплечного коромысла *1*. На правой конечной призме *2* подвешена чашка *4*, на к-рую кладут гири *5*. Вес гирь соответствует заданной порции свеклы в ковше, например 300 *кг*. Ковш *6* при посредстве серьги *7* подвешен на левую грузоприемную призму *3* коромысла. В чашке *4* имеется небольшая камера *8*, куда добавляется потребное количество обрезков или лома металла для приведения в равновесие ненагруженных весов, т. е. чашка *4* без гирь *5* должна уравновесить ковш *6*. Следовательно когда на чашку положено 300 *кг* гирь, весы придут в равновесие лишь после того, как в ковш *6* поступит свекла в количестве тоже 300 *кг*. В этот момент заслонка *9*, вращающаяся на оси *10*, должна закрыть отверстие воронки *11*. В момент закрытия воронки некоторые клубни свеклы будут находиться в воздухе в периоде падения и, упав в ковш, дадут излишек в весе против требуемой порции в 300 *кг*. Такой излишек—перевес—при помощи пальца *12*, прикрепленного к серьге *7*, передаст свое действие через стальную ленту *13* на диск *14* квадранта *15*, вращающегося вокруг острия призмы *16*. Указанный излишек веса свеклы выведет квадрант *15* из его отвесного положения, и последний отклонится на некоторый угол вправо нижним своим концом, на к-ром укреплен груз *17*. Верхний конец квадранта снабжен роликом *18*, при этом отклонении квадранта передвигающимся влево и толкающим штангу *19* специального счетчика *20* перевесов. Штанга *19* на левом конце снабжена зубчаткой (на чертеже не показана), при помощи к-рой она и приводит в действие механизм счетчика. После того как счетчик *20* перевесов закончил свое действие, ковш *6* опрокидывается и опоражнивается. Квадрант *15* вновь принимает свое



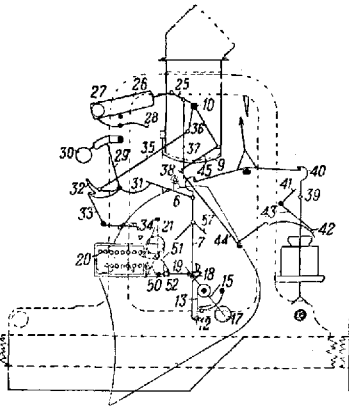
Фиг. 18.



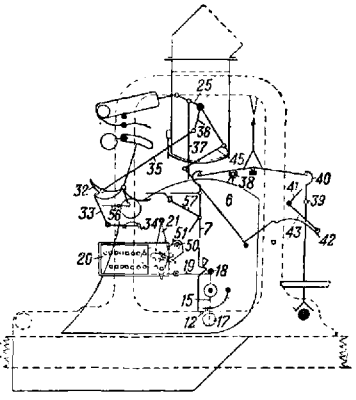
Фиг. 19.



Фиг. 20.



Фиг. 21.



Фиг. 22.

отвесное положение, а специальный маятник *21*, вращающийся вокруг цапфы *22*, доводит штангу *19* до соприкосновения с роликом *18* верхнего конца квадранта. Т. о. после того как заслонка *9* закрылась, необходимо иметь нек-рое время для движения квадранта, действующего на счетчик *20*, и лишь по истечении этого времени, в течение к-рого завершается действие счетчика, должен наступить момент опрокидывания ковша. Потребное для этого время выигрывается тем, что заслонка *9*, закрывая воронку *11*, не освобождает в то же время крюк *23* от шипа *24*, укрепленного в боковой стенке ковша. При падении заслонки *9* плечо *25* трубчатой муфты *55* (фиг. 18, 19) при вращении на валике *10* по часовой стрелке поворачивает правый конец трубы *26*; шар *27*, находящийся внутри нее, перекатывается в левое крайнее положение, показанное на схеме (фиг. 21). Собачка *28*, придерживающая балансир *29*, проходит левым своим концом в прорезь снизу трубы *26*. Когда шар *27* достигает левого своего положения, то он, ударяя левый конец собачки *28*, освобождает ее от соприкосновения с балансиром *29*. Последний, вследствие действия прикрепленного к нему противовеса *30*, отбрасывается влево. Нижний наконечник *31* балансира отбрасывает крюк *23*, освобождая шип *24* ковша *6*, и наполненный свеклою ковш, освобожденный от задержки крюком *23*, опрокидывается и опоражнивается. Время, необходимое для перекатывания шара *27* из правого положения в левое и для передвижения балансира также из правого положения в левое (после чего лишь следует опрокидывание ковша), дает возможность квадранту *15* оказать действие на специальный счетчик перевесов *20*. Кроме приведенных отличий конструкция автовесов для свеклы имеет еще следующие особенности. 1) Приспособление, предохраняющее от возможного произвольного открывания заслонки *9* в период опоражнивания ковша *6*. Механизм этого приспособления состоит из деталей: кривошипа *36*, связанного с заслонкой, тяги *35*, шарнирно соединенной верхним концом с кривошипом, а нижним—с собачкою, снабженной носком *32* (собачка вращается вокруг оси, прикрепленной к станине весов), крюка *33*, насаженного на валик, также прикрепленный к станине, и шипа *34*, укрепленного в боковой стенке ковша. Заслонка *9*, закрывая при своем падении отверстие воронки, при посредстве тяги *35* поворачивает собачку с носком *32* так, что последняя захватывается при полном закрытии заслонки крюком *33* и в этом положении собачка остается во все время опоражнивания ковша (фиг. 21). При обратном движении ковша вверх шип *34* (фиг. 20, 21 и 22) ударяет по колену крюка *33* и освобождает его от носка *32* собачки. Т. о. заслонка *9* освобождается от предохранительной задержки и м. б. открываема специальным рычагом *37*, приводимым в действие роликом *38*, укрепленным в стенке ковша. 2) Другая особенность таких весов—особый амортизатор *46*. Когда наполнение ковша свеклою дошло до границы требуемой порции, палец *39* гирной серьги *40* при своем движении снизу вверх отталкивает конец *41* коленчатого рычага *43*, его ролик *42* лишает дугообразный конец—нижнюю часть сочленения *44*—опоры и все сочленение сгибается (фиг. 21), а заслонка *9* закрывает впускную воронку. В этот момент еще нек-рое количество клубней находится в пути падения их в ковш *6* и вызывает толчки и удары в последнем. Эти удары могли бы вызвать преждевременное функционирование нижнего квадранта *15* и кроме того излишнее показание счетчика *20* перевесов. Чтобы не допустить этого, устроен отмеченный выше амортизатор *46*, нижний крючкообразной формы конец которого при резком движении ковша вниз и при уже последовавшем падении заслонки подхватывает на мгновение квадратный болтик *47* ковшевой серьги и т. о. толчок не передается на квадрант *15*. Вслед за задержкой амортизатором *46* серьги наступает полное закрытие заслонки *9*, и в этот момент отросток *49* заслонки, вращающийся вместе с нею, ударяет о верхний конец *48* амортизатора; последний, поворачиваясь, освобождает квадратный болтик *47* ковшевой серьги. Ковш плавно опускается, пальцем *12* серьги *7* натягивает стальную ленту *13* квадранта *15* и последний от действия силы, равной весу поступившего в ковш излишка свеклы, отклоняется на определенный угол, производя соответственную отметку на счетчике перевесов. 3) Последней особенностью автовесов для свеклы является устройство маятника *21* (фиг. 20), вращающегося вокруг цапфы *22*, прикрепленной к корпусу счетчика. Назначение маятника—приводить тягу счетчика *20* перевесов обратно в начальное положение и соприкосновение с роликом *18* верхней части квадранта *15* при его возвращении в отвесное положение. Маятник приводится в действие при помощи валика с роликом *50*, прикрепленного к боковой стенке ковша. Ролик скользит по кривой окна *51*, прорезанного в кривошипе, вращающемся вокруг оси *52*. От вращения оси приводится в действие верхний ряд цифр счетчика, показывающего каждый раз вес, соответствующий весу гирь на чашке и его суммирующий. Когда ковш по опорожнении возвращается вместе с роликом *50* в свое первоначальное положение, противовес кривошипа с окном *51*, возвращаясь также в свое прежнее положение, создает возможность маятнику *21* вновь принять отвесное положение, причем последний приводит тягу *19* нижнего счетчика *20* в соприкосновение с роликом *18* квадранта (фиг. 20—22).

Работа весов. На фиг. 20 изображены весы в начальном положении при открытой заслонке *9*. Коромысло *1* находится в наклонном положении в сторону чашки *4*. В этот момент ковш опирается на буфера *53*, прикрепленные к шейке впускной воронки. В таком положении крюк *23*, вращающийся на оси, пропущенной через серьгу *7*, неплотно прижат к шипу *24* ковша *6* (фиг. 17). При нек-ром наполнении ковша последний отходит влево от своих верхних буферов, и шип *24* плотно прижимается к крюку *23*, вследствие чего ковш получает устойчивое положение. При наполнении ковша до заданной порции опущенный конец коромысла с призмой *2* и чашкою *4* начинает подниматься. Палец *39*, прикрепленный к серьге *40* гирной чашки, ударяет о курковый рычаг *43*,

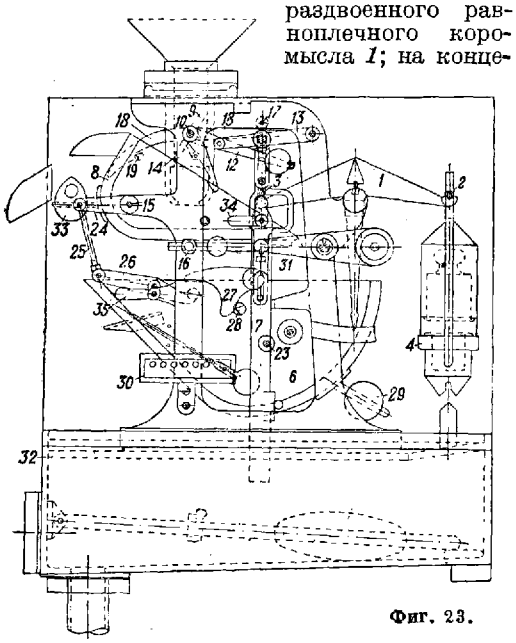
вследствие чего последний поворачивается вокруг своего валика, пропущенного в станине. При этом его повороте нижний ролик *42* рычага *43* лишает опоры сочленение *44-45*, последнее сгибается, заслонка *9* падает и закрывает выходное отверстие воронки *11*. Падая, заслонка вращает две трубчатые муфты *54-55* (фиг. 18), с нею связанные. К трубчатой муфте *55* прилито плечо *25*, к-рое, вращаясь по часовой стрелке, приподнимает правый конец трубы *26* и вызывает перекатывание в ней шара *27* в левую ее сторону (фиг. 21). В этот же момент квадратный болт *47* задней серьги садится на крюк амортизатора *46*. При окончании падения заслонки выступ *49* трубы *54* ударяет о верхний конец *48* амортизатора и освобождает квадратный болт серьги ковша от последнего. Этого мгновенного действия амортизатора вполне достаточно, чтобы превратить ускоренное вниз движение ковша в плавное и более медленное на время, потребное для приведения в действие квадранта *15*. Поворачиваясь, квадрант отмечает при посредстве ролика *18*, действующего на штангу *19*, вес излишка попавшей в ковш свеклы. За указанный период действия квадранта шар *27* успевает откатиться в левую сторону трубы *26* и, нажав на собачку *28*, освободить ее от зацепления с балансиром *29*. Балансир, потеряв опору в собачке, вследствие действия своего противовеса *30* падает влево и, вращаясь вокруг своей оси, носком *31* ударяет о крюк *23*, освобождая его от соприкосновения с шипом *24* ковша. Вследствие этого ковш *6* опрокидывается и опоражнивается. Одновременно с падением заслонки плечо *36*, скрепленное с трубчатой муфтой *55*, двигаясь по часовой стрелке, при помощи тяги *35* отбрасывает собачку с ее носком *32* влево. Собачка захватывается крюком *33* (фиг. 21) и крепко удерживается последним. В этом положении заслонки обеспечивается надежное закрытие впускной воронки от какого-либо произвольного ее открывания при падении и давлении на нее свеклы. Ковш при опрокинутом положении опирается о нижние буфера *53* на станине весов. После опорожнения ковш откидывается обратно в свое исходное положение, увлекаемый своими противовесами. В этот период шип *34*, ударяя о крюк *33*, освобождает собачку, вследствие чего рычаг *37* от давления на него ролика *38* на боковой стенке ковша вращается обратно против часовой стрелки и открывает заслонку *9*. Выпрямляется коленчатое сочленение *44-45* и своею нижнею выступающею частью вновь упирается в курковый рычаг *43*. Вращаясь против часовой стрелки, заслонка при посредстве тяги *35* оттягивает собачку с носком *32*, и эта последняя, соприкасаясь с балансиром *29*, поворачивает его вправо в первоначальное положение, закрепляемое опять собачкой *28*; труба же *26* наклоняется вправо и шар *27* откатывается в свое начальное положение. Процесс загрузки ковша *6* протекает вновь в той же последовательности.

Поверка весов. Поверка тары нагруженных весов производится след. обр. 1) Во время опоражнивания ковша отводят рычаг *37* заслонки *9* влево, вследствие чего при возвращении ковша в свое исходное положение заслонка не может открыть впускную воронку. Возможность наполнения ковша исключена. 2) Балансир *29* с противовесом *30* отводят вправо до отказа и, повернув рукоятку *56* с носком (фиг. 17—22), тем самым обеспечивают балансир от какого-либо движения. 3) При помощи рукоятки *57* шип *24* плотно прижимают к крюку *23*. При этом опорожненный ковш отходит от верхних буферов и т. о. не имеет соприкосновения с какими-либо частями весов; гири *5* снимают с гирной чашки *4*, освобождают палец *12* серьги *7* от стальной ленты *13* квадранта *15*. По завершении приведенных операций получается следующее: на призме *2* коромысла *1* подвешена гирная чашка, а на призме *3* подвешен порожний ковш. Тарирование производится при помощи добавления или убавления небольших металлич. обрезков в особой камере чашки *4*; поверка счетчика перевесов производится след. обр. 1) После подгонки тары вновь накладывают гири на чашку и поворачивают рукоятку *57* обратно; шип *24* отходит от крюка *23* и ковш опять упирается в верхние буфера *53* воронки. Далее соединяют снова палец *12* со стальной лентой *13* квадранта *15* и опрокидывают вручную порожний ковш т. о., чтобы ролик *38* ковша получил зацепление с рычагом *37* заслонки. Затем опускают ковш, возвращающийся в свое исходное положение и открывающий воронку. До тех пор пока рукоятка *56* (фиг. 22) задерживает балансир *29*, опрокидывания ковша происходить не будет, а потому можно производить взвешивание наполненного ковша, отметив показание счетчика перевесов до наполнения и после наполнения. Освободив палец *12* от стальной ленты *13* и повернув рукоятку *57* для прижатия шипа *24* к крюку *23*, уравновешивают излишек попавшей в ковш свеклы установкой необходимого числа добавочных гирь на гирную чашку *4*; сопоставляют результаты. При превышении допусков отыскивают причину неправильности или в плечах коромысла *1*—неравноплечность весов—или в показаниях самого квадранта *15*. Выверка коромысла производится обычным путем—подтачиванием призм *2* или *3*; выверка квадранта—опусканием или поднятием его грузика *17*.

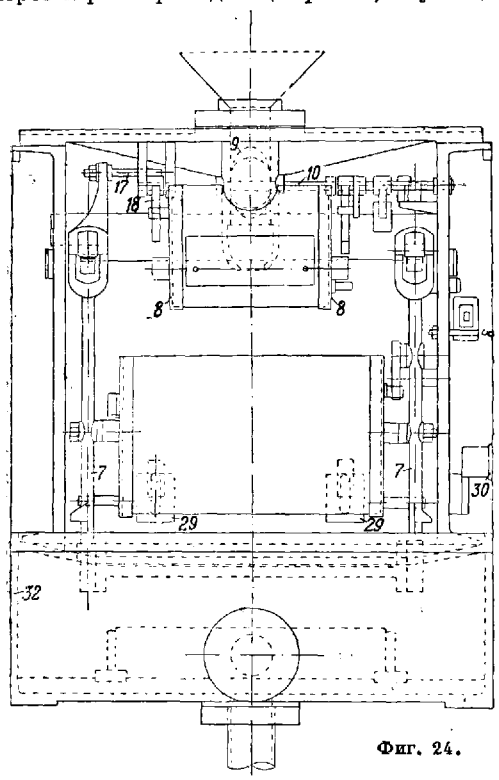
В основу автовесов третьей группы—для жидкостей—положен принцип доливания жидкости в последнем периоде наполнения ковша—точно так, как в весах для сыпучих тел, где имеет место досыпка. Т. о. эти весы должны обладать приспособлением для постепенного и плавного движения коромысла и приспособлением для регулирования—настройки—веса отдельных порций. Их отличительными от зерновых свойствами являются: а) устройство только одной заслонки с маленькой щелью; б) применение верхнего вспомогательного невесового ковша, куда собирается жидкость, проходящая через щель в период опоражнивания весового ковша и его обратного возвращения в исходное положение. Названный вспомогательный ковш играет роль второй заслонки, как в автовесах для сыпучих тел; в) устройство снизу весового ковша особого резервуара, куда сливается вся жидкость при опоражнивании весового ковша, и г) постепенное закрывание заслонки в отличие от внезапного падения та-

ковой в зерновых или свекловичных весах.

Описание и действие весов. Весовой механизм (фиг. 23—28) состоит из раздвоенного равноплечного коромысла *1*; на концевых призмах *2* подвешена гирная чашка *4*, на противоположных призмах *3*—серьги *7*, через к-рые проходят цапфы *23*, служащие

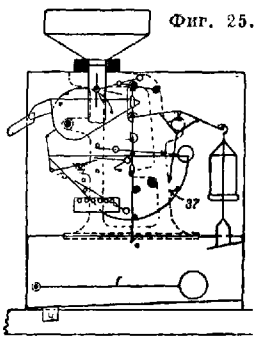


Фиг. 23.

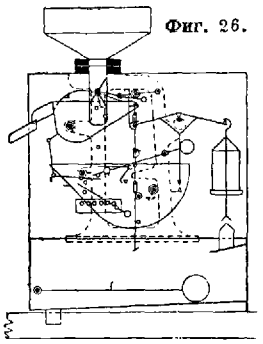


Фиг. 24.

для подвешивания на них основного ковша *6*, в к-рый поступает определенная порция жидкости, отмечаемой счетчиком *30*. Первоначальное положение весов схематически показано на фиг. 25. В этом положении заслонка *9* расположена вертикально, и жидкость полной струей протекает в верхний вспомогательный невесовой ковш *8*. Как только он наполнится, центр тяжести его передвигается вправо от точки вращения *15*, что вызывает его опрокидывание в правую сторону (фиг. 26); шип *19* захватывается зубцом собачки рычага *18*. Носок этого ковша при опрокидывании упирается снизу в ограничитель *16*. При опрокидывании ковша *8* его содержимое сливается в нижний весовой ковш *6* и кроме того протекающая струей в опрокинутый ковш *8* жидкость по его носку течет далее в весовой ковш. В процессе наполнения центр тяжести массы жидкости в нижнем ковше *6* постепенно перемещается влево к его носку. Вследствие этого шип *28* ковша *6*, к-рый вначале не имел сцепления с крюком *27*, теперь плотно прижимается



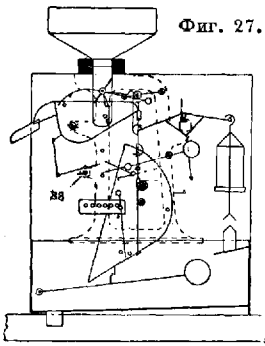
Фиг. 25.



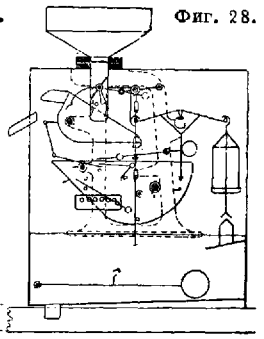
Фиг. 26.

к нему. Крюк *27* прикреплен к серьгам *7* при помощи валика. Роль механизма, при помощи которого достигается постепенное и плавное движение коромысла, играет рычаг *12*, вращающийся вокруг валика *10*, укрепленного в станине совместно с рычагом *13*. Последний рычаг при помощи своего ролика надавливает сверху на серьгу *7*.

Изложенное дает возможность определить различие в расположении и действии этого



Фиг. 27.



Фиг. 28.

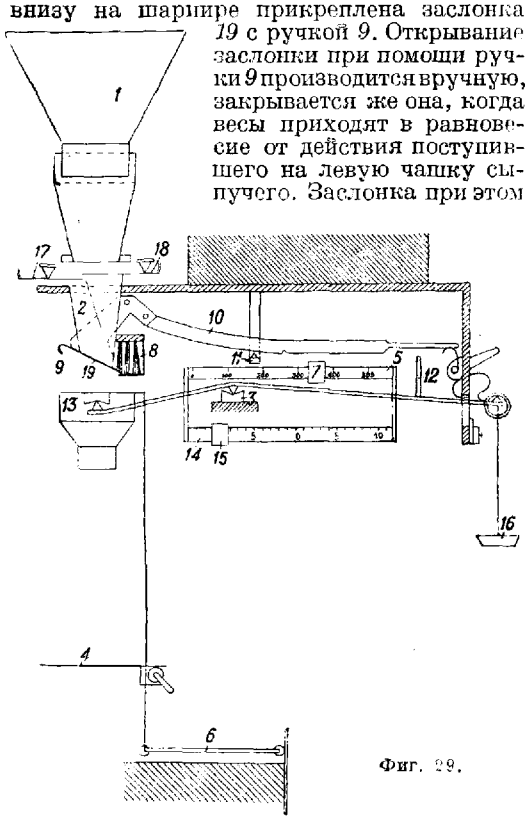
приспособления по сравнению с таковым у сыпучих автоматов, где оно действует на серьги гирной чашки, подталкивая ее снизу вверх. В конечном результате влияние приспособления на ход коромысла аналогично как в описываемых весах, так и в весах для сыпучих тел. Как только серьги *7* с ковшом *6* начинают плавно опускаться, рычаг *13* тоже начинает опускаться, а вместе с ним опускается и рычаг *12*, вращая валик *10*, на котором насажена заслонка *9*. Вследствие этого и заслонка, вращаясь по часовой стрелке, начинает уменьшать щель, че-

рез которую протекает струя жидкости в ковш. Достигнув своего предельного положения, заслонка прекращает протекание жидкости струей в ковш, и только через малую щель *14* этой заслонки еще проникает на весы весьма небольшое количество жидкости. В таком положении заслонки рычаг *13* разобщается с серьгой 7, и с этого момента его давление на серьгу прекращается. В указанный период до наступления полного равновесия на серьгу *7* (как и в автоматах для сыпучих тел) действует только регулятор *31*. При наступлении равновесия прикрепленный к задней ковшевой серьге *7* палец *17* нажимает на правое плечо рычага *18*, висящего на валике, проходящем через тело станины. Вследствие этого левое плечо рычага, представляющее собою собачку, отходит от шипа *19* вспомогательного ковша *8*. Ковш *8*, лишенный задержки, вследствие действия противовеса *29* (фиг. 23), поворачивается справа налево, принимая при этом свое первоначальное положение. В этот момент рычажок *24*, насаженный на валик *15*, соединенный с ковшом *8*, поворачивается сверху вниз и давит на тягу *25*. В свою очередь тяга надавливает на левое плечо рычажка *26*, приподнимая его правое плечо, и рычажок *26*, приподняв крюк *27*, освобождает последний от соприкосновения с шипом *28* ковша *6*. Лишенный задержки ковш опрокидывается, вращаясь вокруг своего валика *23*, а содержимое его сливается в нижний резервуар *32*. При опрокидывании ковша *6* рычаг *35* с поплавком быстро поворачивается вверх, и собачка *33* рычага *35* прижимает выступ *34*, который скреплен с ковшом *6*. Одновременно ролик, также прикрепленный к ковшу, упирается в прилив станины. Собачка *33* и ролик служат таким образом для обеспечения опрокинутого положения ковша впредь до окончательного его опорожнения. Понятно, что сливание взвешенной жидкости в резервуар *32* протекает более быстро, чем ее выливание через нижнюю трубу резервуара; во время опорожнения резервуара *32* рычаг с поплавком падает вниз, собачка *33* разобщается с выступом *34*, и ковш *6* вследствие действия своих противовесов *29* (фиг. 23) быстро возвращается в свое исходное положение. Коромысло при этом также принимает свое первоначальное, наклонное в сторону гирной чашки положение. При таком движении коромысла верхняя часть передней серьги *7*, действуя на рычаг *13*, приподнимает соединенный с ним рычаг *12*, открывая заслонку *9*, и процесс начинается сызнова. При возвращении ковша *6* в свое исходное положение его шип *28* снова западает за крюк *27*.

На фиг. 28 изображено положение весов при их поверке. Рукоятку поворачивают на 180° по отношению к ее положению в рабочем состоянии весов (показано на других фигурах), и благодаря этому заслонка остается все время в закрытом положении (открывание ее невозможно). Одновременно поворачивают на 180° и рукоятку *38*, вследствие чего точка вращения рычажка *26* опускается, и правое его плечо не может соприкасаться с крюком *27* и разобщить его с шипом *28*. В таком положении механизма можно поверить вначале тару весов, сняв гири с чашки. Выверив тару добавлением или вынниманием кусочков металла из полости гирной чашки, можно приступить к поверке веса порций, отпускаемых весами; для этого накладывают гири обратно на чашку, поворачивают рукоятку *37* на 180 градусов в ее рабочее положение, но рукоятку *38* оставляют в нерабочем положении, чтобы не последовало опрокидывания ковша *6*. Наполненный ковш *6* по закрытии истечения струи при помощи вспомогательного ковша *8* должен привести весы в равновесие. Если это не достигнуто и жидкости например поступило в ковш недостаточно, то следует передвинуть гирю регулятора *31* вправо; если же жидкости поступило более, чем необходимо, передвигают гирю в обратную сторону. Технич. правила устройства и поверки автоматич. весов для зерна приведены в изданных ВСНХ СССР (б. Главной палатой мер и весов) правилах, см. издание № 21 и 29, Ленинград, 1926 г.

Р. п. порошкообразных тел, напр. муки, в больших количествах ведут на хлебозаводах на весах полуавтоматич. с помощью электромагнитов. Ввозимые из-за границы такие весы—типа Кейзер и Реймельт. В Москве мучные весы изготовлял Мельстрой, теперь изготовляет их з-д Госметра в Киеве. Развес порциями от 200, 500 *г* и не свыше 3 *кг* разных круп, риса и сахарного песка обычно ведется вручную на столовых весах Беранже, реже—на столовых весах, снабжаемых несложным приспособлением, механизирующим процесс взвешивания и дающим повышенную производительность весовщика. В данное время такого рода приспособления находятся еще в периоде испытаний. В центральных развесочных потребительских об-вах начинают вводить полуавтоматические весы завода Мосмет № 8 подъемной силы до 5 *кг*. Весы эти—типа товарных неравноплечных (фиг. 29)—имеют следующее устройство. На деревянной стойке с прикрепленным к ней бункером *1*, вмещающим более одного мешка (60—70 *кг*) круп, подвешивается коромысло *5* весов и соединяется с бункером выпускная воронка *2* со впускным механизмом. Коромысло с отношением плеч 1 : 2 своей средней призмою опирается на стальные закаленные подушки в опорной металлической стойке *3*, прикрепленной к деревянной станине весов. При помощи передвигаемой на коромысле гири *7* можно производить отвесы до 500 *г*. При больших отвесах, в пределах от 600 *г* и не свыше 5 *кг*, ведут взвешивание, накладывая на гирную чашку *16* на правом плече коромысла соответственные гири. На левом коротком плече коромысла подвешивается особой конструкции чашка *13* с прикрепленным к ней отвесным стержнем, по которому передвигается площадка *4*, на которой помещается тара (мешочек) для продукта, поступающего на весы. Для устранения возможных сильных качаний этой чашки нижний конец ее стержня при помощи струнки *6* на шарнирах связан со стойкой. Регулировка весов для недопущения недовесов или перевесов осуществляется при помощи регулятора *14-15*, связанного с коромыслом *5*. На планке *14* регулятора нанесены деления от левой руки к правой: 10-5-0-5-10; передвижением насаженной на ней гири *15* регулируют дей-

ствие весового механизма. Выпускная воронка *2* имеет две задвижки. Верхняя задвижка *18* применяется при окончании работы на весах, другая задвижка *17*, с делениями, закрепляется на первом делении при отвесах не свыше 1 *кг* и на втором делении—при пропуске больших порций сыпучего; т. о. регулируется ширина сыпи. К воронке *2* внизу на шарнире прикреплена заслонка *19* с ручкой *9*. Открывание заслонки при помощи ручки *9* производится вручную, закрывается же она, когда весы приходят в равновесие от действия поступившего на левую чашку сыпучего. Заслонка при этом



Фиг. 29.

автоматически закрывает выходное отверстие, прижимаясь к нижней рамке воронки со щеткой *8*. Закрывание происходит след. обр.: к правой стенке заслонки на шарнире присоединена штанга *10*, в своей средней части поддерживаемая скобой с упором *11*, прикрепленной к полке стойки весов. Против упора на штанге имеется зарубка, к-рой она садится на упор в период загрузки весов, благодаря чему в это время заслонка удерживается открытой. При таком положении штанги *10* правый ее конец расположен над шипом *12*. При ударе шипом *12* по концу штанги *10* шип вместе с коромыслом поднимается вверх после достаточной загрузки приемной чашки *13* сыпучим, и штанга соскакивает с упора *11*; тогда заслонка *19*, не испытывая задержки под действием собственного веса, падает и, отсекая сыпь, окончательно закрывает воронку. Поступившее в чашку *13* сыпучее снимается с площадки *4* вручную. Вновь кладут на площадку *4* мешочек, оттягивают рукою заслонку *19*, и повторяется следующее автоматич. взвешивание. Пропускная способность описываемых весов при мелких отвесах—до 500 *кг* круп или сахарного песка в 1 ч.

Развес ч а я ведется при помощи системы нескольких весов. Такие весы наиболее совершенной конструкции сконструированы инж. В. Д. Поповым. Весы состоят из комплекта работающих совместно и одновременно четырех весов. На первые весы насыпается быстро и грубо приблизительная порция взвешиваемого чая. Например если чай развешивается порциями по 200 *г*, то на первые весы попадает примерно 180 *г*; на весы эта порция выбрасывается из воронки сразу. Автоматически эта порция в чашечке передвигается на другое по дуге место и поступает на вторые весы, где пополняется медленно текущей струей чая до получения веса примерно 190 *г*. На третьих весах, куда попадает упомянутая чашечка со 190 *г* чая, порция несколько дополняется, и на четвертых весах к этой же порции из воронки тонкой струей досыпается последний недостающий 1 *г* чая с большой точностью. При дальнейшем вращательном (по часовой стрелке) движении чашки с правильной порцией чая она опоражнивается и вновь попадает на первые весы. Т. о. комплект весов функционирует так, как если бы находились в эксплоатации одни весы. Нормально на таких весах следует производить не свыше 22 отвесов в минуту, фактически же производят и свыше 30 взвешиваний. Весы снабжены электромагнитами. Следует отметить, что форсирование взвешивания путем увеличения числа отвесов в минуту влечет неточность отдельных взвешиваний.

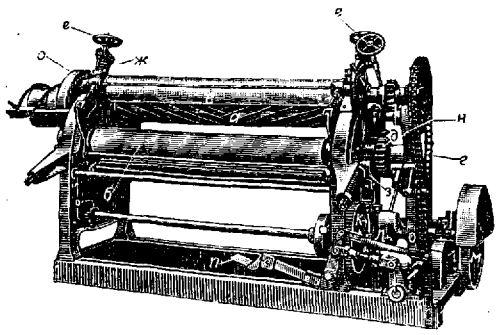
Меньшее применение имеет развесочная и упаковочная для чая и сахарного песка немецкая машина «Hesser», состоящая из трех весов небольших размеров и из весьма интересного упаковочного механизма. Габаритные размеры машины 4,5×3,5 *м* при очень большой высоте (вместе с бункером). На этой же машине автоматически отвешивают и упаковывают в пачки сахарный песок. Отзывы о работе машины—наилучшие. В минуту она делает до 50 отвесов по 1 *кг* или 500 *г*. Включение и выключение весов производятся действием электромагнитов. Из американских автоматов для развески мелкими порциями муки у нас имела применение развесочная машина «Pneumatic» (Scale Ltd U. S. A.) с дозировочным аппаратом. Для взвешивания круп применялись также весы «Auto-Kipper» в Ягенберге. Весы работают со скоростью 13 взвешиваний в минуту. Отклонения среднего веса из суммы 10 отвесов в пределах −1 *г* и +0,4 *г*, чувствительность при нагрузке 500 *г*—0,340 *г*. Автоматич. весы «Fix» (P. Steimel D. R. P.) подъемной силы до 5 *кг* для круп имеют небольшое применение в ленинградской кооперации. «The Scott automatic»—весы для круп порциями не свыше 2 *кг*, типа столовых весов Роберваля с приспособлением для автоматич. взвешивания. Техкарт ГНБ ВСНХ—28—42467 (Berlin) указывает на развесочную машину, к-рая одинаково пригодна для сыпучих тел, кусковых, для мешков, небольших брусков и т. д. Новые типы автоматич. весов в СССР допускаются по надлежащем их испытании. Погрешности таких весов не должны превосходить 1 : 1 000 взвешиваемого груза. Временно для полуавтомата Мосмета (см. выше) установлены допускаемые погрешности при взвешиваниях порциями до 2 *кг* ± 6 *г* и свыше 2 *кг* + 10 *г*. Периодическое ежемесячное распределение круп, сахара и др. продук-

тов в крупных промышленных центрах создает необходимость предварительной развески продуктов в центральной развесочной, откуда последние развозятся по распределителям. В развесочной автоматически отвешиваемые порции продуктов упаковываются в бумажной таре в ящики (средний вес ящика с содержимым 50 *кг*). Ящики помещаются на транспортную ленту, подводятся к спуску и опускаются вниз на грузовик.

Лит.: Доброхотов А. Н., Весы, 2 изд., М.—Л., 1926; Кац И. С., Торговые весы, их конструкция, теория и выверка, Одесса, 1905; «Хронос», Описание автовесов для солода, СПБ, 1914; «Либра», Описание автовесов для зерновых культур, Москва, 1924; Кац А. и Власов А., Описание автовесов для зерна и свеклы, «Журнал Союзсахара», Москва, 1931; Tauchnitz O., Automatische Registrierwagen, Mch.—B., 1913; Schenck, Automatische Getreide- u. Malzwage «Pallas», «Uhlands techn. Rundschau», Lpz., 1897; Tauchnitz O., «Z. d. VDI», 1926, B. 70, *7*, *13*. **А. Власов и А. Кац.**

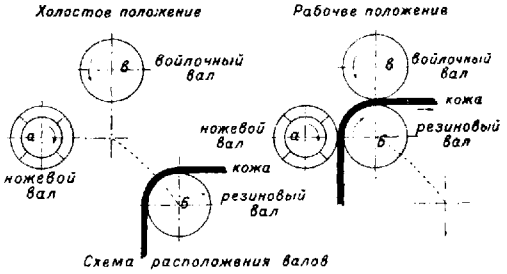
РАЗВОДНЫЕ МАШИНЫ служат для растягивания кожи и разглаживания складок, имеющихся на лице кожи. Р. м. по конструкции можно разделить на три основных вида: валичные, барабанные и столовые машины. Столовые машины бывают двух видов: машины с горизонтальными столами и с вертикальными столами.

Валичные Р. м. (фиг. 1). Рабочей частью этой машины являются ножевой вал *а*, снабженный тяжелым маховиком *о*, получающий движение от трансмиссии и вращающийся в подшипниках с кольцевой смазкой, и 2 транспортных вала—резиновый *б* и металлический покрытый войлочным чулком вал *в*, соединенный цепью Галля *г* с приводом машины. Он вращается в подшипниках, к-рые маховичками *е* можно опустить или поднять. Установленными на подшипниках вала пружинами *ж* обеспечивается эластичное соприкосновение вала *б* с валом *в* в их рабочем



Фиг. 1.

положении. Резиновый вал *б* укреплен на шарнирносвязанных между собой рычагах *з* и кривошипном механизме *к*, связанном с приводом машины через фрикционную муфту *л*. Вал, на котором сидит муфта, связан через зубчатую передачу *м* и ременную *н* с ножевым. При включении машины ножевой вал *а* начинает вращаться, а резиновый вал *б* остается неподвижным. Кожа забрасывается на резиновый вал, и рабочий нажимает ногой на педаль *п*, связанную системой рычагов с фрикционной муфтой. По включении муфты кривошипный механизм приходит в действие, и резиновый вал приближается к ножевому и войлочному валам, получая свое вращение через зубчатую передачу *д* от вала *в*. В таком положении вал *б* остается столько времени, пока кожа не будет обработана. После этого снова нажимают на педаль, и резиновый вал отходит в свое первоначальное положение (фиг. 2). Ножевой и резиновый валы имеют вращение в одну сторону, резиновый и войлочный—в противоположные. Обрабатываемая кожа зажимается между резиновым и войлочным валами, и так как последние имеют вращение в противоположные стороны, то она и выбирается из-под ножевого вала. Разводка кожи

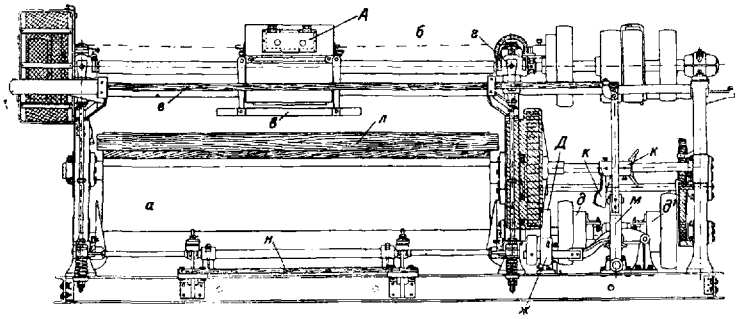


Фиг. 2.

ножевым валом производится на резиновом, поэтому качество обработки зависит от силы прижатия резинового вала к ножевому. На последнем насажены спиральные правые и левые медные ножи, которыми и производится разводка кожи. Каждая кожа должна закладываться в машину не менее двух раз. Регулировка разводных валичных машин заключается а) в установке параллельности между валами *а*, *б* и *в*; б) в подборе правильного нажима вала *в* на *б* в зависимости от толщины кожи; в) в выборе правильного нажима вала *б* на *а* (вал *б* не должен касаться вала *а*, т. к. в противном случае может пострадать резина). Эта машина может работать и как отжимная машина. Данный тип машины строится для обработки кож как растительного, так и хромового дубления и применяется главным образом для верхнего мелкого товара. Размер машины определяется длиной ножевого вала, к-рая равняется округленно 1 600, 1 800, 2 100, 2 700 и 3 500 *мм*. Производительность этих машин в час 120—150 мелких кож, 35—50 крупных кож; расход энергии 5—15 HP; занимаемое место: шир. 1 300 и 2 200 *мм*, дл. 3 000—5 000 *мм*. При выборе размера машины необходимо руководствоваться размерами кожи, которую нужно обрабатывать. Преимуществом данного типа машины необходимо признать, что при большой производительности машина занимает мало места, недостатком машины является быстрое срабатывание резинового вала и войлочного чулка. Особенно пригодна эта машина для разводки хрома, т. е машина с длиной вала в 1 600, 1 800 и 2 100 *мм*. В СССР к постройке данного типа машин приступлено.

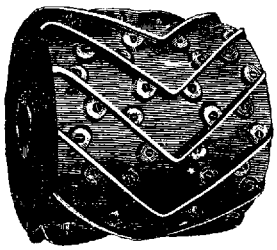
Барабанные Р. м. употребляются для разводки тяжелого подошвенного товара. Рабочей частью этой машины (фиг. 3) является короткий ножевой вал (барабанчик) *А* и полубарабан *а*, на который кладется обрабатываемая кожа. Ножевой барабанчик получает вращение от привода машины с помощью системы ременных передач и кроме того движется вдоль по валу взад и вперед при помощи бесконечной цепи *б*, расположенной позади его. Присоединение

барабанчика к цепи производится от руки рычагом *в*, находящимся перед барабаном. Для движения барабанчика в одну сторону он присоединяется к верхней половине цепи, для движения в обратную—к нижней части цепи. На ножевом барабанчике за-



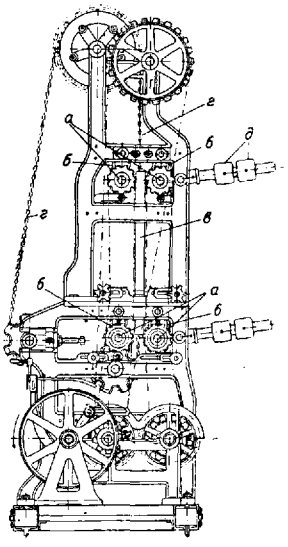
Фиг. 3.

креплены с помощью болтов угловые бронзовые ножи, к-рыми и обрабатывается кожа. Ножевой барабанчик (фиг. 4) вместе с валом установлены на качающемся рычаге *г* (фиг. 3); последний нажимом педали можно прижать к полубарабану *а*, на к-рый кладется кожа. Полубарабан связан с приводом машины при помощи системы зубчатых передач, фрикционных муфт *д* и *д'* двух шкивов, к-рые вращаются в противоположные стороны с помощью прямого и перекрестного ремней. При включении первой муфты барабан получает вращение в одну сторону, при включении другой—в обратную. Включение муфты производится штангой *е* и системой рычагов, находящихся впереди машины под рукой у рабочего. На том же валу, где сидят фрикционные муфты, помещается ленточный тормоз *Д*; лента последнего прижимается к тормозному диску противовесом *жс*. В тот момент, когда та или другая муфта включена, рычаги для включения муфты приподнимают противовес *жс*, чем освобождается диск от ленты. В тот момент, когда обе муфты выключены, рычаг для включения муфты опускается книзу, противовес прижимает ленту к тормозному диску и этим затормаживает барабан в нужном положении. Полубарабан совершает неполный круг, для чего в машине имеются автоматич. ограничители хода, помещенные на оси полубарабана и представляющие собой 2 лопасти *к*; при крайних допустимых положениях барабана они ударяют по стойке *м*, связанной с рычагами, включающими муфты. Полубарабан делается железным и покрывается войлоком толщиной 20—25 *мм* и поверх чепраком. Кожа забрасывается на барабан и прижимается деревянным прижимным брусом *л*, к-рый прижимается к барабану спиральными пружинами; т. к. полубарабан *а* можно остановить в любом положении с помощью рычагов и нажим барабанчика *А* зависит только от нажима на педаль *н*, то каждую часть кожи можно обработать полностью, подвергая ее действию ножевого барабанчика. Кожа в машину закладывается не менее двух раз. Барабанные Р. м. с длинным ножевым валом отличаются от вышеуказанных только тем, что взамен ножевого барабанчика *А* и вала, на котором вращается барабанчик, устанавливается сплошной ножевой вал со спиральными правыми и левыми бронзовыми ножами. В СССР строится машина с проходом для кож 2 740 *мм* на з-де им. Калинина в Москве и з-де им. Коминтерна в Воронеже с коротким подвижным барабаном. Производительность барабанной машины 10 кож в час; расход энергии около 15 HP; занимаемое место 5 000×2 200 *мм*. Преимуществом этого типа машины перед другими являются более легкие условия труда.



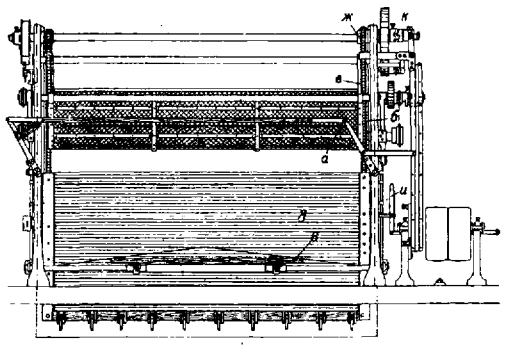
Фиг. 4.

Вертикальные Р. м. строятся с 1, 3, 4 и 5 столами. Вертикальные столовые машины 3-, 4- и 5-стольные по своей конструкции одинаковы и отличаются друг от друга только числом столов и их размером. Рабочий инструмент многостольных вертикальных разводных машин (фиг. 5) состоит из двух пар ножевых валов *а*, расположенных одна над другой. Ножевые валы снабжены правыми и левыми спиральными медными ножами, зачеканенными красной медью в канавках вала. Валы вращаются в качающихся подшипниках *б*, укрепленных в обеих вертикальных станинах машины. Свое вращение валы получают с помощью цепей Галля от привода машины. Столы *в* подвешены на вертикальной бесконечной цепи Галля *г*; при включении машины цепь Галля приходит во вращение и протягивает столы с положенной на них лицом вверх кожей сначала между первой, а затем между второй парой валов. Валы к столам прижимаются грузами *д*, расположенными на рычагах, связанных с подшипниками; т. о. прижим валов к столам зависит только от регулировки машины. Столы деревянные покрываются войлоком толщиной 15—20 *мм*, поверх которого кладется чепрак. При включении привода машин вся система сразу же приходит в движение. В СССР строят машины только одного размера, а именно с 4 столами, размером 1 660 *мм* на заводе им. Артема в Киеве. Производительность многостольных вертикальных машин 200—300 мелких кож в час; мощность двигателя около 5 HP; за-



Фиг. 5.

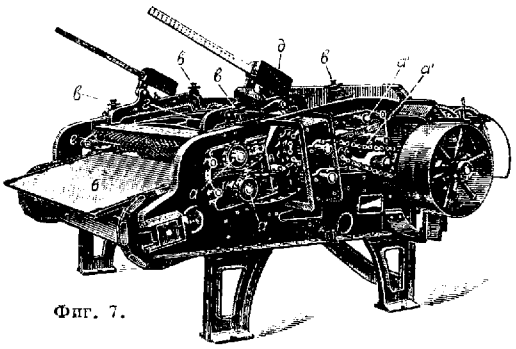
нимаемое место 1 700×3 300 *мм*; высота машины 3 200 *мм*. Преимуществом данной машины является занимаемая ею малая площадь. Эта машина может быть применяема и как волососгонная. Вертикальная Р. м. с одним столом отличается от предыдущих машин: 1) числом столов (один); 2) числом валов (1 пара); 3) способом прижима ножевых валов к столу и 4) системой, приводящей в движение стол. Ножевые валы *а* (фиг. 6)



Фиг. 6.

получают вращение непосредственно от привода машины с помощью цепей Галля *б*. Прижим валов к столу достигается нажимом на ножную педаль *в*, отчего валы приближаются друг к другу и зажимают между собой стол. Стол имеет поступательно-возвратное движение вверх и вниз от цепи *е*, перекинутой через звездочку *эс*, получающую вращение от привода машины при помощи цепной передачи и фрикционной муфты. На другом конце этой цепи висят противовесы, частично уравновешивающие вес стола. Стол делается из дерева и покрывается войлоком толщиной 20—25 *мм* и чепраком. Движение стола вверх происходит от вращения звездочки, через которую перекинута цепь стола, а движение стола вниз происходит под влиянием собственного веса. При включении машины во вращение сразу приходят лишь ножевые валы, в которых зачеканены спиральные правые и левые медные ножи. Стол начинает двигаться только после того, как при помощи рычага *и* включается кулачковая муфта *к*, соединяющая звездочку вала *эс* с приводом машины. При достижении столом крайнего верхнего положения рычагом *и* выключают кулачковую муфту, и стол опускается книзу. Скорость спускания стола частично уменьшается за счет противовесов. Стол может быть остановлен в любом положении при включении ленточного тормоза, который включается тем же рычагом, что и муфта. Рычаг для натяжения ленты включен в систему рычагов для включения и выключения кулачковой муфты т. о., что при включении муфты лента к тормозному диску не прижимается, при выключении же муфты ленточный тормоз сначала бывает свободным, а при дальнейшем нажатии рычага *и* лента начинает зажимать диск и затормаживать стол на любой высоте. Благодаря тому, что прижим валов к столу производится от нажима на ножную педаль *в* и что стол можно остановить в любом положении, кожу можно обработать в достаточной мере хорошо, удержав стол в нужном месте столько времени, сколько необходимо по качеству данной кожи. При достижении столом крайнего верхнего положения кулачковая муфта может быть выключена автоматически. Для этого на столе прикреплен угольничек, который при достижении столом верхнего положения приподнимает рычаг, связанный с рычагом для включения муфты, и выключает ее. Каждая кожа кладется на стол два раза. Так как в данную машину кожи поступают влажные, то при обработке из кожи выделяется много дубильных соков. Для сбора их и отвода от машины в фундаменте делается углубление, связанное с общей канализационной сетью для сбора соков. Кроме того в том углублении, куда входит стол при своем крайнем нижнем положении, должны быть установлены резиновые или пружинные амортизаторы, на к-рые стол и опускается. Длина стола 3 000 *мм*. Эта машина пригодна для разводки хромовых и мостовьевых кож. Машина строится в СССР на заводе им. Коминтерна в Воронеже; производительность ее 60—70 крупных кож в час; расход энергии 10—12 HP; занимаемое место 1 600×5 300 *мм*; высота—3 300 *мм*.

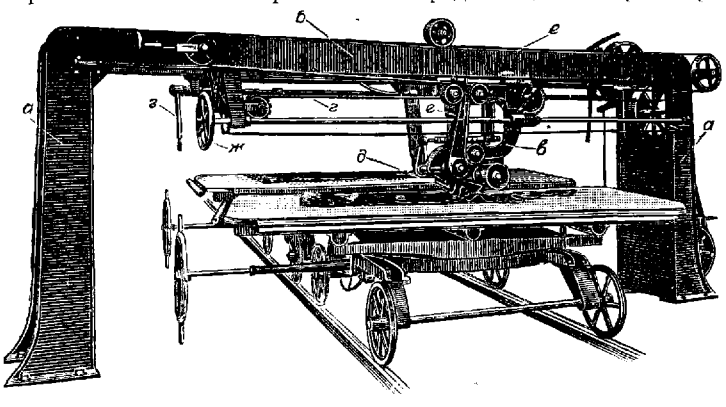
Горизонтальные Р. м. строятся со столами, двигающимися внутри машины на бесконечных горизонтальных цепях, и со столами, двигающимися на рельсах. Горизонтальная машина со столами, двигающимися с помощью бесконечных цепей, строится с 4—5 столами. Первые строятся для разводки крупных мостовьевых кож, вторые—для мелких хромовых и краснодубных кож (фиг. 7). На боковых стойках



Фиг. 7.

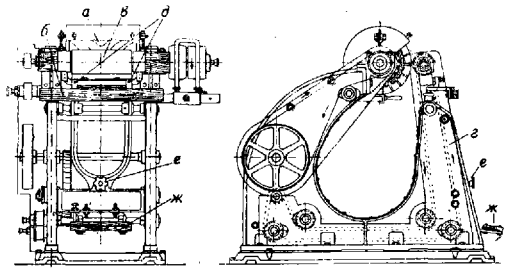
машины на качающихся подшипниках расположены 2 пары валов *аа* и *а'а'*. Между этими валами проходят столы *б*. Валы к столам прижимаются спиральными пружинами *в*. Между первой и второй парой ножевых валов устанавливаются 2 нажимные доски *г*, прижимающиеся к столам—одна сверху, другая снизу—с помощью противовесов *д*. Ножевые валы снабжены медными спиральными правыми и левыми ножами *е*, зачеканенными на валах. Прижимные доски снабжены медными угловыми ножами, прикрепленными к доскам болтами. Кожа загружается с одной стороны машины, а с другой—выгружается. Столы делаются деревянными, покрываются плотным войлоком, а поверх—чепраком. Т. к. часть кож, лежащих на торце стола, не обрабатывается, то каждую кожу необходимо пропускать через машину два раза. Каждый стол по загрузке его кожей проходит сперва первую пару ножевых валов

потом нажимные доски и затем вторую пару валов, после чего со стола снимается кожа и он возвращается внизу машины к передней части ее вхолостую. Эта машина может служить и как разводная и как отжимная. Размер стола машины с четырьмя столами—2 680 *мм*, а машины с 5 столами—1 920 *мм*. Расход энергии 7 и 12 Hp; занимаемое место 3 800×3 200 *мм* и 4 600×4 400 *мм*; производительность ее 150—200 мелких кож, 120—160 крупных кож в час. Преимуществом данного типа машин является большая производительность и хорошая разводка; недостатком—большая занимаемая площадь; при плохой регулировке и чрезмерном нажиме ножи могут рвать кожу. Эти машины строятся в СССР на з-де им. Артема в Киеве. Горизонтальная машина со столами, двигающимися по рельсам, показана на фиг. 8. На двух вертикальных стойках *а*, связанных чугунной балкой *б*, вверху укрепляется привод машины и рабочая часть ее. Последняя представляет собой каретку *в*, которая скользит взад и вперед по чугунной балке *б* с помощью бесконечной цепи *г*, получающей вращение от привода машины. Внизу каретки эластично подвешен барабанчик *д*, снабженный бронзовыми угловыми ножами. Кожа кладется на стол, покрытый цинковыми или медными листами, и на нем подается под машину. Ножевой барабанчик вращение получает от того же привода машины с помощью приводного ремня *е* с нажимными роликами. Каждая машина снабжается двумя столами: один находится в работе под машиной, а другой под загрузкой или же выгрузкой. Движение стола к машине и под самой машиной производится от руки. Стол укреплен на тележке т. о., что он может вращаться на вертикальной оси. Нажим ножевого валика на стол устанавливается рабочим в зависимости от сорта и вида кожи и производится от руки вращением маховичка *жс*. Переключение каретки с ножевым барабаном с переднего



Фиг. 8.

на задний ход и обратно производится или от руки рычагом *з* переводом прямого или перекрестного ремня на рабочий шкив или же автоматически при достижении кареткой крайних положений. Данная машина обеспечивает хорошую обработку кожи, но на ней тяжело работать, т. к. рабочий находится все время в полусогнутом положении и непрерывно должен вращать стол, держать его на месте, подавать вперед и назад, нажимать сильнее и слабее ножевой барабан, переключать каретку с переднего на задний ход, оставлять ее на месте и т. д., т. е. обе руки рабочего заняты все время. Другим неудобством является то, что она требует очень много места. Данный тип машины в СССР не строят. Эта машина пригодна для обработки тяжелых подошвенных кож и ременных чепраков. Производительность ее 15—20 кож в час; занимаемое место 6 000×10 000 *мм*; расход энергии ~4 Hp. Р. м. для лап, пол и воротков мягкого верхнего товара. На двух стойках и подшипниках с кольцевой смазкой установлен ножевой барабан *а*, снабженный бронзовыми угловыми ножами. Ножи к барабану прикреплены болтами (фиг. 9). Свое вращение ножевой барабан



Фиг. 9.

получает непосредственно от трансмиссии. Перед ножевым барабаном устанавливается на качающемся составном **У**-образном рычаге *б* подающий чугунный вал *в*, покрытый сверху резиной, или наборный кожаный. Ножевой барабан и подающий вал вращение имеют в разные стороны. Подающий вал вращение получает от ножевого вала при помощи ремня или цепной передачи, закрытой кожухом *г*. Кожа забрасывается на прижимной вал, который нажимом на ножную педаль *жс* приближается к ножевому валу. Благодаря тому, что подающий вал укреплен на составном **У**-образном рычаге при помощи болтов *д*, вал устанавливается строго параллельно по отношению к ножевому валу. Для того, чтобы резина на прижимном валу не пострадала от непосредственного прикосновения к ножевому валу, в машине имеется ограничитель *е* хода **У**-образного рычага, к-рым можно регулировать машину т. о., чтобы один вал не касался другого. Данная машина строится в СССР на з-де им. Коминтерна в Воронеже и з-де «Вперед» в Ленинграде. Длина ножевого вала 400 *мм*; производительность ее 40—50 кусков в час; занимаемое место 2 200×1 300 *мм*; расход энергии 4 Hp.

Лит.: Боргман И. Е., Выделка подошвенной кожи, пер. с нем., Л., 1927; его же, Хромовое дубление, пер. с нем., М.—Л., 1927. **П. Скрыльников.**

РАЗВОДНЫЕ МОСТЫ, см. *Подвижные мосты.*

РАЗЕНКОВКИ, зенкеры, многорезцовые режущие инструменты, служащие для

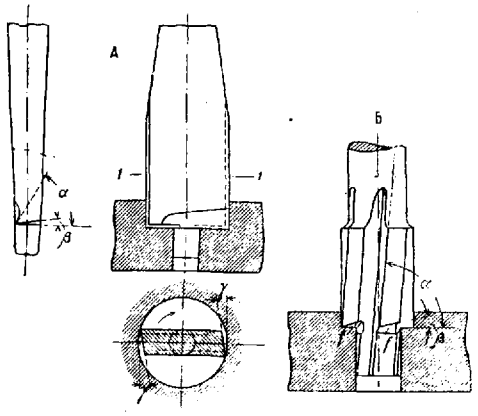
Табл. 1.—Размеры отверстий для винтов с цилиндрическими головками.

d в *мм*	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11
d_1 » »	2,4	2,8	3,15	3,6	4,05	4,4	4,8	5,8	6,5	7,5	8,2	9,2
D » »	5,55	6,05	7,05	8,05	9,1	9,1	10,1	12,1	13,15	14,15	16,15	17,15
d_2 » »	3,05	3,55	4,05	4,55	5,1	5,6	6,1	7,1	8,15	9,15	10,15	11,15

d в *мм*	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	
d_1 » »	9,9	11,6	13,6	15	17	19	20,4	23,4	25,8	28,8	31,25	
D » »	18,2	22,2	24,2	27,25	30,25	33,3	36,3	39,3	45,35	48,35	52,4	
d_2 » »	12,2	14,2	16,2	18,25	20,25	22,3	24,3	27,3	30,35	33,35	36,4	

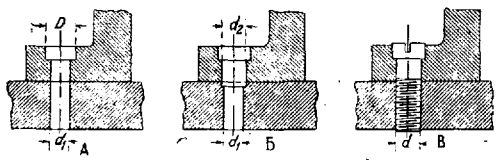
d в дм.	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2
d_1 » *мм*	4,9	6,35	7,75	9,10	10,25	13,25	16,1	19	21,75	24,5	27,5	30	33,25
D » »	11,1	13,15	16,15	17,15	19,2	24,2	30,25	33,3	38,3	42,35	45,35	50,35	56,4
d_2 » »	6,45	8,1	9,65	11,25	12,9	16,05	19,3	22,45	25,7	28,9	32,1	35,25	38,5

образования углублений для утопленных головок винтов, для обработки торцовых поверхностей втулок, для получерновой об-



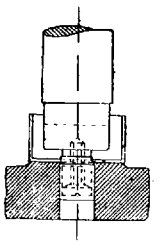
Фиг. 1.

работки (зенковки) предварительно просверленных или отлитых отверстий и выбирания фасонных углублений.



Фиг. 2.

Зенкеры с направляющими цапфами для выборки углублений для утопленных головок винтов изображены на фиг. 1, А—плоский зенкер, фиг. 1, Б—спиральный зенкер. Угол резания α у плоского зенкера берут равным 60—80°, у спирального 75—80°; задний угол β=6—10°, затылочный угол боковых граней γ—настолько большим, чтобы второе ребро грани не задевало о стенки отверстия. Для удобства заточки режущих граней у конца цапфы делают выточку f. Раззенковывание отверстия для винта с цилиндрич. головкой производится в два приема: сначала толстой Р. делают углубление для головки винта диаметром D (фиг. 2, А), затем тонкой Р. уширяют отверстие в том месте, где должна проходить ненарезанная часть винта (фиг. 2, Б). Диаметры обеих Р. для винтов с дюймовой и метрич. резьбой приведены в табл. 1 (фиг. 2, В). На фиг. 3 изображен зенкер с цапфой, сменным резцом и направляющей втулкой для обточки торцовых поверхностей втулок и бабышек. Насадные зенкеры для обработки торцовых плоскостей ступиц со сменными направляющими цапфами состоят из 3 частей (фиг. 4): собственно зенкера a, оправки $б$ и направляющей цапфы $в$. Сменные зенкеры



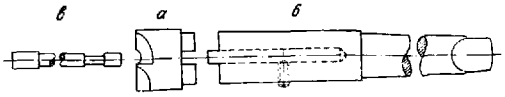
Фиг. 3.

и направляющие цапфы изготовляются различных размеров для одной оправки. Зенкеры с упором (фиг. 5) применяются главным образом при сверлильных работах с приспособлениями для получения одинаковой

Табл. 2.—Значения недомерка для зенкеров.

Диаметр отверстия в *мм*	Недомерок в *мм* для	
	3-зубого зенкера	4-зубого зенкера
12— 18	0,3	—
>18— 30	0,4	0,3
>30— 50	0,5	0,4
>50— 75	—	0,5
>75—110	—	0,6

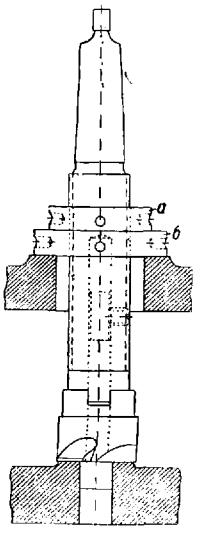
глубины обрабатываемой поверхности. На хвосте такого зенкера нарезается резьба, на к-рую навинчивают-



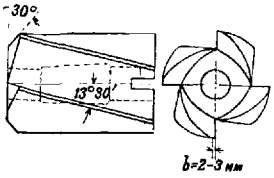
Фиг. 4.

ся две гайки $а$ и $б$; для установки требуемой глубины гайку $б$ устанавливают и закрепляют контргайкой $а$.

Спиральный зенкер для расточки. Для рассверливания отлитых отверстий и для уширения ранее просверленных отверстий применяются 4- или 3-зубые зенкеры, изображенные на фиг. 6 и 7. Трехзубые зенкеры снабжаются конич. хвостом и обычно изготовляются для диам. до 55 *мм*; при бо́льших диаметрах в целях экономии дорогостоящего материала их заменяют четырехзубыми зенкерами. Последние изготовляются с конич. или цилиндрич. отверстиями для насадки на оправки для диам. до 100 *мм* (для диам. больше 100 *мм* применяются обычно резцовые го-



Фиг. 5.



Фиг. 6.

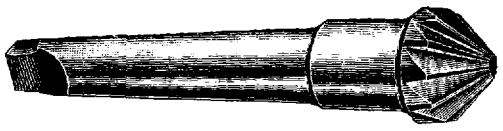
ловки). Конструкция этих зенкеров подобна конструкции спиральных сверл, с той разницей, что режущие ребра их не доходят до центра инструмента; глубина канавок меньше, чем у сверл, количество же их больше. В том случае, если отверстие после Р. должно быть доведено до точного размера *разверткой* (см.), то Р. делают с недомерком, значения к-рого приведены в табл. 2. Угол наклона α спирали цельных

зенкеров составляет 20—30°, а насадных—12—15°. Зенкеры имеют цилиндрич. направляющую фаску b вдоль ребра грани и поверхность, слегка сточенную на конус в направлении к хвосту. Рабочими ребрами являются передние; они должны быть равномерно



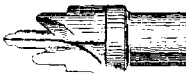
Фиг. 7.

заточены. Зенкеры с тремя режущими ребрами м. б. заточены на станке для заточки сверл. Заточка зенкеров с четырьмя режущими ребрами требует особого приспособления. Материалом для изготовления зенкеров служит углеродистая или быстрорежущая инструментальная сталь.

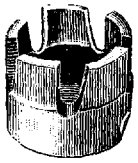


Фиг. 8.

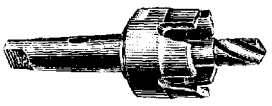
Зенкеры специального назначения. Конусный зенкер (фиг. 8) применяется для *разенковки отверстий для головок винтов* и для удаления заусенцев с отверстий. На фиг. 9 показан фасонный зенкер со сверлом, применяемый на револьверных станках и автоматах в том случае, когда несколько операций д. б. объединены в одну. Зенкеры для котельных днищ (фиг. 10 и 11) служат для вырезывания отверстий большого диаметра под дымогарные или кипятильные трубки в листовом материале и режут исключительно торцовыми



Фиг. 9.



Фиг. 10.



Фиг. 11.

зубьями. Боковая заточка цилиндрич. поверхностей и задняя заточка торца каждого зуба дают требуемые углы резания. **И. Клоков.**

Производство Р. Для производства Р. применяют преимущественно углеродистую инструментальную сталь примерно следующего состава: 0,9—1,2% C, 0,15—0,35% Si, 0,25—0,5% Mn, ≤0,04% P и ≤0,05% S. Применение быстрорежущей стали для производства Р. нецелесообразно, принимая во внимание их работу с малыми скоростями резания и вдобавок прерываемую часто на б. или м. значительный промежуток времени, в течение к-рого инструмент успевает остыть. Исключением являются иногда фасонные Р. для револьверных станков или автоматов, работающие при значительных скоростях и с малыми перерывами. Сам процесс производства Р. распадается на следующие операции: 1) отрезка заготовки нужной длины от пруткового материала; 2) центровка; 3) обточка заготовки на токарном станке; 4) фрезерование зубьев и конца хвоста; 5) термич. обработка—закалка и отпуск; 6) очистка окалины на пескоструйном аппарате; 7) шлифовка рабочей и хвостовой частей; 8) заточка рабочей части зубьев. Отрезку производить лучше всего в холодном состоянии пилой или на отрезном токарном станке; холодная обрубка совершенно исключается. У столярных Р. для коловорота отковывают стержень и квадратный хвост, прочие Р. обычно вытачивают из целого на токарном станке. При массовом производстве отрезка, центровка и обточка объединяются: заготовку вырабатывают непосредственно из прутка на револьверном или автоматич. станке. Фрезерование канавок производится на универсальном фрезеровальном станке с простой или тройной делительной головкой. Закалка производится нормальным способом; нагревают преимущественно в соляной или свинцовой ванне. Отпуск производят часто в песочной ванне, в к-рую втыкают хвостовики Р.; при этом хвосты отпускаются сильнее, чем режущая часть, и следовательно становятся менее хрупкими. Шлифовку рабочей и хвостовой частей производят на нормальном круглошлифовальном станке, а заточку приемной режущей части—на специальных станках либо на универсальных инструментально-заточных станках.

Лит.: Орга-справочник, т. 2, 2 изд., М., 1926; Соколов М., Инструментальное дело, 2 изд., Ленинград, 1926; Диннебир И., Развертывание и зенкование, перевод с немецкого, Ленинград, 1926; Schuchardt u. Schütte, Technisches Hilfsbuch, 7 Aufl., Berlin, 1928; Deutscher Werkmeister-Kalender, herausgegeben v. C. E. Berck, Bd. Schneidwerkzeuge und Vorrichtungen, Leipzig, 1923; Praktische Werkzeuge aus amerikanischen Werkstätten, «Werkstattstechnik», Jahrgang 25, Berlin, 1931, 1; Normung d. Kopfsenker, «Werkstattstechnik», Jahrgang 25, Berlin, 1931, 1; Zapfensenker, «Maschinenbau», B. 11, Berlin, 1932, 7; Spot-facing and Chamfering Tool, «American Machinist», volume 72, London, 1930, 3. **Л. Павлушков.**

РАЗМЕРНОСТЬ, форма зависимости какой-либо физич. величины от выбора единиц измерения. Так, если увеличить в m раз единицу измерения длины и в n раз единицу измерения времени, то числовое выражение длины уменьшится в m раз, числовое выражение времени в n раз, площади в m^2 раз, объема в m^3, скорости в mn^{-1}, числовое выражение ускорения в mn^{-2} раз и т. д. Следовательно площадь имеет размерность квадрата длины, объем имеет размерность куба длины, скорость—размерность длины, деленную на размерность времени, ускорение—размерность длины, деленную на квадрат времени:

$$[s]=[l^2],\quad [V]=[l^3],$$
$$[v]=[lt^{-1}],\quad [\gamma]=[lt^{-2}];$$

равенство между величинами, помещенными в квадратные скобки, означает равенство между их Р. Эти ф-лы Р. сохраняют свою форму в любой системе измерения, т. к. они составлены с учетом физич. величин, входящих в выражение каких-либо законов природы, к-рым эти величины подчиняются. Имеются однако приведенные формулы Р., пригодные лишь для определенной системы измерения. Так например, по закону Кулона два электрические заряда q и q', помещенные в среде с диэлектрическим коэфициентом ε на расстоянии r, действуют друг на друга с силой

$$F=\frac{qq'}{\varepsilon r^2}. \qquad (1)$$

Размерность электрического заряда (q) таким образом может быть выражена следующей ф-лой

$$[q]^2=[F][l]^2[\varepsilon]$$

или

$$[q]=[l][F]^{\frac{1}{2}}[\varepsilon]^{\frac{1}{2}}. \qquad (2)$$

Принимая во внимание, что сила равна произведению массы на ускорение, размерность силы можно выразить через размерность основных единиц массы длины и времени следующим образом:

$$[F]=[mlt^{-2}],$$

так что ф-ла (2) размерности электрического заряда принимает следующий вид:

$$[q]=[m^{\frac{1}{2}}\ l^{\frac{1}{2}}\ t^{-1}\ \varepsilon^{\frac{1}{2}}]. \qquad (3)$$

Эта формула сохраняет свой вид для всякой системы измерения. В так называемой абсолютной электростатической системе *CGS*, построенной на предположении, что диэлектрический коэфициент ε есть некоторое отвлеченное число, равное в пустоте 1 и не имеющее следовательно размерности, для $[q]$ имеет место приведенная формула размерности

$$[q] = [m^{\frac{1}{2}} l^{\frac{3}{2}} t^{-1}], \quad (4)$$

пригодная только в этой системе измерений. Подробные сведения о Р. физич. и технич. величин в различных системах измерения имеются в *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 16—17. Во многих случаях Р. обозначают символами, изображающими единицы измерения. Имеются две точки зрения. Одни считают символы, обозначающие единицы измерения просто сокращенными названиями этих единиц. Скорость v в 5 *м/сек* они обозначают следующей ф-лой

$$v = 5 \ м/сек, \quad (5)$$

в к-рой справа от знака равенства стоит отвлеченное число 5, показывающее, что данная скорость в 5 раз больше выбранной единицы скорости *м/сек*. При этом настойчиво указывается, что обозначение единицы скорости в виде дроби есть только условность и что нельзя делить метры на секунды, т. е. нельзя перемножать или делить друг на друга различные по своей природе величины. Этой точки зрения придерживалось большинство физиков прошлого столетия. В настоящее время все больше встречается приверженцев противоположной точки зрения, утверждающих, что можно делить метры на секунды, подобно тому как можно перемножать векторы, получая при этом новые геометрические величины. Для них формула (5) обозначает, что скорость v равна 5, помноженным на 1 *м* и деленным на 1 сек. Эта точка зрения особенно удобна в случаях необходимости пересчетов с одной системы измерения на другую, например

$$1 \ м = 10^{-3} \ км; \ 1 \ \text{сек.} = \frac{1}{3600} \ \text{ч.};$$

поэтому

$$1 \ м/сек = 10^{-3} \ км : \frac{1}{3600} \ \text{ч.} = 3{,}6 \ км/ч,$$

а

$$5 \ м/сек = 5 \cdot 3{,}6 \ км/ч = 18 \ км/ч.$$

Вместо того чтобы вести расчет с символами величин, встречающихся в физич. ф-лах, можно считать непосредственно с единицами измерения. Напр. связь между зарядом q, емкостью c и напряжением u выражается следующей ф-лой

$$[C] = [VF],$$

т. е. один кулон равен одному вольту, умноженному на одну фараду, или

$$1 \ кг\text{-с} = 1 \ кг \times 9{,}81 \ м \cdot сек^{-2} = 10^{-3} \ т \cdot 9{,}81 \ м \cdot сек^{-2} = 0{,}931 \cdot 10^{-2} \ т \cdot м \cdot сек^{-2} = 0{,}981 \cdot 10^{-2} \ \text{стэн}$$

(при пересчете одного *кг*-силы в стэны). При изменении единицы измерения в ф-лах, выражающих законы природы или геометрич. соотношения, все величины в этих ф-лах, имеющие одинаковую Р., будут изменяться одинаковым образом. Поэтому весьма выгодно с самого начала так записывать эти ф-лы, чтобы можно было выявить Р. всех величин, входящих в эти ф-лы. Тогда при всех преобразованиях ф-лы равенство Р. не должно нарушиться в одночленных ф-лах между правой и левой частью, а в многочленных ф-лах—между отдельными слагаемыми. Это соображение дает прекрасный способ проверки вычислений и позволяет лучше уяснить физическое значение отдельных коэфициентов. Так например, в формуле нагревания

$$\vartheta = A(1 - e^{-at})$$

очевидно, что A—установившаяся $t°$, а $1/a$—постоянная, имеющая Р. времени, т. н. постоянная времени. Соображения о размерности позволяют иногда определять структуру формулы. Так например, если предположить, что период колебания математического маятника T—одночленная функция его массы m, длины l и ускорения земного тяготения g,

$$T = C m^x l^y g^z,$$

то, сравнивая размерности обеих частей

$$[t] = [m]^x [l]^y [lt^{-2}]^z,$$

получим

$$x = 0, \ y = \frac{1}{2}, \ z = -\frac{1}{2},$$

откуда

$$T = C\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Не следует однако думать, что Р. определяет физич. природу данной величины. Часто величины, имеющие совершенно различную природу, имеют одинаковую Р., напр. работа и момент силы. Отношение единиц электрич. зарядов в абсолютных системах *CGS* электростатической и электромагнитной равно как-раз скорости света. Это объясняется тем, что в одной системе искусственно сделана отвлеченным числом магнитная проницаемость, а в другой системе — диэлектрическая постоянная. Тем не менее отсюда нельзя делать никаких особых выводов о физическом смысле выбора этих абсолютных систем.

Лит.: Vallot, Emde, Maurer u. Martens, Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, 1923, стр. 175—176, 520, 742. **Я. Шпильрейн.**

РАЗМЕШИВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ, весьма широко применяемый в химич. технологии процесс, характеризующийся тем, что данное количество того или иного материала подвергается непрерывным механич. воздействиям, чтобы парализовать влияние факторов, создающих физич., химич. или термич. неоднородность материала. Такими факторами могут являться: различия в $t°$, уд. весе, в степени влажности или химич. составе, поверхностная энергия на границе двух фаз, образование новой фазы в результате химич. реакции или определенного физич. процесса и т. д. В конечном счете Р. м. сводится к интенсивному перемещению одних частиц материала относительно других и позволяет в течение всего периода Р. м. поддерживать относительную—достижимую при данных условиях—однородность всей массы вещества. В этом смысле от Р. м. надо отличать процесс смешивания материалов, заканчивающийся в момент достижения требуемой однородности, после чего полученная смесь становится устойчивой и не обнаруживает склонности к перераспределению ее компонентов. Подробно о технике смешивания см. *Бетоньерки* (бетономешалки), *Дымный порох*, *Шихта*.

Процесс Р. м. может иметь своим назначением: 1) ускорение теплопередачи при нагревании или охлаждении материала (а тем самым и ускорение процессов, основанных

на теплопередаче, напр. выпаривания или сушки); 2) содействие растворению твердого или жидкого материала в жидком растворителе (случаи частичной растворимости отвечают технике промывания, извлечения и выщелачивания); 3) содействие адсорбции тех или иных примесей из жидкости суспендированным в ней твердым адсорбентом (очистка и обесцвечивание жидких продуктов); 4) облегчение хода гетерогенной химической реакции путем более полного соприкосновения реагирующих веществ между собой или с внесенным в них катализатором; 5) предотвращение нежелательных реакций, могущих возникнуть в результате местного перегрева или избыточной концентрации одного из реагентов; 6) регулирование процесса кристаллизации веществ из раствора (получение мелких и одинаковых по размеру кристаллов); 7) дезагрегацию твердых или жидких частиц и равномерное распределение их в жидкой среде (эмульгирование, гомогенизация, распускание глин и красок, отмучивание). Случаи п. 7 нередко приводят к образованию высокодисперсных и весьма устойчивых систем, составляя таким образом переход от размешивания материалов к технике смешивания. Особняком стоят такие приемы размешивания материалов, которые имеют целью определенную механическую отделку частиц или зерен материала (окатывание дроби и кондитерских изделий; полировка пороха, риса и т. п.).

Технически Р. м. осуществляется путем придания частицам материала определенной скорости движения внутри сосуда. Важным условием при этом является то, чтобы скорости частиц в смежных слоях возможно больше различались по своей величине. Создание мощных правильных потоков постоянного направления (циркуляция)—мало продуктивный способ Р. м.; оно допустимо лишь при больших скоростях, когда вследствие трения о стенки внутри такого потока возникают интенсивные вихревые движения. Обычно стремятся придать движению частиц б. или м. беспорядочный характер—при помощи турбулентных потоков, встречных и пересекающихся струй или ударов потока о неподвижное препятствие. Для этой цели применяются чаще всего вращающиеся м е ш а л к и различных типов или иные механич. приспособления. Эффективность таких устройств в огромной степени зависит от их конструктивного оформления и от свойств подвергаемых размешиванию объектов; этим объясняется многочисленность и разнообразие существующих конструкций мешалок, причем каждая из них применима лишь к определенной категории материалов и определенному типу технологич. процессов. Объектами размешивания материалов могут быть: сыпучие материалы; вязкие жидкости и массы тестообразной или мазеобразной консистенции; однородные жидкости; неоднородные системы с жидкой дисперсионной средой, где дисперсная фаза может быть жидкой, твердой или газообразной, и наконец газы.

I. Р а з м е ш и в а н и е с ы п у ч и х м а т е р и а л о в. Если размешивание каждой порции обрабатываемого материала не должно быть длительным, то иногда размешивание осуществляют при помощи шнека, т. е. бесконечного винта, помещенного с небольшим зазором внутри трубы или жолоба соответствующего диаметра и приводимого в медленное вращение.

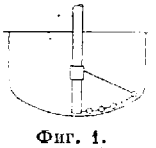
Шнеки располагаются чаще всего горизонтально, реже наклонно или вертикально; они перемешивают материал, одновременно перемещая его вдоль трубы или жолоба; ход винта обычно составляет 0,5—0,7 диаметра шнека. Недостатки этой системы—весьма грубое перемешивание материала, тяжеловесность конструкции и значительный ее износ; специально для размешивания материалов шнеки применяются лишь в редких случаях.

Если обработка материала требует длительного или периодич. размешивания, то применяют г о р и з о н т а л ь н ы е м е ш а л к и, представляющие собою вал достаточной длины с укрепленными на нем лопатками или скребками. Лопатки насаживаются обычно по винтовой линии; если они перпендикулярны к диаметральному сечению вала, то материал подвергается лишь размешивающему действию; при наклонном положении лопаток они действуют наподобие шнека, сообщая материалу поступательное движение. Такого рода мешалки используются в моечных машинах, при обработке сыпучих тел горячими газами, при кальцинировании соды, в производстве ацетона и уксусного ангидрида, при хлорировании извести (аппараты Газенклевера), для перелопачивания зерна и солода и т. п. Иногда горизонтальные мешалки устраивают подвижными, т. е. вал мешалки независимо от вращения перемещается параллельно самому себе в горизонтальной плоскости, совершая периодически возвратные движения; такое устройство позволяет обрабатывать одновременно большое количество материала, распределенное в виде слоя на значительной площади (сушильные камеры).

При сушке или поджаривании растительных семян, солода, крахмала и т. п. для размешивания материалов применяются также простейшего устройства в е р т и к а л ь н ы е м е ш а л к и, снабженные скребком или цепью (см. ниже). Наконец весьма употребительным и во многих случаях выгодным приемом является размешивание сыпучих материалов во в р а щ а ю щ и х с я б а р а б а н а х, при помощи зубчатого обода сцепляющихся с ведущей шестерней либо с червячной передачей. Этот способ Р. м. особенно пригоден для сушки, кальцинирования, пирогенного разложения и химич. обработки сыпучих материалов газами. Примерами таких устройств являются вращающиеся содовые и цементные печи, сушильные барабаны, растильные камеры для солода и бочки для полировки дымного пороха. Скорость вращения может колебаться от 20 оборотов в минуту (порох) до 1—2 оборотов в час (солод). Для усиления размешивания материалов иногда внутреннюю поверхность барабана снабжают ребристыми выступами.

II. Р а з м е ш и в а н и е в я з к и х ж и д к о с т е й и п о л у ж и д к и х м а с с характеризуется большим расходом механич. энергии и значительным скручивающим усилием, к-рое испытывает вал мешалки; вследствие этого таким мешалкам придается малая скорость вращения (1—20 об/м.). Что касается рабочих частей мешалки, непосредственно выполняющих Р. м., то, с одной стороны, они д. б. сконструированы достаточно прочно, чтобы сопротивляться большим и изгибающим усилиям, а с другой,—они должны захватывать все горизонтальное сечение сосуда, так как в вязком материале механические возмущения затухают, не распространяясь в стороны. Наконец такого рода устройства должны быть обеспечены от поломок в случае внезапного повышения сопротивления размешиваемой массы.

Простейшим типом мешалки для вязких жидкостей является ц е п н а я м е ш а л к а (фиг. 1), применяемая напр. в кубах для периодич. разгонки каменноугольной смолы; цепь такой мешалки при вращении вала волочится по дну куба, отдирая насыхающую на нем корку. Из многочисленных типов горизонтальных и вертикальных мешалок для вязких материалов более применимы горизонтальные мешалки, на валу которых винтообразно насажены кулаки или била квадратного сечения, или плоские лопатки, или лопасти более сложных очертаний; такие мешалки применяются в сахароваренном, лакокрасочном и других производствах. В случае особенно

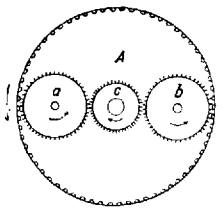


Фиг. 1.

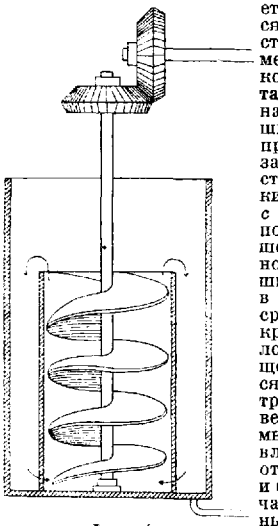
высокой вязкости материала (тестомесильные и глиномесильные машины) работа размешивания материалов возлагается на самый вал мешалки, к-рому для этого придается изогнутая или коленчатая, например Z-образная, форма (фиг 2). Для предохранения вала от поломок нередко применяется фрикционная или планетарно-зубчатая передача движения от трансмиссии к валу мешалки. В первом случае червячное колесо свободно насаживается на вал мешалки и вращается на холостом ходу до тех пор, пока с помощью особого маховичка оно не будет зажато между нажимной муфтой и упорной шайбой вала; при перегрузке мешалка имеет возможность остановиться, если нажим муфты допустит некоторое скольжение между муфтой и червячным колесом. Принцип планетарной передачи показан на фиг. 3. Передаточный шкив *A*, вращающийся непрерывно, имеет зубчатое зацепление на внутренней стороне обода: вал мешалки с ведущей шестерней *c* получает движение при посредстве промежуточных шестерен *a* и *b*. При остановке мешалки вращение шкива *A* не прекращается; в зависимости от вязкости среды, т. е. от величины крутящего момента, приложенного к валу, его вращение б. или м. замедляется, не отражаясь на работе трансмиссии. Применение вертикальных мешалок во многих случаях представляется более удобным (в отношении формы сосуда и его герметичности), а подчас и единственно возможным (напр. в автоклавах), хотя и наталкивается на ряд технич. затруднений; однако за последнее время в обработке вязких масс наблюдается стремление к использованию мешалок вертикального типа. В процессах, связанных с нагреванием материалов и возможностью их пригорания, применяются мешалки со скребущими лопатками, доходящими вплотную до дна и стенок сосуда; для материалов, твердеющих в процессе обработки, — мешалки с режущими лопатками; при растворении или взмучивании плотных осадков применяются опускные мешалки, которые во время их хода можно постепенно погружать в обрабатываемую массу. В сахароваренных вакуум-аппаратах и в производстве пластич. масс пользуются распространением винтовые мешалки, очень простые по устройству и надежные в работе (фиг. 4). Такая мешалка представляет короткий шнек, расположенный вертикально и окруженный патрубком, имеющим в своей нижней части ряд отверстий; может работать в любом направлении, а именно гнать жидкость по патрубку вверх или вниз. Более сложны по конструкции, но чрезвычайно эффективны в смысле энергичности Р. м. и получения смесей высокой гомогенности — планетарные мешалки (фиг. 5). Они отличаются тем, что вал мешалок (их м. б. одна или две) кроме обычного вращения совершает еще круговое движение по образующей цилиндра; вращение передается через полую ось *o'*, при этом мешалки движутся по кругу и, будучи сцеплены шестернями *x* с неподвижной внутренней осью *o*, приобретают вращение вокруг собственной оси. Изображенная на фиг. 5 мешалка более пригодна для эмульсий и суспензий небольшой вязкости. Другой образец планетарной мешалки, представленный на фиг. 6, годен для обработки густых паст, тертых красок и т. п. смесей. Для вязких масс и грубых суспензий пригодна также недавно предложенная мешалка Эйриха—комбинация горизонтального диска с системой гибких лопастей (поставленных косо к направлению движения), причем обе эти части вращаются в противоположные стороны.



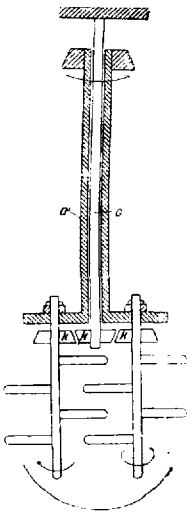
Фиг. 2.



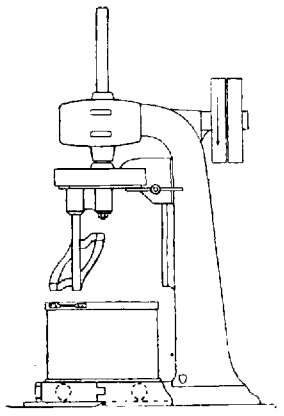
Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

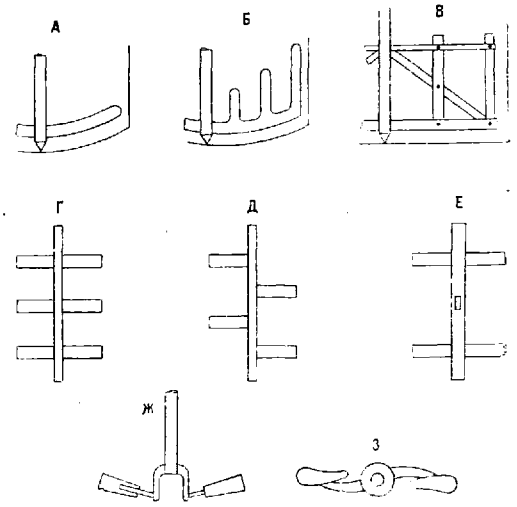


Фиг. 6.

III. Размешивание подвижных жидкостей, суспензий и эмульсий. Эта область отличается наибольшим разнообразием применяемых методов Р. м. и типов мешалок. Здесь используются как горизонтальные, так и вертикальные мешалки, преимущественно последние. В ряде случаев Р. м. преследует лишь цель усиления теплообмена, т. к. применение мешалок позволяет значительно сократить требуемую поверхность нагрева или охлаждения. Напр. коэф. теплопередачи k (в Cal/м²·час·°C) при обогреве подвижной жидкости паром с помощью погруженного в нее медного змеевика, в случае употребления мешалки, м. б. определен (по Таусбранду) из ф-лы

$$k = 750\sqrt{v_n}\cdot\sqrt[3]{0{,}007 + v_ж},$$

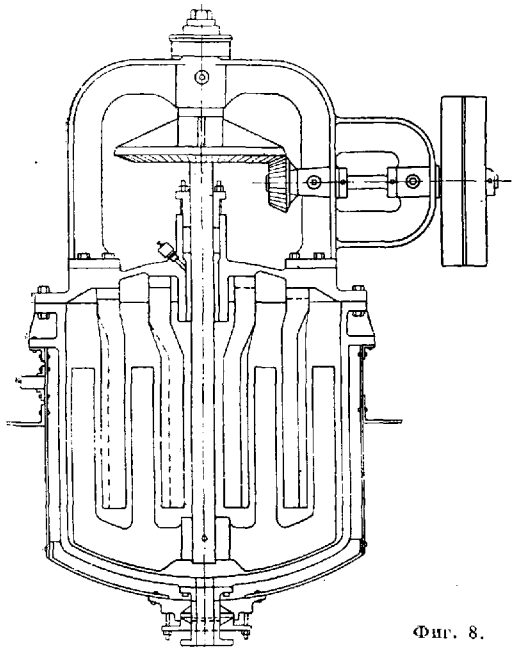
где v_n и $v_ж$ — скорости движения пара и жидкости (в *м/(к)*). Величина $v_ж$ зависит от конструкции и скорости вращения мешалки и от вязкости жидкости. При обогреве горячей водой, $t°$ к-рой не слишком отличается от $t°$ нагреваемой жидкости, было установлено, что коэф. теплопередачи k растет почти равномерно с увеличением числа оборотов мешалки (при любой форме последней), достигая своего максимума при скорости ок. 60 об/м., которую и не следует превышать,



Фиг. 7.

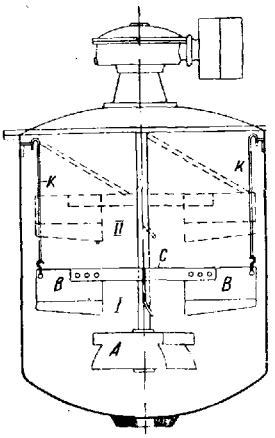
если имеется в виду только облегчение теплопередачи. Применение же размешивания в гетерогенных реакциях для обеспечения тесного контакта между фазами заставляет иногда доводить скорость вращения мешалки до 300 об/м. В реакционных аппаратах (реакторах, варочных котлах, автоклавах) для Р. м. употребляются почти исключительно вертикальные мешалки.

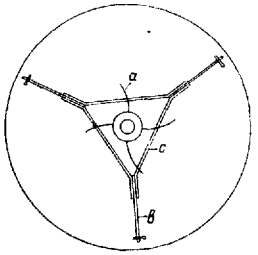
Простейшей формой такой мешалки является вертикальный вал с конич. шестерней или шкивом на верхнем конце, с опорами в верхнем подшипнике и подпятнике, несущий у своего нижнего конца две диаметрально противоположные плоские лопатки (фиг. 7, А). Лопатки укрепляются вертикально и при своем движении гонят перед собой частицы материала, которые вместе с тем получают скольжение в направлении к периферии лопаток под действием центробежной силы. Обе лопатки должны иметь одинаковую площадь и быть вполне симметричными по форме во избежание появления изгибающего момента на оси мешалки. При растворении материалов, эмульгировании несмешивающихся жидкостей и вымучивании осадков, чтобы охватить действием мешалки больший объем среды, лопаткам придают более сложное очертание, например снабжают их по краю длинными вертикальными зубьями (фиг. 7, Б). Такое усложнение профиля идет в ущерб механич прочности лопаток; поэтому длинные зубья нередко скрепляют горизонтальными или косыми накладками, и вся система принимает вид решетки (фиг. 7, В). Вместо этого можно устапавливать по высоте вала несколько пар простых лопаток; последние могут располагаться супротивно или чередуясь и лежать в одной или нескольких диаметральных плоскостях (фиг. 7, Г, Д и Е). Увеличивая общую поверхность лопаток, необходимо однако иметь в виду основной недостаток всех мешалок с вертикальными лопатками, к-рый состоит в том, что они вовлекают в круговое движение всю массу размешиваемой жидкости; благодаря этому уменьшается эффект размешивания; расход же энергии остается большим и может даже увеличиваться. Для предотвращения этого нежелательного явления м. б. применены различные приемы.



Фиг. 8.

Изредка устраивают мешалки с двойной осью—внешней трубчатой и внутренней сплошной,—из к-рых каждая несет на себе по паре лопаток, вращающихся во взаимно противоположных направлениях. Гораздо чаще применяется другой прием: стенки сосуда снабжаются системой выступов или неподвижных лопаток, в промежутках между к-рыми вращаются лопатки мешалки. Этим достигается весьма энергичное Р. м., но для крупных заводских установок наличие неподвижных лопаток представляет известное неудобство, затрудняя доступ внутрь аппарата, его осмотр, чистку и ремонт. Более удачным разрешением задачи является монтаж неподвижных выступов на съемной крышке аппарата (фиг. 8). Увлекающего действия мешалки на жидкость можно также избежать, устанавливая в сосуде не одну, а две мешалки, вращающиеся в противоположных направлениях, причем орбиты их лопаток взаимно пересекаются. Такая пара мешалок приводится в действие зубчатой передачей от ведущей центральной шестерни; если эта система в целом получает самостоятельное вращение вокруг оси всего аппарата, то такое устройство представляет собой уже тип мешалки планетарной (см. выше). Уклонение плоскостей лопаток от вертикального направления, часто практикуемое, также уменьшает их увлекающее действие и является в конструктивном отношении переходом к мешалкам пропеллерного типа (см. ниже). Наконец новым, еще мало привившимся в технике приемом Р. м. является введение пропульсивных мешалок, где непрерывное вращательное движение рабочих частей заменено периодическим возвратным, осуществляемым при помощи кривошипной передачи; во избежание резких толчков в момент изменения направления скорости, лопатки (гребки) таких мешалок либо укрепляются на шарнирах, допускающих поворот их на некоторый угол, либо должны изготовляться из эластичного материала. Все вертикальные мешалки с лопатками делаются сравнительно тихоходными: линейная скорость на концах лопаток обычно не превышает 3 *м/сек*; зато диаметр их может быть сделан очень большим, вследствие чего этот тип мешалок особенно удобен для крупной аппаратуры, когда процесс не требует слишком энергичного Р. м. В последнее время усовершенствование мешалок этого типа привело к созданию быстроходных и более эффективных конструкций, примером которых может служить мешалка системы «Тайфун» (Г. П. 451112 1926 г.) (фиг. 9). Это обыкновенная четырехлопастная мешалка *A* небольшого диаметра, с добавочным приспособлением в виде трех отражательных крыльев *B*, скрепленных треугольной рамой *C* и свободно подвешенных на стенках сосуда с помощью стержней *K*. При пуске мешалки крылья *B* вовлекаются жидкостью во вращение и, стремясь повернуться, перемещаются из положения *I* в положение *II*, после чего они остаются неподвижными и противодействуют вращению жидкости, разбивая общий поток на ряд отдельных завихрений, что способствует процессу Р. м. Мешалки «Тайфун» строят вместимостью до 300 *м*³ обрабатываемой жидкости.

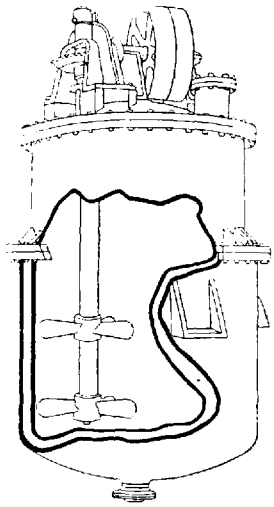




Фиг. 9.

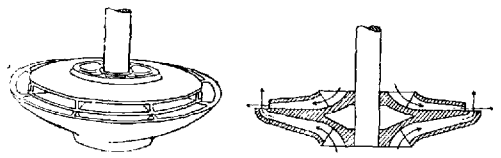
До настоящего времени наибольшим распространением в промышленности пользуются пропеллерные мешалки, представляющие собою двух- или трехлопастный гребной винт, насаженный на вертикальную (обычно) ось. Достоинства этого типа мешалок заключаются в том, что они просты по конструкции, весьма эффективны, занимают мало места в сосуде (диаметр винта делается в 2—4 раза меньше диаметра сосуда) и способны работать с большой скоростью вращения—обычно 150—400, в отдельных случаях до 1 000 об/м. Применяемые диаметры винтов 20—100 *см*. Расход энергии 0,1—0,6 HP на *m* обрабатываемой жидкости. Благодаря своей быстроходности эти мешалки могут монтироваться на общей оси с ротором электродвигателя; последний в этих случаях помещают на

крышке сосуда в закрытом кожухе; чаще однако пользуются зубчатой передачей от трансмиссии. Направление вращения винта обычно бывает таким, чтобы создавать восходящий поток жидкости в средней части сосуда и нисходящие токи — вдоль стенок.



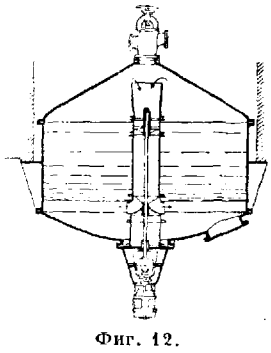
Фиг. 10.

Коническ. шестерня вала мешалки, сцепляющаяся с шестерней горизонтального передаточного вала, м. б. расположена выше или ниже последнего; в первом случае вертикальная реакция жидкости передается на шестерни и создает изгибающее усилие на передаточном валу во втором — все давление жидкости передается на подпятник. Гораздо чаще применяются подвешенные мешалки, где головка вала передает всю реакцию на шарикоподшипник массивной станины. Винты применяются тех же профилей, что и пароходные; иногда лопасти винта укрепляют на валу не непосредственно, а при помощи более тонких несущих стержней (фиг. 7, Ж и З). При размешивании материалов в глубоких сосудах вал мешалки может нести на себе 2 или 3 пропеллера. Основной недостаток пропеллерных мешалок—слишком правильная и равномерная циркуляция жидкости, т. е. преобладание насосного (толкающего) действия над гомогенизирующим. Для устранения этого недостатка служат следующие конструктивные приемы: а) устройство раздельно вращающейся пары пропеллеров, укрепленных на двух концентрических валах и работающих во взаимно противоположных направлениях; б) установка на одном валу двух пропеллеров с противоположным винтовым ходом (нижний винт толкает жидкость вверх, а верхний—вниз), благодаря чему создаются 2 встречных потока, разбивающихся один о другой; в) эксцентрическое или наклонное расположение вала мешалки относительно оси сосуда (допустимо лишь при мешалках небольшого диаметра, так как вал здесь подвергается быстро меняющимся усилиям, не только скручивающим, но и изгибающим). Приемы (б) и (в) совмещены в конструкции, изображенной на фиг. 10. Применение направляющего цилиндра (см. выше винтовые мешалки)



Фиг. 11.

для пропеллерных мешалок ранее считалось нецелесообразным и практиковалось лишь изредка в некоторых системах нитраторов. За последнее время однако этот принцип нашел широкое осуществление в новых типах мощных мешалок, например германской сист. MAN (фиг. 11). Мешалка сист. MAN действует как центробежный насос, засасывая жидкость в нижний конец трубы и с силой выбрасывая ее через отверстия, лежащие на уровне горизонта жидкости в сосуде. Мешалки эти делают 400—1 000 об/мин. и строятся для сосудов емкостью в 15—120 $м^3$ при скорости циркуляции 15—150 $м^3/мин$; потребление энергии (при работе с водой) 0,4—0,5 HP на 1 $м^3$ жидкости. Наиболее мощным гомогенизирующим действием обладают центробежные (центрифугальные, турбинные) мешалки, почти незаменимые в процессах, где вещество должно поддерживаться в состоянии высокодисперсной эмульсии. Центробежные мешалки эффективны только при высоких скоростях вращения; они компактны, не имеют легко повреждаемых частей и пригодны для самых разнообразных технологических операций. В лабораторной практике они также пользуются большим распространением (например стеклянная мешалка Витта). Удачным образцом центробежной мешалки для технологич. целей является герм. система «Дрейка» (Dreika), изображенная на фиг. 12; она укрепляется на висячем валу и создает взаимно пересекающиеся потоки жидкости, отбрасываемые к периферии сосуда. Другой распространенный тип мешалок — тарельчатые мешалки системы Бутца, в которых вращающаяся часть представляет конич. тарелку; материал подается по трубе на среднюю часть тарелки и отбрасывается центробежной силой по направлению образующей конуса, ударяясь о стенки сосуда или специальные отражательные поверхности. Эти мешалки служат обычно не для непрерывного Р. м., а для приготовления гомогенных эмульсий и паст.

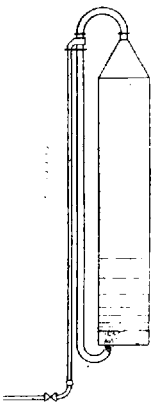


Фиг. 12.

Р. м. с помощью газов не требует применения механич. мешалок, т. к. размешивающее действие здесь производят пузырьки пропускаемого через жидкость газа. Обычно размешивающим газом служит воздух; для размешивания горячих водных растворов пригоден также водяной пар; в отдельных случаях применяются углекислый газ, водород и др. (в большинстве случаев эти газы участвуют в химич. реакции с жидкостью и лишь попутно служат для Р. м.). Процесс подобного Р. м. носит название барботирования, или барботажа.

Сжатый воздух или другой газ подается по трубке в барботер, лежащий на дне сосуда и представляющий собою колокол, или опрокинутый жолоб с вырезами по краям или систему труб (в виде звезды, спирали, решетки и т. п.) с мелкими отверстиями по всей их длине. Барботирование дает слабый размешивающий эффект и потому далеко не всегда применимо; оно используется гл. обр. при проведении химич. процессов в жидкой фазе, если этот прием не вызывает побочных реакций и не связан с потерей летучего продукта. Р. м. сжатым воздухом широко применяется также в агитаторах, служащих для очистки керосиновых и масляных дистиллатов

нефти. В воздушных мешалках сист. Дорра и «Мамут» для циркуляции жидкости применен принцип сообщающихся сосудов, в один из которых вдувается сжатый воздух и, вызывая подъем жидкости, заставляет ее непрерывно переливаться во второй сосуд. Схема действия мешалок «Мамут» показана на фиг. 13; они пригодны для растворения, выщелачивания, распускания глин и цементов и тому подобных целей.



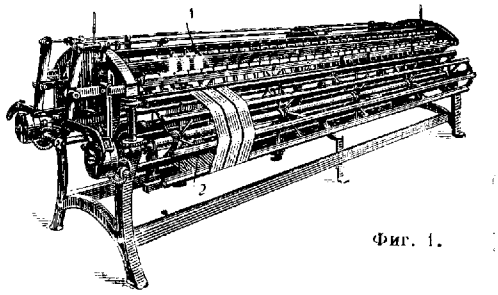
Фиг. 13.

IV. Размешивание газов. В размешивании газов очень редко встречается необходимость, т. к. неоднородность их теплового состояния легко выравнивается при обычном движении газа по трубам и аппаратам; химич. же неоднородность может возникнуть лишь в процессах, связанных с расходованием одного из компонентов газовой смеси. В последнем случае иногда применяется размешивание газа с помощью пропеллерного вентилятора (например при хлорировании отбросов белой жести смесью хлора с воздухом); чаще же это достигается разбиванием газового потока на мелкие струйки (в насадках колонн и скрубберов) или механическим действием падающих капель жидкости (в системах башенного орошения).

Лит.: Фокин Л. Ф., Методы и орудия химич. техники, ч. 2, Обработка жидкостей, стр. 437—446, Л., 1925; Фокин Л. Ф. и Павлов К. Ф., Методы расчета типовой химич. аппаратуры, 2 изд., Л., 1932; Киров А. А., Аппаратура и основные процессы химич. технологии, гл. 4, М.—Л., 1927; Штеен, «Химич. промышленность», Берлин, 1926, стр. 313; Белани Е., там же, 1927, стр. 59; Гельперин Н. и Николаев А., «Химстрой», Москва, 1930, 7—8, стр. 617; Fischer H., Technologie des Scheidens, Mischens u. Zerkleinerns, Lpz., 1920; Parnicke A., Die maschinellen Hilfsmittel d. chemischen Technik, 4 Aufl., Berlin, 1922; Reese L. C., Mixing a. Kneading, in Liddell D. M., Handbook of Chemical Engineering, N. Y., 1922; Fischer H., Mischen, Rühren, Kneten u. die dazu verwendeten Maschinen, Chem. Technologie in Einzeldarstellungen, hrsg. von A. Binz, 2 Aufl., Lpz., 1923; Mischen, Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 7; Kalinowsky, «Ch.-Ztg», 1927, B. 51, p. 630. **В. Янковский.**

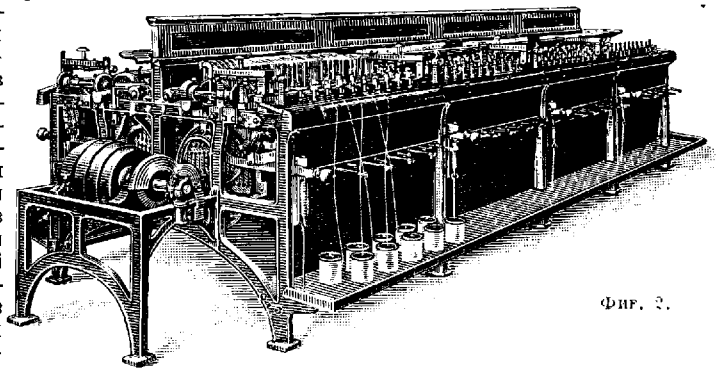
РАЗМОТКА ПРЯЖИ, в широком смысле перемотка или перегонка пряжи из одной формы в другую, напр. из мотка на катушку, шпулю или бобину, со шпули или катушки в моток, со шпули на катушку и т. д. Процесс прядения выпускает пряжу с прядильной машины в виде початка или на шпуле, т. е. в такой форме, к-рая вмещает сравнительно небольшое количество пряжи, в то время как последующие операции—размотка, сновка и т. д.—в целях наибольшей производительности требуют более емких форм намотки пряжи (катушка и бобина). Процессы крашения и беления пряжи удобнее всего производить в мотках; моток же является и наиболее удобной формой для транспортирования пряжи. Пряжа, полученная из прядильной ф-ки на ткацкой в мотках, для дальнейшей переработки д. б. перемотана на катушки. Т. о. применяются следующие главные виды Р. п.: 1) перемотка пряжи со шпуль и початков на сновальные катушки и бобины для приготовления основы к сновке; 2) перемотка пряжи в мотки для беления, крашения и перевозки; 3) перемотка утка на уточные шпули. Для Р. п. со шпуль и початков на сновальные катушки применяются *мотальные машины* (см.). Р. п. в мотки производится на куфтомотальных машинах, называемых также мотовилами.

Куфтомотальная машина (фиг. 1) состоит из станины, на которой укреплены: неподвижно веретена для перемотки (*1*), свободно вращающийся на осях баран (*2*), на к-рый производится намотка пряжи в виде мотков. В зависимости от материала, для обработки которого предназначена машина (хлопок, лен, шерсть, шелк и т. д.), и вида пряжи (крученая или некрученая) куфтомотальные машины различаются в деталях: в устройстве барана, веретен и пр. Обычные размеры куфтомотальной машины для хл.-бум. пряжи: рабочая длина 6,5 *м* (на такой длине помещается 40 мотков, ширина мотка 9 *см*), длина окружности барана 137.16 *см* (54″);



Фиг. 1.

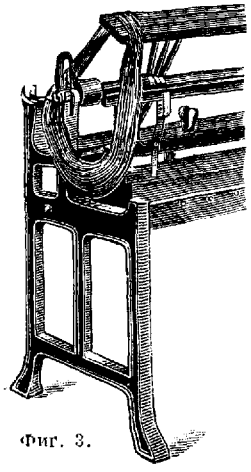
скорость мотовил 145—180 об/м.; производительность—до 500 петинок в час для машины на 80 мотков, по 40 мотков на каждой стороне машины. Машина фирмы Баттализ (Battaglia) для размотки шелка с восемью мотовилами (по четыре на каждой стороне) имеет следующие размеры (фиг. 2): длина мотовила (барана) 1,05 *м*, периметр мотовила (мотовило имеет форму квадрата) 1,125 *м*, общая длина машины 4,70 *м*, ширина ее 1,75 *м*. Машина снабжена шкивами, имеющими три ступени с диам. в 230, 250 и 270 *мм* при ширине шкива 180 *мм*. В соответствии с этим число оборотов главного вала машины, на котором сидят мотовила, изменяется от 450 до 381—324 в минуту.



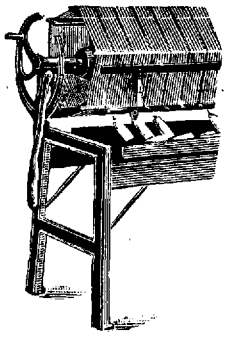
Фиг. 2.

Расход энергии 0,2 Hp. Машина строится на число мотовил от 2 до 12. Машина снабжена счетчиком и автоматич. остановом при

намотке определенной длины нити. Главнейшими механизмами куфтомотальной машины являются: 1) механизм для съема мотков и 2) механизм для построения мотка. Правильный съем мотка имеет большое значение, так как при съеме моток м. б. спутан, поврежден и запачкан, что понижает его качество, увеличивает % брака и угаров и понижает производительность машины при дальнейшей перемотке мотка на катушку. Для съема мотков с мотовила применяются следующие приспособления: 1) передвижная планка; одна из планок мотовила может передвигаться к оси его, благодаря чему уменьшается периметр мотовила и моток может быть легко снят (такое приспособление применяется на машинах с небольшими мотовилами, например при перемотке шелка); 2) баран свертывающегося типа (фиг. 3); 3) устройство на конце вала мотовил маховика с вырезом (фиг. 4); моток сначала соскакивает с мотовила в вырез маховика,



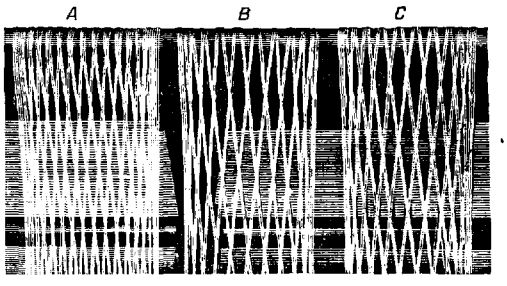
Фиг. 3.



Фиг. 4.

а затем поворотом последнего выходит из машины; 4) специальные приспособления, напр. конструкции з-да Гаубольд, для съема мотков искусственного шелка с отдельного мотовила. Механизм устроен наподобие зонтика; планки мотовила наклоняются и приближаются к его оси, благодаря чему периметр мотовила сокращается. Механизмы для построения мотка встречаются весьма различной конструкции, которая в первую очередь зависит от способа намотки.

Различают следующие три главных способа намотки пряжи: 1) прямая намотка, 2) крестовая, 3) крестовая ромбоидальная (намотка Гранта). При простой намотке нити наматываются рядами в виде прямых параллельных колец. В хл.-бум. производстве пряжа наматывается пасмами, по 120 ярдов каждая; 7 пасм составляют моток. Расстояние между срединными линиями пасм равняется 1,1 *см*, ширина пасмы составляет 0,8 *см*. Каждая пасма опоясывается бечевой, что предохраняет пасмы от спутывания их между собой и облегчает размотку с мотка. Прямая намотка применяется в тех случаях, когда пряжа разматывается в мотки для перевозки ее или для последующей перемотки на сновальные катушки. Для беления и крашения мотки с прямой намоткой не годятся, так как возможны перепутывание нити и излишняя обрывность ее. Крестовая намотка получается в силу того, что водо́к совершает возвратно-поступательное движение на сравнительно большом расстоянии (до 8 *см*) и со значительной скоростью, благодаря чему нити ложатся в косом направлении, крест-накрест. Крестообразная намотка является более крепкой и устойчивой, чем прямая, лучше противостоит процессам беления, крашения и шлихтовки; нить легче сходит с мотка и меньше перепутывается, почему такая намотка более удобна и для приготовительных операций ткачества. Крестообразная намотка допускает и мотки большей величины: двойной, тройной, четырехкратный и т. д. Увеличение мотка дает возможность сократить потерю времени на съем мотков и увеличить производительность машины, хотя следует отметить, что чрезмерное увеличение длины мотка увеличивает и % угара. Движение водку́ в куфтомо́тальных машинах сообщается посредством кривошипа или кулака, и оно неравномерно: замедляется от центра к конечным точкам пути и, наоборот, ускоряется к центру, благодаря чему на краях мотка намотка получается более плотная, а в центре более редкая, что понижает достоинства крестообразной намотки. Ромбоидальная намотка Гранта (фиг. 5) представляет собою в сущности крестовую мотку, но с бо́льшим размахом водка́ и с таким соотношением между вращением мотовила и движением водка́, что нить, наматываясь на мотовила, образует ромбы. Обычно в продолжение 12 оборотов барана кривошип делает 7 оборотов, т. е. сообщает водку́ 7 двойных размахов. Ширина мотка Гранта бывает больше ширины мотка обычной крестовой мотки и доходит до 12 *см*: в таком случае, принимая указанное выше соотношение 7 : 12, длина ромба в намотке составит 20 *см*, ширина 2 *см*. Ромбоидальная намотка даст наиболее легкий сход нити с мотка, лучшую просушку нити, если последняя наматывается во влажном состоянии, что очень важно например при намотке шелка-сырца, и наконец позволяет увеличивать моток (сравнительно с прямой намоткой) в 5—10 раз. На фиг. 5 представлены мотки шелка грантовской намотки

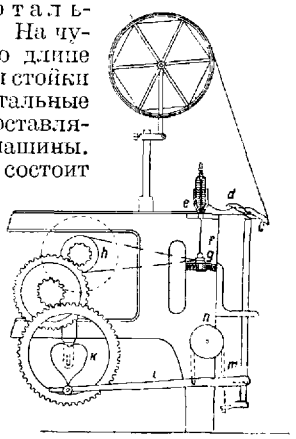


Фиг. 5.

(в начале их работы) с различным числом ромбов по ширине мотка: моток *A* имеет 12 ромбов, *B*—8, *C*—10 ромбов.

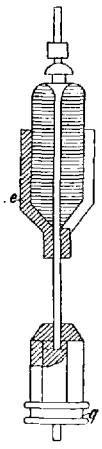
Размотка утка. Уточная пряжа обычно снимается с прядильной машины в такой форме, которая соответствует форме и размерам челнока и потому не требует перемотки. В тех случаях, когда пряжа транспортируется в виде мотков или когда уточная пряжа намотана в таком виде, к-рый не соответствует форме и размерам челнока,

пряжа перематывается на шпульки или же цевки; последние представляют собою бумажные, деревянные или жестяные трубочки. Нек-рые америк. фабрики производят всегда перемотку утка в целях чистки пряжи. На фиг. 6 представлен наиболее простой тип уточномотальной машины. На чугунной станине по длине машины уставлены стойки для мотовил и мотальные приборы, к-рые составляют главную часть машины. Мотальный прибор состоит из неподвижного стакана *e*, имеющего в верхней части цилиндрич. поверхность, в нижней — коническую, и из вращающегося веретена *f*, которое свободно проходит через отверстие стакана *e* и входит концом во втулку *g*,



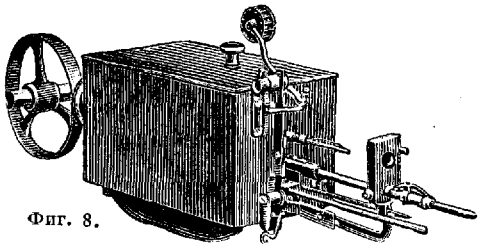
Фиг. 6.

получающую вращение с помощью шнура от жестяного барабана *h*. Конец веретена во втулке имеет квадратное сечение и вращается вместе со втулкой (фиг. 7). Водкй *c* и *d* имеют возвратно-поступательное движение вверх и вниз, которое получается от эксцентрика *k*, посредством рычага *l* и цепи *n* и *m*. Нить поступает на веретено через щель стакана. Благодаря конической форме стакана нить наматывается на веретено конич. слоями. По мере заполнения веретено поднимается вверх и при подъеме на высоту, при которой веретена выходят из втулки, веретено останавливается. Профиль початка зависит от формы стакана и длины конца веретена, входящего во втулку. В связи с изменением этих величин машина может давать початки различной формы и размеров, сообразно с размерами челнока.



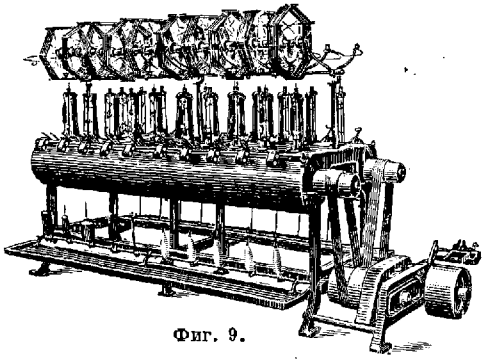
Фиг. 7.

Большое значение, которое имеет правильная намотка утка для производительности и качества продукции ткацкого производства, заставило машиностроительные заводы, строящие мотальные машины, заняться глубоким анализом процесса намотки пряжи и выработать типы уточномотальных машин, отличающихся исключительным совершенством мотального прибора. Наиболее известны своей безукоризненной работой уточные крестовомотальные машины з-дов Швейтера в Хоргене (Швейцария), Стубса в Манчестере, Шлафгорста в Мюнхен-Гладбахе, Рюти в Швейцарии. Уточномотальные машины завода Швейтера по способу намотки разделяются на 1) машины крестовой мотки, в к-рых скорость шпуль или бобин уменьшается по мере наполнения их пряжей и увеличения их диаметра, но скорость движения водкá остается постоянной, и 2) машины спиральной намотки, в которых скорость бобин или шпуль, а также движение водкá остаются постоянными в продолжение всего времени намотки. Последний способ намотки более совершенен, он дает более плотный и компактный початок, допускает максимальную скорость веретен, при сильно уплотненном початке не перетирает нитей и не повреждает их. Уточномотальная машина завода Швейтера «Рапид» представляет собою двухстороннюю мотальную машину с горизонтальным расположением веретен, число которых на каждой стороне бывает от 10 до 40. Каждое веретено является в сущности самостоятельной мотальной машиной в одно веретено (фиг. 8), имеющей отдельный мотальный механизм, самостоятельный останов и получающей вращение от главного вала машины через фрикционные колеса. Возвратно-поступательное движение в машине имеет не проводник нити, а веретено (для однообразного натяжения нити и правильности намотки). Величина движения веретена точно соответствует высоте конуса початка. Проводник нити передвигается лишь в момент крайнего переднего положения веретена. Передвижение соответствует строению початка и обыкновенно составляет величину двойного диаметра нити. Передвижение осуществляется колпачком, в который входит конусный нос початка при каждом движении веретена вперед и сообщает колпачку



Фиг. 8.

соответствующее движение. Для получения возможно плотного носка имеется особый компенсатор натяжения, регулирующий последнее в зависимости от диаметра початка. Механизм, осуществляющий намотку, находится в коробке и работает в масле, причем имеются специальные приспособления для правильной смазки отдельных ответственных частей механизма. Эти условия позволяют доводить число оборотов веретен до 4 000 в минуту. Для экономии места машины

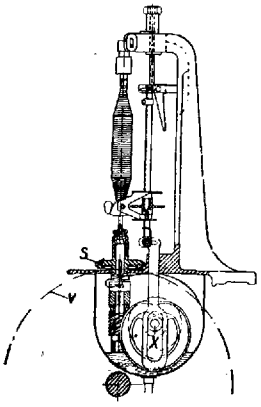


Фиг. 9.

«Рапид» строят с двумя веретенами в одной коробке. Машина применима для перемотки утка на деревянные шпули, бумажные или жестяные гильзы различных типов и на голое веретено.

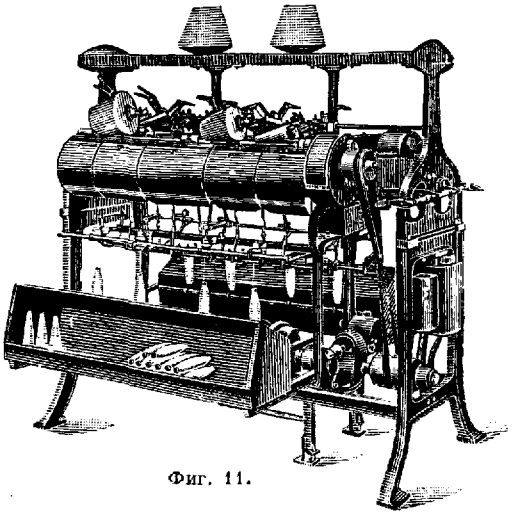
Второй тип современной уточномотальной машины, по конструкции существенно

отличающийся от машины Швейтера, представляет собою уточномотальная машина з-да Шлафгорста (фиг. 9), имеющая вертикальное веретено, приводимое во вращение фрикционным колесом *V* (фиг. 10). Останов машины осуществляется приподниманием диска *S*. Возвратно-поступательное движение совершает в этой машине не веретено, а водо́к; движение это получается от червяка *X*, сидящего на оси веретена и передающего движение червячному колесу, на оси которого заклинен эксцентрик, передающий движение вертикальной рейке, на которой укреплен нитеводитель. Машина отличается простотой конструкции и ухода, хорошей мотко́й, *легким сходом нити с челнока*.



Фиг. 10.

Кроме перечисленных видов Р. п. существует очень большое число видов Р. п. для специальных целей в различных производствах, например в трикотажном, крутильном, кружевном, басонном и др. Среди этой группы специальных машин заслуживает особенного внимания крестомотальная машина заво́да Шлафгорста для намотки на конусные бумажные гильзы в трикотажном производстве. На фиг. 11 показан общий вид машины с бобинами: полной, не оконченной намоткой и пустой бумажной гильзой. (См. *Мотальные машины*—на фиг. 6 показан нитенаправляющий аппарат, состоящий из полого медного крыла, закрепленного на валу, и дающий направление нити при намотке ее на шпулю. Конструкция


Фиг. 11.

аппарата отличается исключительной простотой, допускает скорость намотки до 450 *м/мин* и дает хорошую намотку и легкий сход нити с бобины.)

Лит.: К у з н е ц о в А., Приготовительные операции ткачества, Сновальные машины, М.—Л., 1931; Т а г г а р т В., Прядение хлопка, пер. с англ., 2 изд., т. 3, М., 1931; Л б о в А., Прядение льна, Ив.-Вознесенск, 1927; L u c P., Le Tissage de la soie artificielle, 2 éd., P., 1931. **В. Линде.**

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К XVIII ТОМУ Т. Э.

Автофреттаж 552.
Азометины 201, 207, 221.
Алкаминирование 186.
Алкилирование 200.
Алкилсерные кислоты 202.
Алкилсульфаты 202.
Алкоголь изопропиловый 293.
Алкоголь трихлоризопропиловый 293.
Алкоксилирование 186.
Альдегид кротоновый 204.
Альдегид пропионовый 293.
Амидирование 197.
Амидо-G-кислота 239.
Амидол 412.
Аминирование 163, 183.
Аминоантрахинон 227.
Аминоацетофениламин 229.
Аминонафтолдисульфокислота 241.
Аминонафтолсульфокислота 239.
Аминофенол 229.
Аммоний хромовокислый 361.
Ампангабеит 719, 723.
Амфи-положение 169.
Ангидрид фталевый 241.
Анилинсульфокислота 235.
Антенны суррогатные 770.
Антранилован кислота 201, 233.
Антраруфин 231.
Антрахинондисульфокислота 235.
Антрахинонсульфокислота 235.
Антрахризон 233.
Аппарат совпадения 823.
Араминирование 187.
Арилиды 197.
Арилоксаминовые кислоты 197.
Ароксилирование 186.
Ацетанилид 198, 229.
Ацетарилид 197.
Ацетилнитрат 166.
Ацилирование 196.

Баденская кислота 237.
Баллон 486.
Банение 602.
Банкаброши 481—482, 487.
Барабаны намоточные 143.
Барботаж 890.
Барботер 890.
Барботирование 890.
Беккерит 719.
Бензидин 243.
Бензилиден хлористый 203.
Бензоилбензойная кислота 194.
Бензолдисульфокислота 233.
Бензолсульфокислота 233.
Бензотрихлорид 203, 243.
Бетафит 723.
Бисульфит хрома 361.
Бисульфитная реакция 189.
Блинчик 134.
Блуминги 20, 73.
Блум-слиток 15.
Бреггерит 723.
Бреннера кислота 237.
Бутара 258.

Вакуум высокий 532.
Валичные машины 478.
Валок прокатный 33.
Вариометр Этвеша 823.
Весы крутильные 823.
Весы магнитные 824.
Весы хлебные 528.
Взрыв пыли 663.
Взрыхление волокон 475.
Внутримолекулярная конденсация 209.
Воздухоочиститель центробежный 658.
Воспламеняемость пыли 663.
Восстановитель 220.
Восстановление 220.
Воцина искусственная 634.
Вытяжка 9.
Вытяжные аппараты 489.
Вытяжные машины 489.

γ-кислота 185, 239.
γ-кислота Даля 237.
Галловая кислота 233.
Галоидирование 163, 179.
Гаубица 548, 549, 551.
G-кислота 239.
Гексатолилстанан 729.
Гексациклогексилстанан 729.
Геодезическая задача обратная 507.
Гетерогенная система 707.
Геттер 534.
Гиббса парадокс 705.
Гиббса постулат 703.
Гиббса теорема 705.
Гидравлические добавки 547.
Гидразилы 728.
Гидроксилирование 163, 183.
Гидрофоны 737.
Гиллеспиннер 487.
Гильбокс 480.
Глицин 412.
Глубина зуба 392.
Годограф 831.
Гомогенные системы 705.
Гравиметрия 803.
Гребнечесальная машина 474.
Гродского формула 428.
Грядили 283.

Двойные трио-станы 26.
Двухтактные схемы 619.
Дегидротиотолуидин 243.
Дезацилирование 196.
Десенсибилизатор 414.
Диаминоантрахинон 227.
Дианизидин 243.
Диарилиды 197.
Диатониты 548.
Диметиламинофенол 231.
Диметиланилин 229.
Диметилкарбинол 293.
Динитроанилин 225.
Динитроантрахинон 223.
Динитробензол 223.
Динитронафталин 243.
Динитротолуол 223.
Динитрофенол 225.
Динитрохлорбензол 225.
Дифениламин 229.
Дифенилэтан 203.
Дихлорантрахинон 227.
Диэтиланилин 229.
Доминанты 732.
Дорр-уошер 260.
Дубильная кислота 364.
Дублер 107.
Дуо-станы 21.
Дуо-станы двойные 22.
Дуо-станы комбинированные 22.
Дуо-станы с косо расположенными валками 25.
Дуо-станы универсальные 24.
Дуплекс смешанный 772.
Дымарь 631.

Жасне 498.
Жгутомойные машины 256.
Железница 360.
Железо парсовое 108.
Железо пудлинговое 508.
Женапп 497.

Загрязнение постоянное 661.
Закон действующих масс 706, 707.
Зарядная камора 558.
Затворы 550.
Защитный столб 65.
Звездки 602.
Зенкер 876.
Зенковка 877.
Зимовники 628.
Золотопромывочные машины 256.

I-кислота 185, 239.
Изороты 601.
Изопропал 293.
Изорада 832.
Изотахи 512.
Изотопы 732.
Имид фталевый 241.
Индекс материальный 463.
Индоксил 241.
Интерсектинги 480.
Инфузорная земля 548.
Иренал 412.

К-кислота 241.
Казолит 719, 723.
Калибр (ствола) 550.
Калибровка валков 15.
Калибромеры 602.
Калибры 608.
Калий железистосинеродистый 361.
Кальций уксуснокислый 363.
Канал орудия 557.
Каннетт 499.
Кантовальный аппарат 63.
Кардочесальные машины 476.
Кардочесание 477.
Карнотит 723.
Кастанья формула 715.
Катанол 364.
Катушки Пупина 513.
Кварто-станы 23.
Кетон Михлера 194.
Кинематическая пара 316.
Клевеит 723.
Клеть рабочая 44.
Клеть шестеренная 19, 42.
Клюшки 332.
Колеса винтовые 325.
Колеса гиперболические 325.
Колеса конические 325.
Колеса промывные 250.
Компаунд 297.
Компаундирование обмоток 298.
Комплексные соединения 356.
Конденсация 162, 163, 164, 165.

Кониметр 667.
Константы распада 751.
Контрольная машина 494.
Контуры скрещенные 523.
Конфискаты 265.
Копир 591.
Коробка ударная 65.
Кока кислота 237.
Кремень 497.
Кристаллы ложные 507.
Кроценновая кислота 239.
Ксилидин 227.
Культиватор моторный 284.
Купорос железный (зеленый) 360.
Куфтомотальная машина 892.
Кюри 722.
Кюрит 719, 723.

Ламели 711.
Лафет 548.
Левинафаны 251.
Лейнер 551.
Лейнирование 551.
Лекорню формула 427.
Лендера формула 427.
Линия нуппизированная 514.
Листер 282.
Литейная яма 559.
Ловитель пыли 641.
Лог-уошер 262.
Ложка (сверло) 570, 578.
Локаль-варпометр 824—825.
«Лоцман» 254.

Магнитограф 826.
Магнитометрия 803.
Маска 349.
Маточный колпачок 631.
Маяки радиоакустические 737.
Маятник сейсмический 678.
Маятники 823.
Медный купорос 363.
Медогонка 632.
Медь сернистая 363.
Мезо-положения 165.
Мезоторий 721.
Мерки раздвижные 602.
Металлокетилы 728.
Метаниловая кислота 235.
Метиланилин 229.
Метилантрахинон 241.
Метилхинолин 241.
Метод кольца 815.
Метод конуса 815.
Метол-гидрохинон 412.
Метол-глицин 412.
Мешалки 824.
Микронюри 722.
Микрофон Никольсона 679.
Модели 275.
Модернизация ствола 551.
Модуль всестороннего сжатия 674.
Модуль упругого изменения формы 463.
Модуляционная характеристика 761.
Модуляция балансная 621.
Молотобойна 509.
Молоты промывные ирландские 259.
Момент силы тока 766.
Моноарилиды 197.
Монтаж прокатных станов 39.
Мортира 548, 549, 551.
Мотовило 65, 892.
Мотыга быстрая 279.
Мотыга ручная 278.
Муслин 498.
Муфта Ортмана 39.
Муфты шарнирные 41.
Мюль 473.
Мясокомбинат 265.

Намотка пряжи 893.
Нарезательная головка 598.
Нарезка канала 597.
Нарезка постоянная 558.
Нарезка прогрессивная 558.
Натура зерна 528.
Нафталиндисульфокислота 235.
Нафталинсульфокислота 233.
Нафталинтрисульфокислота 235.
Нафтиламин 227.
Нафтиламиндисульфокислота 237.
Нафтиламинсульфокислота 237.
Нафтионовая кислота 179.
Нафтол 231.
Нафтолдисульфокислота 239.
Нафтолкарбоновая кислота 196, 233.
Нафтолсульфокислота 239.
Нафтолтрисульфокислота 239.
Нафтолы AS 198.
Невиль-Винтера кислота 239.
Нерест 417.
Нитроанилин 223.
Нитроантрахинон 223.
Нитробензальдегид 243.
Нитробензол 223.
Нитрование 163, 165, 166.
Нитрование бензола 167.
Нитрозодиметиланилин 233.
Нитрозонафтол 233.
Нитрозофенол 233.
Нитроловые кислоты 206.
Нитронафталин 223.
Нитросоединения 166.
Нитросульфокислоты 170.
о-Нитротолуол 223.
Нитрофенол 225.
Нитрохлорбензол 225.
Нога искусственная 331.
Ножи Аббата 631.
Ножи Джонса 631.
Ножницы 157.
Нормализация пружин 450.
Нормы обязательные 366.
Нормы факультативные 366.

Обволакивание 508.
Обдирка 565.
Обезгаживание 533.
Обжатие 9.
Обманка мышьяковая серебряная 465.
Обновление трубы 551.
Обработка ствола 600.
Окалина 126.
Окисление 217.
Окислитель 217.
Оклад 141.
Оковка валка 53.
Оксибензальдегид 243.
Оксинафтойная кислота 198.
Оксипропан 293.
Окситионафтен 241.
Омшанники 628.
Омыление галоидопроизводных 185.
Онде 498.
Опережение 15.
Опрокидыватели 62.
Орудия береговые 549.
Орудия горные 549.
Орудия крепостные 549.
Орудия морские 549.
Орудия осадные 549.
Орудия полевые 549.
Орудия противовоздушные 549.
Орудия танковые 549.
Осцилляторы 737.
Ось мгновенного вращения и скольжения 313.
Ось механическая 676.
Ось электрическая 675.
Отделка листов 98.
Откачка 532.
Отунит 719.
Охлаждение двигателя 708.

Палильная машина 493.
Парааминофенол 412.
Параллелизация волокон 479.
Параморфоза 508.
Парасульфофенилметилпиразолон 241.
Пасека 622.
Патронник 558.
Перегруппировка 163, 214.
Перегруппировка бензидинная 216.
Перегруппировка внутримолекулярная 162.
Перегруппировка семидинная 216.
Передача гибкими телами 330.
Пересленины 505.
Перестволение 551.
Пересылочная клеточка 624.
Переточка валков 38.
Перетяжка 462.
Пери-кислота 237.
Периморфоза 508.
Перинафталиндикарбоновая кислота 218.
Период индукции 413.
Перри формула 427.
Пеструшка 419.
«Петушок» 594.
Пиезоэлектричество 675.
Пикраминовая кислота 243.
Пикриновая кислота 225.
Пикзальц 363.
Пирогаллол 231.
Пиро-метол 412.
Пирометр 585.
Плавление щелочное 181.
План скоростей в пространстве 312.
Планетка 279.
Пленда 732.
Плитовина 31.
Плиты анкерные 32.
Плюсовка 254.
«Победит» (сплав) 567.
Поверхность эквипотенциальная 827.
Поворотные механизмы 550.
Подающий механизм 604.
Подпятник 679.
Подушки 46.
Подшипник упорный 679.
Подъемные механизмы 550.
Подъемы крышевые 66.
Поиски 802.
«Полевая книжка» 806.
Порог хвостовой 262.
Посадочный материал (рыба) 415.
Постель водяная 257.
Поттингование 384.
Предохранительные коробки 50.
Предохранительные стаканы 50.
Предприядение 481.
Прессы гидравлические 568.
«Прием» ручья 53.
Прикрутка конца нити 505.
Прилив прибыли 560.
Прима 498.
Присучка 505.
Проводки 51.
Прогреватели 626.
Прокатка кровельного железа 102.
Прокатка латунных лент 128.
Прокатка латунных листов 128.
Прокатка листов 92.
Прокатка медных лент 126.
Прокатка медных листов 126.
Прокатка никеля 131.
Прокатка пакетом 98.
Прокатка сортового железа 72.
Прокатка стали 90.
Прокатка тонколистового железа 97.
Прокатка цинковых листов 131.
Прокатка черных металлов 72.
Проковка 565, 568.
Промывка врасправку 252.
Промывочная бочка 258.
Пропанол 293.
Пропезин 293.
Протаска 390.
Протезы 330.
Противовес заземленный 338.
Противогазы изолирующие 350.
Протрава метахромовая 361.
Протрава хромозоловая 362.
Протравы щелочные хромовые 362.
Протрактор 160.
Профили магнитные 825.
Проход сита 304.
Проходной аппарат 254.
Прошивки-гладилки 396.
Прошивочные станки 401.
Пруд рыбоводный 416.
Пруды выростные (мальковые) 416.
Пруды зимовальные 417.
Пруды нагульные 416—417.
Пруды нерестовые 416.
Прыжковая функция 466.
Прядение окончательное 481.
Прядение предварительное 481.
Псевдонитролы 206.
Пуццоланические вещества 547.
Пушечный металл 552.
Пушки 551.
Пчеловодный инвентарь 631.
Пылеуловитель водяной 656.
Пылеуловитель комбинированный 659.
Пылеуловитель тракторный 655.
Пьезометр 674.

R-кислота 239.
Работа сил упругих деформаций 696.
Равносигнальные зоны 745.
Радиатор горшкообразный 712.
Радиатор коробчатый 712.
Радиатор масляный 717.
Радиатор пластинчатый 712.
Радиатор развернутый 712.
Радиатор сотовый 711.

Радиатор столбообразный 712.
Радиоактивные излучения 729, 734.
Радиоактивные измерения 735.
Радиоактивные семейства 732, 734.
Радиоакустические определители дистанции 737.
Радиометрия 803.
Развертки 580.
Раздирка (листов) 107.
Разрыв хрупкий 377.
Рама фундаментная 31.
Раскрепление орудий 590.
Распад радиоактивный 721, 731.
Рассевы 305.
Расточка 565, 575.
Расточка каморы 590.
Расточные головки 578.
Рвотный камень 359, 364.
Резаля теоремы 326.
Резефордин 723.
Резкомер 594.
Резорцин 231.
Рело формула 428.
«Рисунок» 275.
Родинал 412.
Роевня 631.
Розоловая кислота 192.
Ролики рихтовальные 457.
Рубашка водяная 708.
Руда серебряная светлая красная 465.
Руда смоляная урановая 719.
Рудопромывочные машины 256.
Ручьи (калибры) 15.
Рыба товарная 415.
Ряды распада 732.

SS-кислота 185.
SS-кислота Чикаго 241.
Салициловая кислота 195, 233.
Самарскит 719.
Самирезит 723.
Самочесы 478.
Сахар свинцовый 363.
«Сбои» 264.
Сверление 565.
Сверло перовое 577.
Сверло пушечное 570, 577.
Сверло спиральное 577.
Свинец рольный 132.
Свободная энергия 704.
Связь двойная 164.
Сейсмограф 830.
Сейсмометрия 803.
Сельфактор 488.
Сернокислая закись железа 360.
Скамейка Шалабанова 104.
Скат нарезной 599.
Скользун 455.
Скоростная плоскость 312.
Скоростной пучок 312.
Скребок Рута 631.
Скрепление орудий 581.
Слюда урановая 723.
Сляб 101.
Смешивание материалов 882.
Снарядная камора 559.
Сода станнат 363.
Соддит 719.
Соединения радия 722.
Соль азотномедная 363.
Соль азотносвинцовая 363.
Соль двухромовокалиевая 361.
Соль оксигенная 363.
Соль оловянная 362.
Соль оловянонатриевая 363.
Соль основная серножелезная 360.
Соль уксусносвинцовая основная 363.
Соль щавелевосурьмянокалиевая 364.
Сопротивление лобовое 713.
Состояние системы 703.
Станки для чистки лент 158.
Станки отрезные 566.
Станки правильные 157.
Станки токарные 567.
Станки шабровочные 156.
Станки шлифовочные 158.
Станок полировочный 595.
Станы балочные 78.
Станы бандажепрокатные 21.
Станы гнездовые 24.
Станы для периодической прокатки 26.
Станы для холодной прокатки 21.
Станы дошпель-дуо 22.
Станы крупносортные 20.
Станы листопрокатные 20.
Станы маятниковые 26.
Станы мелкосортные 20.
Станы многовалковые для ленточной прокатки 146.
Станы непрерывные 19.
Станы непрерывные для прокатки листов 101.
Станы непрерывные мелкосортные 83.
Станы пилигримовые 26.
Станы проволочные 20, 84.
Станы прокатные 19.
Станы реверсивные 20.
Станы реверсивные ленточные 143.
Станы рельсовые 78.
Станы семивалковые 26.
Станы со специальными клетями 26.
Станы сортовые 78.
Станы специальные 21.
Станы среднесортные 20, 79.
Станы трубопрокатные 21.
Станы универсальные 21.
Ствол орудия 554.
Стойка-люнет 595.
Столы передвижные 70.
Столы подъемные 68.
Стратаметр 814.
Стружкоразбиватели 395.
Стукалки 481.
Сублим 498.
Сукрутины 505.
Сульфаминовые кислоты 199.
Сульфаниловая кислота 178, 237.
Сульфацетат хрома 362.
Сульфирование 163, 171.
Сульфокислоты 170, 174.
Сульфохлориды 174.
Сульфураторы 173.
Супер-экстра 498.
Супраренин 264.
Сутунка 102.
Сучила 481.
Сход сита 304.
Сцинтилляция 735.
Счетчик Гейгера 736.
Счетчик пылевых частиц 668.

Таннин 364.
Таутомерия 205.
Теория конусов скольжения 13—14.
Теория Кулона 376.
Теория Мора 376.
Теория прочности 374, 376.
Теория Треска 376.
Тетраоксиантрахинон 233.
Тимошенко аппарат 263.
Тиоиндоксил 241.
Тиосалициловая кислота 243.
Тиофенолкарбоновая кислота 201, 233.
Тиофенол-о-карбоновая кислота 222.
Толидин 243.
Толуидин 227.
Толуилендиамин 229.
Торбернит 723.
Торий 721.
Тормоза дульные 550.
Травильные машины 156
Травление листов 99.
Трактор садово-огородный 284.
Трактор универсальный 285.
Трактор Фармол 287.
Транспортир 160.
Трассы 547.
Триарилметилы 727.
Тринитротолуол 223.
Тринитрофенол 225.
Трио-станы 22.
Трио-станы универсальные 25.
Трифенилметил 728, 729.
Тротил 223.
Тюямуунит 719, 723.

Угловая скорость мгновенного вращения 313.
Угол груди 393.
Угол захвата 9.
Удалитель пчел 632.
Удельная энергия сечения 466.
Уксуснокислая закись железа 360.
Уксуснокислая окись олова 363.
Улей 629.
Ульрихит 723.
Уравновешивание соединительных валков 41.
Уранинит 723.
Урановая единица 736.
Урановая смолка 723.
Ускорение вращательное 314.
Уточномотальная машина 895.
Уширение 9, 12.
Уширение отверстий 390.

Фактор проявления 413.
Фаска прошивки 393.
Фенилглицин 201, 229.
Фенилендиамин 229.
Фенилметилпиразолон 241.
Фенол 231.
Фергусонит 719.
Фольга 133.
Формарилид 197.
Формулы идеальной радиопередачи 766.
Фрейнда кислота 237.
Фроттеры 481.

Н-кислота 185, 239.
Хальколит 723.
Характеристические функции состояния системы 704.
Хинальдин 241.
Хинизарин 195, 231.
Хиногенные положения 165, 177.
Хлорантрахинон 225.
Хлорбензол 225.
Хлорирование 180.
Хлористый бензил 225.
Хром роданистый 362.
Хром фтористый 362.
Хром хлористый 362.
Хром хлористый основной 362.
Хром хлорноватокислый 362.
Хром хромовокислый 361.
Хром уксуснокислый 361.
Хромовол 362.
Хромпик 361.

Цапка (сапа) 278.
Цеминка 548.
Центрифуга 632.
Цивилизация 162, 210.
Циклоны 638.
Цилиндры двигателя 708.

Червячная передача 325.
Чесальная машина со шляпками 473.
Чистильная машина 493.
Чугунник 511.

Шабровка 126.
Шаг прошивки 391.
Шапп-пряжа 498.
Шарнир врезной 334.
Шарнир цилиндрический 317.
Шарнир шаровой 317.
Шестерни для стали 43.
Шеффера кислота 239.
Шинельный лист 127.
Шины 331.
Шиффовы основания 201, 207.
Шишки 505.
Шлак спелый 509.
Шлифовка нарезов 601.
Шлифовочная головка 601.
Штихмассы 602.

Эвксенит 719.
Эджеры 77.
Эксцентрик шнековый 325.
Электа 498.
Электрометрия 803.
Эманация 722.
Энтальпия 704.
Этиланилин 229.
Этилбензиланилин 202, 229.
Этилиденацетон 204.
Этилкарбинол 293.